

ISSN 2600-5859

# CONCIENCIA DIGITAL

Revista Científica Indexada  
Revisada por pares ciegos

VOL 9 NUM 1  
Quantum



ENERO – MARZO  
2026

[www.concienciadigital.org](http://www.concienciadigital.org)  
[www.cienciadigitalaeditorial.com](http://www.cienciadigitalaeditorial.com)



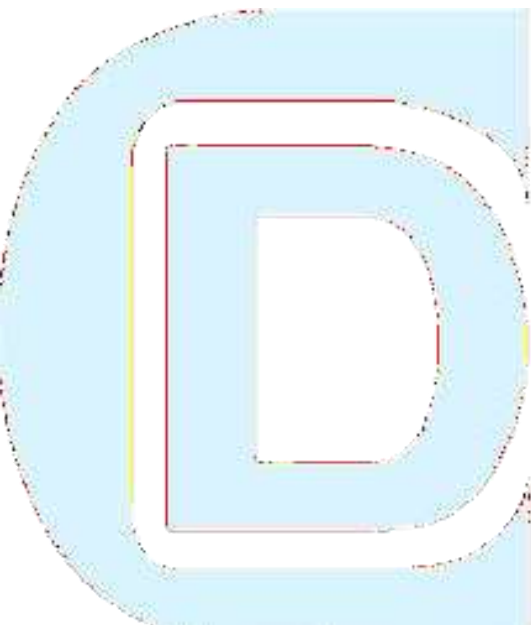
La revista Conciencia Digital se presenta como un medio de divulgación científica, se publica en soporte electrónico trimestralmente, abarca temas de carácter multidisciplinar.

**ISSN:** 2600-5859 versión electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos por:

Tipos de artículos científicos:

- **Estudios empíricos:** Auténticos, originales, que comprueban hipótesis, abordan vacíos del conocimiento.
- **Reseña o revisión:** evaluaciones críticas de estudios o investigaciones, análisis críticos, para aclarar un problema, sintetizar estudios, proponer soluciones.
- **Teóricos:** Literatura investigada, promueven avances de una teoría, analizan las teorías, comparan trabajos, confirma la validez y consistencia de investigaciones previas
- **Metodológico:** Presenta nuevos métodos, mejoran procedimientos, comparan métodos, detallan los procedimientos.
- **Estudio de casos:** Resultados finales de un estudio, resultados parciales de un estudio, campos de la salud, campos de la ciencia sociales.





**EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL**



**Contacto:** Ciencia Digital, Ambato- Ecuador

**Teléfono:** 0998235485

**Publicación:**

**w:** [www.cienciadigital.org](http://www.cienciadigital.org)

**w:** [www.cienciadigitaleditorial.com](http://www.cienciadigitaleditorial.com)

**e:** [luisefrainvelastegui@cienciadigital.org](mailto:luisefrainvelastegui@cienciadigital.org)

**e:** [luisefrainvelastegui@hotmail.com](mailto:luisefrainvelastegui@hotmail.com)

**Director General**

Dr.C. Efraín Velastegui López. PhD. <sup>1</sup>

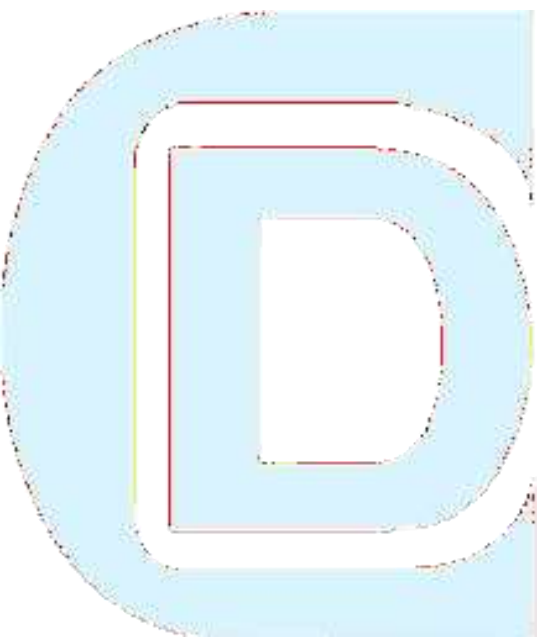
“Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado”.

**Albert Szent-Györgyi**

<sup>1</sup> Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (PhD) en Ciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 120 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 16 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, tres patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV-18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo 2.0, Ciencia Digital, Visionario Digital, Explorador Digital, Conciencia Digital, Anatomía Digital, Alfa Publicaciones y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara Ecuatoriana del libro director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063

## PRÓLOGO

El desarrollo educativo en Ecuador, alcanza la vanguardia mundial, procurando mantenerse actualizada y formar parte activa del avance de la conciencia y la tecnología con la finalidad de que nuestro país alcance los estándares internacionales, ha llevado a quienes hacemos educación, a mejora y capacitarnos continuamente permitiendo ser conscientes de nuestra realidad social como demandante de un cambio en la educación ecuatoriana, de manera profunda, ir a las raíces, para así poder acceder a la transformación de nuestra ideología para convertirnos en forjadores de personalidades que puedan dar solución a los problemas actuales, con optimismo y creatividad de buscar un futuro mejor para nuestra educación; por ello, docentes y directivos tenemos el compromiso de realizar nuestra tarea con seriedad, respeto y en un contexto de profesionalización del proceso pedagógico



# Índice

1. Caracterización y análisis de la sustentabilidad de los sistemas productivos del cantón La Maná

(Maicol Jhoan Mendez Manrique, Cristhian Efraín Soria Talledo, Kleber Augusto Espinosa Cunuhay, Emerson Javier Jácome Mogro)

06-25

---

2. Estudio del saber pedagógico docente bajo el enfoque de instrucción explícita en, Imbabura, Ecuador

(Milton Javier Bisbicuz Barreiros)

26-41

---

3. Gestión sostenible en microempresas agropecuarias familiares: un análisis para el desarrollo rural ecuatoriano

(Dixie Alexandra Morán Arteaga)

42-64

---

4. Inteligencia artificial y herramientas de edición de imágenes

(Freddy Javier Palacios Shinin, Antoni Neptalí Vaca Cárdenas, Andrés Sebastián Murillo Pinos, Cristian Paul Erazo Tapia)

65-96

---

5. Impacto de un modelo de gestión de riesgos laborales basado en PDCA e ISO 45001 en el desempeño en Seguridad y Salud en el Trabajo en plantas de GLP

(Raúl Gregorio Martínez Pérez, Jorge Enrique Ortiz Porras, Eugenia Mercedes Naranjo Vargas, Yadira Araceli Herrera Martínez)

97-117

---

6. Análisis factorial exploratorio de patrones de consumo de productos de primera necesidad en Mipymes de la provincia de Chimborazo (2024). Un estudio más profundo

(Francisco Eduardo Toscano Guerrero, Liliana Alejandra Funes Samaniego)

118-141

---

7. Evaluación de la fatiga del puente metálico La Saquea de tablero inferior en Zamora Chinchipe  
(Enrique Andrés Cueva Torres, Juan Sebastián Maldonado Noboa)

142-161

---

8. Análisis descriptivo de la cinemática del cuello en sus tres direcciones de movimiento, RA, FL y FE  
(Fredy Rafael Llulluna Llumiquinga , William Ricardo Venegas Toro)


162-191

---



## Caracterización y análisis de la sustentabilidad de los sistemas productivos del cantón La Maná

### *Characterization and analysis of the sustainability of productive systems in La Maná*

- <sup>1</sup> Maicol Jhoan Mendez Manrique  <https://orcid.org/0009-0005-0400-6391>  
Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC Ext. La Maná), La Maná, Ecuador.  
[maicol.mendez1997@utc.edu.ec](mailto:maicol.mendez1997@utc.edu.ec)
- <sup>2</sup> Cristhian Efraín Soria Talledo  <https://orcid.org/0009-0001-2485-5199>  
Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC Ext. La Maná), La Maná, Ecuador.  
[cristhian.soria7356@utc.edu.ec](mailto:cristhian.soria7356@utc.edu.ec)
- <sup>3</sup> Kleber Augusto Espinosa Cunuhay  <https://orcid.org/0000-0002-5151-6301>  
Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC Ext. La Maná), La Maná, Ecuador.  
[kleber.espinosa@utc.edu.ec](mailto:kleber.espinosa@utc.edu.ec)
- <sup>4</sup> Emerson Javier Jácome Mogro  <https://orcid.org/0000-0003-3004-9246>  
Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Latacunga, Ecuador.  
[emerson.jacome@utc.edu.ec](mailto:emerson.jacome@utc.edu.ec)



#### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 05/10/2025

Revisado: 10/11/2025

Aceptado: 19/12/2025

Publicado: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3572>

#### Cítese:

Mendez Manrique, M. J., Soria Talledo, C. E., Espinosa Cunuhay, K. A., & Jácome Mogro, E. J. (2026). Caracterización y análisis de la sustentabilidad de los sistemas productivos del cantón La Maná. *ConcienciaDigital*, 9(1), 6-25.

<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3572>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

sustentabilidad,  
producción,  
ambiente,  
índice,  
sociocultural.

**Resumen**

**Introducción:** A nivel global, los sistemas agropecuarios enfrentan una crisis de sostenibilidad marcada por la dificultad de equilibrar productividad, ambiente y desarrollo social. Los indicadores de sustentabilidad permiten medir este equilibrio y orientar acciones estratégicas. En Ecuador, país dependiente del sector primario, la agricultura se ve afectada por el cambio climático y la inadecuada gestión de recursos, lo que compromete la seguridad alimentaria y la reducción de pobreza. Investigaciones señalan que conservar los sistemas naturales optimiza costos y producción, mientras que la transición hacia modelos agroecológicos y nuevas formas de comercialización resulta indispensable para lograr sostenibilidad a largo plazo. En este marco, el presente estudio se centra en la caracterización de la sustentabilidad de unidades productivas del cantón La Maná (Cotopaxi), evaluando tres dimensiones: económica, ecológica y sociocultural. El análisis busca identificar fortalezas, debilidades y áreas prioritarias, contribuyendo al diseño de estrategias que fortalezcan la resiliencia y sostenibilidad rural del territorio. **Objetivo:** la caracterización de la sustentabilidad de unidades productivas agrícolas del Cantón La Maná, dentro del subtrópico de la provincia de Cotopaxi- Ecuador. **Metodología:** La investigación se desarrolló en las parroquias del cantón La Maná (Cotopaxi), aplicando un muestreo aleatorio estratificado proporcional de 72 fincas productoras. Se utilizaron técnicas como observación, encuestas y análisis multivariado (SPSS e InfoStat) para caracterizar la sustentabilidad en dimensiones económica, ecológica y sociocultural. Los indicadores fueron ponderados según su relevancia. El índice general de sustentabilidad (ISG) se calculó considerando que cada dimensión debía alcanzar valores superiores a 2. **Resultados:** La evaluación de sustentabilidad en La Maná muestra un desempeño intermedio: la dimensión económica es aceptable (2,33), la sociocultural moderada (2,28) y la ecológica la más baja (1,71), lo que limita la sostenibilidad integral. El índice general (2,50) no alcanza el umbral requerido. Se requiere fortalecer prácticas agroecológicas, diversificación productiva y rescate de saberes ancestrales para avanzar hacia un modelo sostenible. **Conclusiones:** Los resultados permiten afirmar que La Maná se encuentra en un nivel medio de sustentabilidad, con una base económica relativamente favorable, pero con desafíos en lo ambiental y sociocultural. La sostenibilidad futura requiere

fortalecer los sistemas agroecológicos, ampliar los mercados solidarios y consolidar políticas públicas que apoyen la gestión comunitaria. **Área de estudio general:** Agronomía. **Área de estudio específica:** Producción. **Tipo de artículo:** original.

**Keywords:**

Sustainability,  
production,  
environment,  
index,  
sociocultural.

**Abstract**

**Introduction:** Globally, agricultural systems face a sustainability crisis marked by the challenge of balancing productivity, environment, and social development. Sustainability indicators allow for measuring this balance and guiding strategic actions. In Ecuador, a country dependent on the primary sector, agriculture is affected by climate change and inadequate resource management, compromising food security and poverty reduction. Research highlights that conserving natural systems optimizes costs and production, while the transition toward agroecological models and new forms of commercialization is essential to achieve long-term sustainability. Within this framework, the present study focuses on the characterization of the sustainability of productive units in the La Maná canton (Cotopaxi), evaluating three dimensions: economic, ecological, and sociocultural. The analysis seeks to identify strengths, weaknesses, and priority areas, contributing to the design of strategies that strengthen rural resilience and sustainability in the territory. **Objective:** To characterize the sustainability of agricultural production units in La Maná canton, located in the subtropical region of Cotopaxi province, Ecuador. **Methodology:** The research was conducted in the parishes of La Maná canton (Cotopaxi), applying a proportional stratified random sampling of 72 productive farms. Techniques such as observation, surveys, and multivariate analysis (SPSS and InfoStat) were used to characterize sustainability across economic, ecological, and sociocultural dimensions. Indicators were weighed according to their relevance. The General Sustainability Index (GSI) was calculated, considering that each dimension should reach values above 2. **Results:** The sustainability assessment in La Maná shows an intermediate performance: the economic dimension is acceptable (2.33), the sociocultural dimension is moderate (2.28), and the ecological dimension is the lowest (1.71), which limits overall sustainability. The general index (2.50) does not reach the required threshold. Strengthening agroecological practices, productive diversification, and the recovery of ancestral knowledge are

---

necessary to progress toward a sustainable model. **Conclusions:** The results indicate that La Maná is at a medium level of sustainability, with a favorable economic base but challenges in the environmental and sociocultural dimensions. Future sustainability requires reinforcing agroecological systems, expanding solidarity markets, and consolidating public policies that support community-based management. **General study area:** Agronomy. **Specific study area:** Production. **Article type:** Original.

---

## 1. Introducción

A nivel mundial los sistemas de producción agropecuaria atraviesan una crisis de sostenibilidad, reflejada en la dificultad para equilibrar la productividad económica con la protección del medio ambiente y el desarrollo social. En este contexto, resulta fundamental asignar un valor a los bienes y servicios ambientales (Haro-Martínez & Taddei-Bringas, 2014). El concepto de sustentabilidad supone una relación armónica y de largo plazo entre los seres humanos y la naturaleza (Abraham et al., 2014). En este sentido los indicadores de sustentabilidad constituyen un conjunto de señales que permiten evaluar y dar seguimiento a dicho equilibrio (Quiroga, 2001).

Ecuador es un país en vías de desarrollo que depende en gran medida del sector primario para alcanzar sus objetivos de crecimiento y reducir los niveles de pobreza (Food and Agriculture Organization [FAO] & Corporación Andina de Fomento [CAF], 2017). Sin embargo factores como el cambio climático y la inadecuada gestión de los recursos impactaron de manera negativa en la producción agrícola (Guamán-Rivera & Flores-Manchano, 2023). En este contexto Valarezo et al. (2020) sostienen que la conservación de los sistemas naturales a largo plazo puede contribuir a optimizar tanto los costos como la producción. Asimismo Zamilpa et al. (2016) señalan que la agricultura sustentable será plenamente funcional únicamente si se realizan transformaciones profundas en el modelo de comercialización.

Su aplicación permite comprender cómo los sistemas agroproductivos evolucionan y se adaptan a lo largo del tiempo, lo que facilita la identificación de fortalezas, debilidades y áreas prioritarias de intervención (Albarrasin et al., 2023). El itinerario metodológico para estudiar el papel de la agricultura sustentable se fundamenta en importantes elementos de análisis (Torres et al., 2004). Asimismo, la sustentabilidad generó una nueva visión en la organización de los productores (Kent, 2018), especialmente frente al escenario de escasez hídrica y a la alta dependencia de la actividad agrícola en muchos países del mundo (Gutiérrez-Moreno et al., 2020). En este contexto la Food and Agriculture

Organization (FAO, 2013) promueve la reducción de pérdidas de agua como uno de los objetivos fundamentales para enfrentar dicha problemática y fortalecer la agricultura.

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar la sustentabilidad de unidades productivas agrícolas del Cantón La Maná, dentro del subtrópico de la provincia de Cotopaxi- Ecuador. Para ello se analizará la sostenibilidad agrícola del cantón en donde constituye un eje fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, la conservación ambiental y la resiliencia socioeconómica en comunidades rurales. La presente evaluación se realizó en el cantón La Maná, tomando en consideración tres dimensiones clave: económica, ecológica-ambiental y sociocultural. A partir de los indicadores analizados, se discuten los avances y limitaciones del territorio en términos de sustentabilidad, en contraste con estudios científicos previos.

## 2. Metodología

La presente investigación se llevó a cabo en las parroquias pertenecientes al cantón la Maná, perteneciente a la provincia de Cotopaxi, donde se realizó la caracterización y análisis de la sustentabilidad de los sistemas productivos de la zona.

En la investigación se realizó un muestreo aleatorio estratificado proporcional de las fincas productoras existentes dentro del cantón como se menciona en la **Tabla 1**, para la cual se utilizó la **Ecuación 1**:

$$n = \frac{\frac{4PQ}{d^2}}{\frac{4PQ}{d^2} + 1} - 1 \quad (1)$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra (72)

N= Población Objetivo = 531 UPA

P= Probabilidad de acierto 0.5 Q= Probabilidad de error 0.5

d= Porcentaje de error

**Tabla 1**

*Muestreo aleatorio estratificado proporcional*

Estrato	Identificación	N.º sujetos en el estrato	Proporción	Muestra del estrato
1	El Triunfo	74	13,88%	10

**Tabla 1**

*Muestreo aleatorio estratificado proporcional (continuación)*

Estrato	Identificación	N.º sujetos en el estrato	Proporción	Muestra del estrato
2	El Carmen	243	45,83%	33
3	Guasaganda	184	34,73%	25
4	Pucayacu	30	5,56%	4
Total		531	100,0%	72

**Fuente:** Gobierno Autónomo Descentralizado de La Maná (2021). **Elaborado por:** Espinosa 2025

Como técnicas de investigación se empleó la observación, la cual desempeñó un papel fundamental al permitir la identificación de necesidades y requerimientos relacionados con el tema de estudio. Asimismo, se aplicó una encuesta que facilitó la elaboración de una matriz de indicadores de carácter ambiental, social y económico.

Para la evaluación se consideraron factores determinantes en la caracterización, utilizando valores numéricos de 0 a 4, de acuerdo con las variables de estudio (Mogro, 2021). Los datos obtenidos fueron tabulados mediante Microsoft Excel para la organización de la base de datos, y posteriormente analizados a través de los programas estadísticos *SPSS (Statistics e InfoStat)*, los cuales se aplicaron en el análisis multivariado, siendo los componentes principales un eje central para dicho proceso.

La obtención de resultados de los indicadores de caracterización se realizó aplicando la metodología propuesta por Sarandón (2002) la cual plantea el desarrollo de una muestra de indicadores de sustentabilidad previamente definidos, que correspondan con las unidades espaciales de análisis como lo establece en la **Tabla 2**. Estos indicadores se seleccionan a partir de un listado general y se valoran en función de su capacidad para reflejar la realidad de los distintos sectores, considerando parámetros como la contextualización local y la pertinencia con el tema de estudio. Con el fin de facilitar su uso dentro de un sistema de ordenamiento más amplio, así como su accesibilidad a un mayor número de destinatarios, Sarandón (2002) enfatiza que los indicadores deben presentarse en forma clara, sencilla y comprensible para el usuario.

**Tabla 2**

*Determinación de indicadores para la sustentabilidad*

Dimensión Económica	Dimensión Ecológica	Dimensión Socio-Cultural
A.- Autosuficiencia alimentaria:	A.- Conservación de la vida del suelo y el agua y aire:	A.- Satisfacción de las necesidades básicas:

**Tabla 2**

*Determinación de indicadores para la sustentabilidad (continuación)*

Dimensión Económica	Dimensión Ecológica	Dimensión Socio-Cultural
A1.- Diversificación de la producción	A1.- Cobertura del suelo	A1.- Acceso a la salud y cobertura sanitaria
A2.- Superficie de producción para el autoconsumo	A2.- Manejo de residuos	A2.- Acceso a la educación
B.- Ingreso económico	A3.- Diversificación de cultivos	A3.- Vivienda
B1.- Ingreso mensual neto por familia.	A4.- Manejo del agua.	A4.- Servicios
B2.- Crianza de animales	A5.- Nivel de contaminación atmosférico.	B.- Aceptabilidad del sistema de producción.
B3.- Derivados agropecuarios	B.- Riesgo de erosión:	B1.- Como se siente con la actividad que realiza:
B4.- Costo de la tierra	B1.- Pendiente predominante	C.- Integración social a sistemas organizativos.
C.- Riesgo económico:	B2.- Cobertura vegetal	C1.- Gestión Institucional
C1.- Diversificación para la venta	B3.- Obras de conservación	C2. Apoyo económico
C2.- Número de vías de comercialización	B4.- Tipo de suelos	C3.- Asociatividad:
C3.- Dependencia de insumos externos	C.- Manejo de la biodiversidad:	C4.- Política pública
	C1.- Biodiversidad espacial	D.- Conocimiento y conciencia ecológica.
	C2.- Biodiversidad temporal	D1.-Conocimiento ecológico.
	C3.- Manejo ecológico de plagas y Enfermedades	D2.- Formas de producir.
	C4.- Diversidad de semillas local o mejorada	E.- Equidad y protección de la identidad local
	C5.- Manejo de sucesiones del predio	E.1.- Edad del jefe del hogar
		E.2.- Nivel educativo
		E3.- Capacidad de ocupación de la finca
		F.- Potencial Turístico:

**Tabla 2**

*Determinación de indicadores para la sustentabilidad (continuación)*

Dimensión Económica	Dimensión Ecológica	Dimensión Socio-Cultural
		F1.- Comidas tradicionales:
		F2.- Conocimientos ancestrales y leyendas del sector:
		F3.- Hospitalidad:
		F4.- Identidad cultural:

**Elaborado por:** Espinosa (2025)

En el caso de la determinación de la sustentabilidad e indicadores socioeconómicos y ambientales de las UPAS del cantón La Maná, los índices obtenidos corresponden a valores derivados de la transformación de indicadores observados o predichos. Dichos índices surgen de complejas operaciones matemáticas, en las cuales los indicadores individuales se ponderan de acuerdo con su relevancia dentro del sistema ambiental evaluado (Sarandón, 2002). Como se muestra en la **Tabla 3**.

Para la construcción de estos índices existen diversas alternativas metodológicas. En este estudio, se emplearon los resultados obtenidos a partir de técnicas de análisis multivariado y del análisis de componentes principales (Sarandón, 2002).

**Tabla 3**

*Análisis de sustentabilidad*

Indicadores: Dimensión Económica (IK)	IK
A: Autosuficiencia Alimentaria	AIK
A1.- Diversificación de la producción:	A1IK
A2.- Tenencia de tierras:	A2IK
B: Ingreso económico	BIK
B1.- Ingreso mensual neto por familia:	B1IK
B2. Crianza de animales:	B2IK
B3. Derivados agropecuarios:	B3IK
B4. Costo de la tierra:	B4IK
C. Riesgo económico:	CIK
C1.- Diversificación para la venta:	C1IK
C2.- Número de vías de comercialización (Consumo y Distribución de productos):	C2IK
C3.- Dependencia de insumos externos:	C3IK
Indicadores: Dimensión Ecológica o Ambiental (IE)	IIE
A: Conservación de la Vida del Suelo	AIE
A1.- Cobertura del Suelo:	A1IE

**Tabla 3**

*Análisis de sustentabilidad (continuación)*

Indicadores: Dimensión Económica (IK)	IK
A2.- Manejo de residuos del cultivo:	A2IE
A3.- Diversificación de cultivos:	A3IE
A4.- Dotación de agua:	A4IE
A5.- Nivel de contaminación atmosférica:	A5IE
B: Riesgo de Erosión	BIE
B1.- Pendiente Predominante	B1IE
B2.- Cobertura vegetal:	B2IE
B3.- Obras de Conservación del Suelo:	B3IE
B4.- Tipología del suelo:	B4IE
C: Manejo de la Biodiversidad	CIE
C1.- Biodiversidad espacial (Biodiversidad y Uso del cultivo):	C1IE
C2.- Biodiversidad temporal (Uso de la Agroforestería):	C2IE
C3.- Manejo ecológico de plagas y enfermedades:	C3IE
C4.- Diversidad de semillas local o mejorada:	C4IE
C5.- Manejo de sucesiones del predio:	C5IE
Indicadores: Dimensión Socio-Cultural (ISC)	IISC
A: Satisfacción de las necesidades básicas	ISC
A1.- Acceso a la salud y cobertura sanitaria:	A1ISC
A2.- Acceso a la Educación:	A2ISC
A3.- Vivienda:	A3ISC
A4.- Servicios:	A4ISC
B: Aceptabilidad del sistema de producción	BISC
B1.- Como se siente con la actividad que realiza:	B1ISC
C: Integración social a sistemas organizativos	CISC
C1.- Gestión Institucional:	C13ISC
C2.- Apoyo económico:	C2ISC
C3.- Asociatividad:	C3ISC
C4.- Política pública:	C4ISC
D.- Conocimiento y conciencia ecológica.	DISC
D1.-Tiene conocimiento ecológico:	D1ISC
D2.- Formas de producir:	D2ISC
E.- Equidad y protección de la identidad local	EISC
E1.- Edad del jefe del hogar:	E1ISC
E2.- Nivel educativo:	E2ISC
E3.- Capacidad de ocupación de la finca:	E3ISC
F.- Potencial turístico	FISC
F1.- Comidas tradicionales:	F1ISC

**Tabla 3**

*Análisis de sustentabilidad (continuación)*

Indicadores: Dimensión Económica (IK)	IK
F2.- Conocimientos ancestrales y leyendas del sector:	F2ISC
F3.- Hospitalidad:	F3ISC
F4.- Identidad Cultura:	F4ISC

**Elaborado por:** Espinosa (2025)

La ponderación se realizó en función del consenso o mediante la consulta a expertos en la materia (**Tabla 4**). La asignación de las características se efectuó considerando la importancia relativa de cada parámetro dentro de los indicadores seleccionados. Es necesario reconocer que este proceso implica un cierto grado de subjetividad, la cual adquiere mayor relevancia cuando se busca comparar niveles de sustentabilidad. Sin embargo, dicha subjetividad no constituye un impedimento para llevar a cabo una evaluación comparativa, siempre que la ponderación se defina de manera previa a su aplicación, tal como lo señala Sarandón (2002).

**Tabla 4**

*Ponderación de la sustentabilidad*

Escala	Valoración	Nivel de Sustentabilidad
0	Nivel muy crítico o extremo de sustentabilidad.	Extremo
1	Nivel bajo o crítico de sustentabilidad de las unidades de producción.	Crítico
2	Umbral mínimo de sustentabilidad de las unidades de producción.	Débil
3	Nivel medio de sustentabilidad.	Medio
4	Umbral máximo a nivel alto de sustentabilidad de las unidades de producción.	Alto

**Fuente:** Chanaluisa (2020). **Elaborado por:** Espinosa (2025)

El cálculo de la sustentabilidad se realizó utilizando la fórmula de sustentabilidad general propuesta por Sarandón (2002):  $ISG = (IK + IE + ISC) / 3$ . Para considerar a una unidad como sustentable, se establece que el ISG debe ser mayor a 2 ( $ISG > 2$ ) y que ninguna de las tres dimensiones evaluadas presente un valor inferior a 2, como se menciona en la **Tabla 5**.

**Tabla 5**

*Niveles de sustentabilidad*

Nivel de sustentabilidad	Muy Crítica	Baja Sustentabilidad	Sustentabilidad Mínima	Sustentabilidad Media	Sustentabilidad Alta
Criterio de decisión en una escala de 0 a 4	< a 1	1 a 2.4	2.5 a 2.9	3.0 a 3.4	3.5 a 3.9

**Fuente:** Chanaluisa (2020). **Elaborado por:** Espinosa (2025)

De igual manera, el índice general de sustentabilidad debe cumplir con la condición de  $IS\ Gen > 2$ , sin que ninguna de sus dimensiones registre valores menores a 2 (Sarandón & Flores, 2014), tal como se detalla en la **Tabla 6**.

**Tabla 6**

*Matriz de fórmulas y ponderación del valor de los indicadores e índice general para la zona de estudio*

Matriz de fórmulas y ponderación del valor de los indicadores e índice general para la zona de estudio			
Indicador	Fórmula	Ponderación doble	Ponderación Simple
Indicadores: Dimensión Económica (IK)	$IK = \frac{(2((A1+A2)/2)) + ((2B1+B2+B3+B4)/5) + ((C1+C2+C3)/3)}{4}$	A: Autosuficiencia Alimentaria	B: Riesgo Económico C: Riesgo económico
Indicadores: Dimensión Ambiental (IE)	$IE = \frac{(2((A1+A2+A3+A4+A5)/5)) + ((B1+B2+B3+B4)/4) + ((C1+C2+C3+C4+C5)/5)}{4}$	A: Conservación de la Vida del Suelo	B: Riesgo de Erosión C: Manejo de la Biodiversidad
Indicadores: Dimensión Socio-Cultural (ISC)	$ISC = \frac{(2((A1+A2+A3+A4)/4)) + (B1) + ((C1+C2+C3+C4)/4) + ((D1+D2)/2) + ((E1+E2+E3)/3) + ((F1+F2+F3+F4)/4)}{7}$	A: Satisfacción de las Necesidades Básicas	B: Contribución en el sistema de producción C: Integración social a sistemas organizativos D. Conocimiento y conciencia ecológica E.- Equidad y protección de la identidad local F.- Potencial turístico
Índice de Sustentabilidad General (ISG):	ISG=	IK+IA+ISC	3

**Fuente:** Sarandón (2002). **Elaborado por:** Espinosa (2025)

### 3. Resultados

La evaluación de sustentabilidad realizada en La Maná muestra un nivel intermedio de desempeño en las tres dimensiones analizadas: económica, ecológica y sociocultural. Este hallazgo sugiere que, si bien la zona cuenta con condiciones favorables en algunos indicadores, persisten debilidades estructurales que limitan la transición hacia un modelo sostenible de largo plazo. Como lo indica la **Tabla 7**.

**Tabla 7**

*Evaluación de la sustentabilidad*

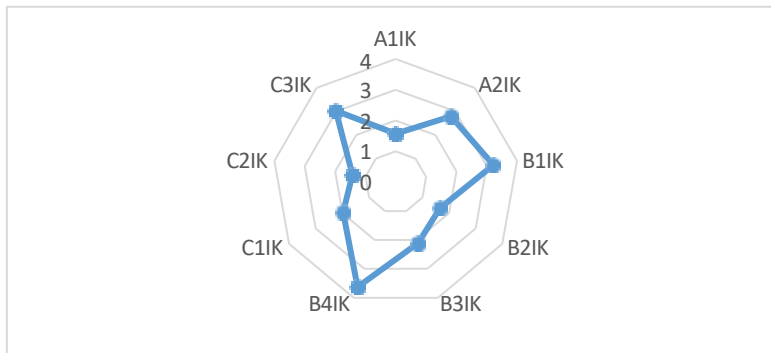
Indicadores	Código	Sustentabilidad
A: Autosuficiencia Alimentaria	AIE	2,18
B: Ingreso económico	BIE	2,66
C. Riesgo económico:	CIE	2,14
Indicadores: Dimensión Económica (IK)	IK	2,33
A: Conservación de la Vida del Suelo	AIE	1,68
B: Riesgo de Erosión	BIE	1,69
C: Manejo de la Biodiversidad	CIE	1,75
Indicadores: Dimensión Ambiental (IE)	IE	1,71
A: Satisfacción de las necesidades básicas	ASC	2,55
B: Aceptabilidad del sistema de producción	BSC	3,40
C: Integración social a sistemas organizativos	CSC	0,90
D.- Conocimiento y conciencia ecológica	EISC	2,13
E.- Equidad y protección de la identidad local	DSC	2,59
F.- Potencial turístico	FISC	1,96
Indicadores: Dimensión Socio-Cultural (ISC)	ISC	2,28

**Elaborado por:** Méndez & Soria (2025)

El índice económico alcanzó un valor de 2.33/5, lo cual refleja un equilibrio parcial entre ingresos, diversificación productiva y riesgo económico. Las familias reportan ingresos superiores a 500 USD en varios casos, lo que constituye un nivel aceptable de estabilidad financiera. Sin embargo, la dependencia de insumos externos y la baja diversificación de canales de comercialización limitan la resiliencia económica del sistema. Como se muestra en la **Figura 1**.

**Figura 1**

*Dimensión económica*



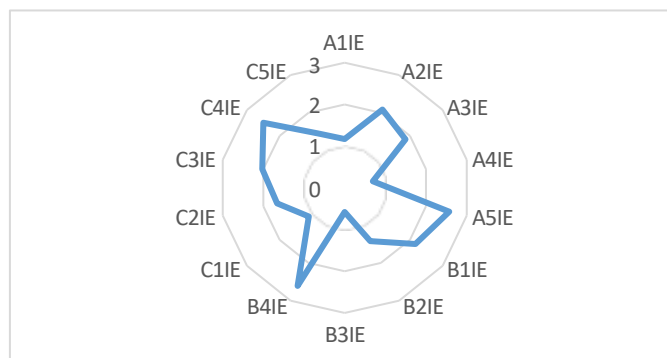
Elaborado por: Méndez & Soria (2025)

Este resultado coincide con lo planteado por Altieri & Rosset (2018) quienes argumentan que la diversificación productiva es esencial para reducir la vulnerabilidad frente a choques externos. Asimismo Francis et al. (2003) sostiene que la creación de mercados locales y solidarios es fundamental para alcanzar una economía campesina sostenible, lo cual constituye un desafío evidente en el caso de La Maná.

El índice ambiental fue el más bajo (1.71/5), lo que evidencia fragilidad ecológica. Aunque algunos agricultores aplican prácticas de cobertura de suelo y rotación de cultivos, el predominio de la agricultura convencional dependiente de agroquímicos refleja una débil transición hacia sistemas agroecológicos. Como se muestra en la **Figura 2**.

**Figura 2**

*Dimensión ecológica*



Elaborado por: Méndez & Soria (2025)

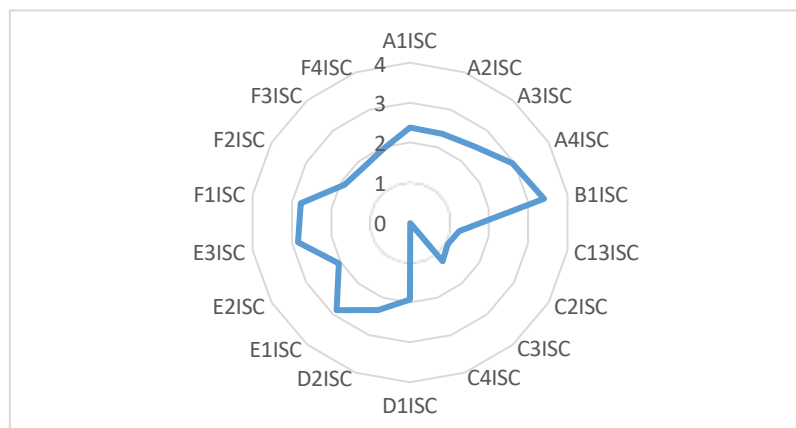
Este patrón fue señalado por Pretty et al. (2018) quienes enfatizan que la sostenibilidad agrícola requiere rediseñar los sistemas de producción para reducir la dependencia de

agroquímicos y aumentar la biodiversidad funcional. De igual forma Tittonell (2014) propone la intensificación ecológica como vía para lograr mayor productividad con menor impacto ambiental. La situación en La Maná refleja la necesidad de avanzar hacia estrategias agroecológicas más consistentes, apoyadas por políticas públicas y programas de extensión rural. Como se muestra en la **Figura 3**.

En la dimensión sociocultural se registró un valor cercano a 2.0/5, indicando un nivel intermedio de cohesión e identidad cultural. Los resultados evidencian hospitalidad hacia personas foráneas, preservación de comidas tradicionales y prácticas culturales locales; sin embargo, los conocimientos ancestrales no siempre se incorporan de manera efectiva en los sistemas de producción.

**Figura 3**

*Dimensión sociocultural*



**Elaborado por:** Méndez & Soria (2025)

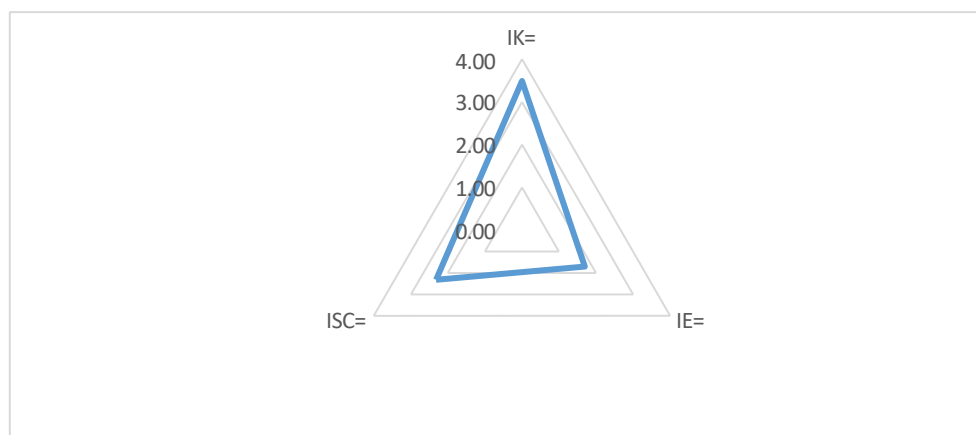
Según Toledo & Barrera (2009) la sustentabilidad se encuentra estrechamente ligada al rescate del capital biocultural, el cual constituye una base para la resiliencia socio ecológica. En sintonía Leff (2019) señala que integrar los saberes tradicionales con la innovación tecnológica es una condición indispensable para superar las limitaciones de los modelos agroindustriales. La situación en La Maná revela una oportunidad de fortalecer la dimensión cultural como un eje para la sostenibilidad futura.

En conjunto los resultados sugieren que La Maná presenta fortalezas económicas y culturales, pero enfrenta serias limitaciones ambientales que comprometen su sostenibilidad integral. La transición hacia sistemas agroecológicos diversificados, el fortalecimiento de mercados locales y la revalorización de los conocimientos ancestrales emergen como estrategias prioritarias. Como se muestra en la **Figura 4**.

Estos hallazgos son consistentes con estudios regionales sobre sostenibilidad rural en América Latina, que resaltan la importancia de un enfoque integral que combine factores productivos, ambientales y socioculturales (Altieri & Nicholls, 2012; Pretty et al., 2018). El caso de La Maná confirma que alcanzar la sostenibilidad no depende únicamente de mejorar los ingresos, sino de transformar los sistemas productivos en su conjunto.

**Figura 4**

*Índice general de sustentabilidad*



**Elaborado por:** Méndez & Soria (2025)

Este resultado coincide con lo señalado por Sarandón & Flores (2014) quienes argumentan que la dimensión ecológica suele ser el principal factor limitante de la sustentabilidad en sistemas agrícolas, debido a la degradación de suelos, el uso intensivo de agroquímicos y la pérdida de biodiversidad. De forma similar Altieri & Nicholls (2012) destacan que los sistemas productivos en América Latina muestran avances en lo económico y sociocultural, pero mantienen una fuerte dependencia de prácticas agrícolas poco sostenibles que comprometen la resiliencia ambiental.

En contraste estudios como el de Astier et al. (2008) en comunidades campesinas de México señalan que la incorporación de prácticas agroecológicas puede equilibrar las tres dimensiones de la sustentabilidad, mejorando particularmente la ecológica sin afectar la productividad económica. Esto sugiere que, en el caso del cantón La Maná, fortalecer estrategias de manejo sostenible de suelos, diversificación de cultivos y reducción de insumos externos permitiría elevar el índice ecológico y alcanzar una sustentabilidad integral. Como se observa en la **Tabla 8**.

**Tabla 8**

*Índice general de sustentabilidad*

Valor	Dimensiones				Sustentabilidad
	IK	IE	ISC	IS-g	
	3,49	1,70	2,32	2,50	No

Elaborado por: Méndez & Soria (2025)

#### 4. Conclusiones

- El cantón La Maná presenta un nivel intermedio de sostenibilidad, con una base económica favorable, pero con retos importantes en las dimensiones ecológica y sociocultural. La transición hacia una agricultura más sostenible es crucial.
- La dimensión ecológica es la más débil, con prácticas agrícolas convencionales que afectan la conservación del suelo y el agua. Es urgente implementar políticas que promuevan el manejo sostenible de los recursos naturales.
- A pesar de la moderada cohesión social, los saberes ancestrales y las tradiciones locales pueden ser valiosos para mejorar la sostenibilidad. Fortalecer estos aspectos y promover mercados solidarios será clave para avanzar hacia un modelo sostenible.

#### 5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

#### 6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

#### 7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

#### 8. Referencias Bibliográficas

Abraham, L., Alturria, L., Fonzar, A., Ceresa, A., & Arnés, E. (2014). Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la producción de vid en Mendoza, Argentina *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 46(1), 161-180, <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837657012.pdf>

Albarrasin Reinoso, M. V., Murillo Burgos, L. H., Jácome Alarcón, L. F., & Apolo Reyes, K. E. (2023). *Emprendimientos socio productivos: Un enfoque innovador para el desarrollo sostenible en el Cantón La Maná, provincia del Cotopaxi*. [I

Congreso Internacional de Investigación y Desarrollo - CIID-UTB-EQ-2023].  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8349790>

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio ecológica. *Agroecología*, 7(2), 65–83.  
<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182861>

Altieri, M. A., & Rosset, P. M. (2018). Agroecología: ciencia y política (tercera edición). Publisher: Sociedad Científica Latino Americana de Agroecología (SOCLA).  
[https://www.researchgate.net/publication/329591874\\_AGROECOLOGIA\\_ciencia\\_y\\_politica](https://www.researchgate.net/publication/329591874_AGROECOLOGIA_ciencia_y_politica)

Astier, M., Masera, O., & Galván-Miyoshi, Y. (2008). Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional (1ra edición). *Mundiprensa*.  
<https://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2010/04/MASERA-ASTIER-YANKUIC-Evaluacion-sustentabilidad-dnamico-multidimensional.pdf>

Chanaluisa Choloquina, C. J. (2020). *Evaluación de impactos del proyecto de vinculación de la carrera de agronomía en los cinco sectores priorizados en base a indicadores sociales, económicos y ambientales en la provincia de Cotopaxi 2017-2020* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6623>

Food and Agriculture Organization [FAO] & Corporación Andina de Fomento [CAF]. (2017). *Ecuador. Nota de análisis sectorial. Agricultura y Desarrollo Rural*.  
<https://www.fao.org/4/ak168s/ak168s00.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2013). *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*.  
<http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>

Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T. A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., & Poincelot, R. (2003). Agroecology: the ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22(3), 99-118. [https://doi.org/10.1300/j064v22n03\\_10](https://doi.org/10.1300/j064v22n03_10)

Gobierno Autónomo Descentralizado de La Maná. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón La Maná*.  
<https://lamana.gob.ec/download/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-del-canton-la-mana/>

- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Mancheño, C. I. (2023). Seguridad alimentaria y producción agrícola sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Gutiérrez-Moreno, M., Sánchez-Atondo, A., Mungaray-Moctezuma, A., & Salazar-Briones, C. (2020). Prospectiva de sustentabilidad para los recursos hídricos en el noroeste de México: uso del concreto reciclado para el abastecimiento de agua con fines agrícolas. *Interciencia*, 45(8), 370-377. <https://www.redalyc.org/journal/339/33964324008/33964324008.pdf>
- Haro-Martínez, A. A., & Taddei-Bringas, I. C. (2014). Sustentabilidad y economía: La controversia de la valoración ambiental. *Economía, Sociedad y Territorio*, 14(46), 743-767. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212014000300007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212014000300007&lng=es&tlng=es)
- Kent, P. (2018). Gestión y evaluación de la sustentabilidad organizacional. *Ciencias Administrativas*, 15, 058. <https://doi.org/10.24215/23143738e058>
- Leff, E. (2019). *Ecología política: de la deconstrucción del capital a la territorialización de la vida*. Siglo XXI Editores. [https://books.google.com.ec/books/about/Ecolog%C3%ADa\\_pol%C3%ADtica.html?id=aKHDDwAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Ecolog%C3%ADa_pol%C3%ADtica.html?id=aKHDDwAAQBAJ&redir_esc=y)
- Mogro Cepeda, Y. V. (2021). *Impacto de la tecnificación del agua de riego sobre siete directorios del río san juan-patoa basado en indicadores sociales, económicos y ambientales cantón Pujilí 2021* [Tesis de maestría, Universidad Técnica Estatal de Quevedo- UTEQ, Quevedo, Ecuador]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/4ef6ac77-cf18-4787-b422-3c7a201dd337>
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., ... & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441–446. [https://www.researchgate.net/publication/326317231\\_Global\\_Assessment\\_of\\_Agricultural\\_System\\_Redesign\\_for\\_Sustainable\\_Intensification](https://www.researchgate.net/publication/326317231_Global_Assessment_of_Agricultural_System_Redesign_for_Sustainable_Intensification)
- Quiroga Martínez, R. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. Serie Manuales 5570, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicaciones de las Naciones Unidas. <https://ideas.repec.org/p/ecr/col038/5570.html>
- Sarandón, S. J. (2002). *El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas*. En: Sarandón, S. J. (2002).

Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. ECA - Ediciones Científicas Americanas.

<https://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2010/10/SARANDON-cap-20-Sustentabilidad.pdf>

Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. EDUP- Editorial de la Universidad de La Plata. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/72>

Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture - sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 53–61. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343514000499>

Toledo, V. M., & Barrera Bassols, N. (2009). La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. *Ciencias*, 96(096). <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/17958>

Torres Lima, P., Rodríguez Sánchez, L., & Sánchez Jerónimo, Ó. (2004). Evaluación de la sustentabilidad del desarrollo regional. El marco de la agricultura. *Región y Sociedad*, XVI(29), 109-144. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10202904>

Valarezo Beltrón, C. O., Julca-Otiniano, A., & Rodríguez Berrío, A. (2020). Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador. *Revista RIVAR*, 7(20), 108-120. <https://dx.doi.org/10.35588/rivar.v7i20.4482>

Zamilpa, J., Schwentesius Rindermann, R., & Ayala Ortiz, D. A. (2016). Estado de la cuestión sobre las críticas a la agricultura orgánica. *Acta Universitaria*, 26(2), 20–29. <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/854>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.




El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Estudio del saber pedagógico docente bajo el enfoque de instrucción explícita en, Imbabura, Ecuador

*Study of teachers' pedagogical knowledge under the explicit instruction approach in Imbabura, Ecuador*

- <sup>1</sup> Milton Javier Bisbicuz Barreiros  <https://orcid.org/0009-0001-1294-5293>  
Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología (UMECIT), Panamá, Panamá.  
Doctorado en Ciencias de la Educación con Énfasis En Investigación, Evaluación Y Formulación De Proyectos Educativos, Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y [javierbarreiros.est@umecit.edu.pa](mailto:javierbarreiros.est@umecit.edu.pa)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 06/10/2025

Revisado: 12/11/2025

Aceptado: 30/12/2025

Publicado: 15/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3585>

### Cítese:

Bisbicuz Barreiros, M. J. (2026). Estudio del saber pedagógico docente bajo el enfoque de instrucción explícita en, Imbabura, Ecuador. *ConcienciaDigital*, 9(1), 26-41. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3585>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Instrucción explícita, carga cognitiva, activación previa, aprendizaje multimedia, pedagogía.

**Keywords:**

Explicit instruction, cognitive load, pre-activation, multimedia learning, pedagogy.

**Resumen**

**Introducción:** En Ecuador, brechas entre formación docente teórica y práctica real agravan bajos resultados PISA y recomendaciones UNESCO. En unidades educativas “Cotacachi” y “Luis Ulpiano de la Torre” (Imbabura), prevalece desconocimiento de instrucción explícita -eficaz para carga cognitiva (Sweller)- en contextos rurales desiguales. **Objetivo:** Evaluar conocimiento pedagógico desde el enfoque de la instrucción explícita (activación previa, carga cognitiva, multimedia) en 80 docentes activos (2025-2026). **Metodología:** Estudio cuantitativo transversal descriptivo. Cuestionario Likert-5 validado (Google Forms, población total: 53% docentes de la unidad educativa “Luis Ulpiano de la Torre” y 47% de la unidad educativa “Cotacachi”). Análisis: medias/desviaciones (Excel), Mann-Whitney por género (SPSS). Cumple ética ecuatoriana. **Resultados.** Media general 3.7/5. Activación previa: 3.0 (alta variabilidad  $\sigma = 1.30-1.62$ ). Carga cognitiva: 4.0 ( $\sigma = 1.13-1.41$ , 32% duda explicaciones). Multimedia: 4.0 (baja  $\sigma$ , posible deseabilidad). Sin diferencias generó ( $p > 0.05$ ). **Conclusión.** Adopción heterogénea con brechas clave; sugiere formación contextualizada basada en evidencia para equidad educativa. **Área de estudio general:** Pedagogía. **Área de estudio específica:** Instrucción explícita y formación docente. **Tipo de estudio:** Artículo original.

**Abstract**

**Introduction.** In Ecuador, gaps between theoretical teacher training and actual classroom practice exacerbate the low PISA results and the recommendations issued by UNESCO. In the educational institutions “Cotacachi” and “Luis Ulpiano de la Torre” (Imbabura), there is a persistent lack of knowledge regarding explicit instruction—an approach proven effective for managing cognitive load (Sweller)—particularly within unequal rural contexts. **Objective.** To evaluate teachers’ pedagogical knowledge from the perspective of explicit instruction (prior knowledge activation, cognitive load, multimedia principles) among 80 active teachers (2025–2026). **Methodology.** Descriptive cross-sectional quantitative study. A validated 5-point Likert questionnaire (Google Forms) was applied to the total population: 53% of teachers from “Luis Ulpiano de la Torre” and 47% from “Cotacachi.” Analyses included means/standard deviations (Excel) and Mann–Whitney

---

tests by gender (SPSS). The study complies with Ecuadorian ethical standards. **Results.** Overall mean: 3.7/5. Prior knowledge activation: 3.0 (high variability,  $\sigma = 1.30-1.62$ ). Cognitive load: 4.0 ( $\sigma = 1.13-1.41$ ; 32% question the explanations provided). Multimedia: 4.0 (low  $\sigma$ ; possible desirability bias). No gender differences were found ( $p > 0.05$ ). **Conclusion.** Findings show heterogeneous adoption with critical gaps, suggesting the need for contextualized, evidence-based professional development to promote educational equity. **General Area of Study:** Pedagogy. **Specific area of study:** Explicit instruction and teacher training. **Type of study:** Original articles.

---

## 1. Introducción

En Ecuador existe un programa continuo de formación docente, no obstante todo proceso es susceptible de mejora. La efectividad de la práctica docente no debe verse afectada por brechas entre los enfoques teóricos basados en la evidencia y su aplicación real en las instituciones educativas. Por otro lado la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2023a) resalta que los sistemas educativos con mejor rendimiento comparten estándares homogéneos en la formación de sus docentes, que incluyen programas universitarios acreditados y experiencia práctica obligatoria en el aula. Además, señala que los docentes con una sólida formación académica son fundamentales para garantizar una educación de calidad y, en consecuencia, para alcanzar los objetivos de la Agenda 2030 (UNESCO, 2023b).

La instrucción explícita se consolidó como una de las estrategias más eficaces para la estructuración de la información compleja, optimizando la enseñanza de los conocimientos escolares formales (Zambrano & Yaguarema, 2021). En este sentido la instrucción explícita se presenta como una estrategia pedagógica estructurada, sistemática y secuencial, orientada a guiar de manera clara la construcción del conocimiento. La teoría de la carga cognitiva sostiene que los docentes requieren habilidades para estructurar la información de manera que reduzca sobrecarga cognitiva y favorezca el aprendizaje significativo (Zhang & Sweller, 2024; Soderstrom & Bjork, 2015).

Este estudio es pertinente porque aborda dicha problemática, considerando además los resultados obtenidos por Ecuador en el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) los cuales evidencian la necesidad de fortalecer las prácticas pedagógicas y el dominio de enfoques instruccionales efectivos (Instituto Nacional de

Evaluación Educativa, 2018). En el marco internacional se destaca la pertinencia de analizar el nivel de conocimiento pedagógico que debe poseer un docente en relación con los enfoques instruccionales explícitos. En el caso de Ecuador evaluar el grado de dominio que poseen los docentes sobre los principios teóricos de la instrucción explícita constituye un paso fundamental para orientar programas de capacitación contextualizados y fortalecer la calidad educativa local. En el contexto ecuatoriano, la implementación de este enfoque en el aula es crucial, ya que demostró ser efectiva para mejorar la comprensión y la retención de los conocimientos en las áreas fundamentales del currículo escolar (Archer & Hughes, 2010). Su relevancia es imperativa, puesto que la aplicación de este enfoque depende en gran medida del nivel de conocimiento y de la formación que tengan los docentes al respecto.

En el cantón Cotacachi, particularmente en la Unidad Educativa Cotacachi y la Unidad Educativa Luis Ulpiano de la Torre se identificó una problemática que limita la adopción de metodologías eficaces: el desconocimiento del conocimiento pedagógico con enfoque desde la instrucción explícita por parte del cuerpo docente, debido a la falta de formación específica en esta área pedagógica. Esta situación podría reflejar que años atrás el Ministerio de Educación del Ecuador (2025) permitía ejercer la docencia a profesionales sin formación específica en el área educativa. En la actualidad esta condición regulada; sin embargo, en las unidades educativas "Cotacachi" y "Luis Ulpiano de la Torre" persiste una brecha marcada entre la teoría pedagógica y la práctica docente, dado que muchos docentes evidencian una limitada aplicación de este enfoque instruccional efectivo en el aula. Esto se debe, en gran parte, a la falta de conocimiento y a la escasa comprensión de los principios que dicho enfoque conlleva. El rol del docente es crucial para garantizar una educación de calidad, por lo que su formación pedagógica resulta determinante.

Por lo tanto la problemática de este estudio se centra en determinar: ¿Cuál es el nivel de conocimiento pedagógico respecto a los principios de la instrucción explícita que poseen los docentes de las unidades educativas "Cotacachi" y "Luis Ulpiano de la Torre", ¿y cómo se refleja este conocimiento en sus prácticas educativas? Su análisis permitirá identificar brechas, comprender la concepción docente sobre la instrucción explícita y proponer mejoras formativas alineadas con enfoques instruccionales basados en evidencia.

La justificación del estudio se sustenta en dos dimensiones principales. En primer lugar, desde la perspectiva pedagógica, la instrucción explícita es reconocida como una estrategia eficaz para mejorar la comprensión, la automatización progresiva y el acceso equitativo al conocimiento, especialmente en contextos de desigualdad educativa (Gori et al., 2022). La instrucción explícita, fundamentada en principios sólidos sobre el funcionamiento del cerebro, como la teoría de la carga cognitiva, destaca la importancia de manejar adecuadamente la cantidad de información para evitar saturar la memoria de

trabajo y facilitar la consolidación del conocimiento en la memoria a largo plazo. Por ello se consolidó como una estrategia eficaz para organizar contenidos complejos y potenciar el aprendizaje en contextos formales. Es un método ordenado y paso a paso que demostró mejorar la comprensión y retención, especialmente en áreas claves del currículo escolar. Sin embargo, su éxito depende en gran medida del nivel de comprensión que tengan los docentes sobre estos principios, las oportunidades de actualización profesional y su disposición a mejorar continuamente su práctica pedagógica.

En segundo lugar, desde la dimensión educativa-social, las políticas internacionales como la UNESCO (2023a) destacan que el desempeño docente está directamente relacionado con la calidad del aprendizaje y demandan fortalecer su formación continua en metodologías basadas en evidencia. En este sentido, evaluar el estado del conocimiento docente en Cotacachi permite orientar acciones formativas pertinentes y contextualizadas.

El presente estudio adquiere gran relevancia académica y social al atender la necesidad de revisar el papel estratégico del docente dentro de una educación inclusiva, equitativa y de calidad. En Ecuador, los maestros enfrentan diversos desafíos, como la limitada formación pedagógica inicial, la falta de procesos sistemáticos de capacitación para implementar nuevos modelos educativos y la desigualdad en la distribución de recursos, especialmente en las instituciones públicas de zonas rurales. Estas condiciones afectan directamente la calidad del proceso educativo y subrayan la urgencia de fortalecer el conocimiento pedagógico, especialmente a partir de enfoques basados en la evidencia, como la instrucción explícita.

En el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, el acceso desigual a recursos didácticos y tecnológicos, junto con problemas en la infraestructura educativa, representa un desafío constante para la calidad de la enseñanza. Estas dificultades afectan directamente el aprendizaje y requieren estrategias pedagógicas adaptadas a la realidad local que permitan un impacto real. En instituciones como la Unidad Educativa Cotacachi y la Unidad Educativa Luis Ulpiano de la Torre, se identifican retos importantes en la implementación de métodos estructurados como la instrucción explícita, por lo que es fundamental analizar cómo los docentes comprenden, integran y aplican este enfoque en su labor diaria.

Desde un enfoque científico, este estudio aporta evidencia valiosa sobre la implementación de la instrucción explícita en escuelas rurales del cantón Cotacachi. Ofrece una mejor comprensión del conocimiento pedagógico que poseen los docentes y cómo emplean estrategias de enseñanza claras y organizadas para favorecer el aprendizaje. En términos prácticos, los resultados de este estudio pueden guiar el diseño de programas de formación docente enfocados en la instrucción explícita, con el objetivo de optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en las instituciones mencionadas. Además, estos hallazgos pueden fundamentar políticas educativas basadas en evidencia,

promoviendo metodologías activas que contribuyan a mejorar el rendimiento académico y el desarrollo integral de los estudiantes.

Finalmente, esta investigación posee un valor institucional significativo, ya que proveerá información clave para directivos, coordinadores y actores del sistema educativo sobre el estado actual del conocimiento pedagógico docente. Este insumo será esencial para la toma de decisiones orientadas a la mejora continua, contribuyendo al fortalecimiento de la calidad educativa en Ecuador.

Analizar el nivel de conocimiento pedagógico que poseen los docentes de la Unidad Educativa Cotacachi y la Unidad Educativa Luis Ulpiano de la Torre sobre la instrucción explícita, empleando los resultados obtenidos mediante un cuestionario estructurado aplicado a la población docente.

## 2. Metodología

La investigación se enmarca en el paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo, y de diseño no experimental, transversal y descriptivo. El nivel de investigación es descriptivo y de modalidad de campo con aplicación de encuestas estructuradas tipo Likert, diseñada según la naturaleza de la problemática y del enfoque metodológico (Reyes, 2023; Hernández & Mendoza, 2023; Sampieri, 2018; Yuni & Urbano, 2007).

La técnica de recolección de información fue la encuesta; el instrumento diseñado por el investigador fue un cuestionario estructurado tipo Likert, con las siguientes opciones: 1. Totalmente en desacuerdo; 2. En desacuerdo; 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4. De acuerdo; y 5. Totalmente de acuerdo. Para el caso 5, la escala se revirtió para evitar la deseabilidad social. El cuestionario fue organizado en bloques alineados con los principios teóricos de la instrucción explícita, los cuales son: activación del conocimiento previo, gestión de la carga cognitiva, aprendizaje multimedia y concepciones del enfoque. Cada pregunta derivó de casos contextualizados planteados desde el enfoque de la instrucción explícita, permitiendo evaluar dimensiones clave del conocimiento pedagógico docente y garantizando coherencia metodológica y validez del estudio, como se muestra en la siguiente tabla. El instrumento fue validado por expertos en el área y sometido al análisis del Alfa de Cronbach; su aplicación fue en línea mediante *Google Forms*. Integrado transversalmente en todos los bloques del instrumento de recolección de información, se busca saber cómo usan los docentes la instrucción explícita y si esta es considerada por ellos como una estrategia efectiva.

**Tabla 1**

*Indicadores operacionalizados*

Objetivo general del instrumento	Bloques	Conocimiento pedagógico explícito	Ítems del cuestionario
Evaluar el nivel de conocimiento pedagógico y la aplicación práctica del enfoque de instrucción explícita por parte de los docentes, identificando sus percepciones, competencias y necesidades formativas en contextos educativos específicos	Bloque 1	Datos Demográficos  Perfil Participante	Preguntas: 1,2,3,4,5 y 6
	Bloque 2. Activación del conocimiento previo	Activación de esquemas previos mediante recuperación activa.  Integración de contenidos novedosos con conocimientos previos consolidados.	Caso 1  Preguntas: 1.1, 1.2, 1.3
	Bloque 3. Modelado y gestión de la carga cognitiva	Implementación secuencial de instrucción guiada en entornos áulicos.  Empleo de explicaciones explícitas y estructuradas.  Segmentación cognitiva del contenido en unidades didácticas manejables.	Caso 2  Preguntas: 2.1,2.2,2.3,  Caso 3: Preguntas: 3.1
	Bloque 4. Aplicación de principios de instrucción multimedia y dificultades deseables	Percepción sobre la eficacia de apoyos visuales en procesamiento cognitivo.  Aplicación de prácticas pedagógicas espaciadas e intercaladas.  Incorporación sistemática de práctica de recuperación.  Utilización de recursos multimedia optimizados sin elementos distractores.	Caso 4  Preguntas: 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5  Caso 5 Pregunta: 5.1

El procesamiento de datos se los realizo en Microsoft Excel e IBM SPSS respectivamente. Los datos obtenidos mediante el instrumento de recolección de información fueron codificados utilizando Microsoft Excel, a partir de una hoja de cálculo exportada de la plataforma *Google Forms*. Esta base de datos contenía respuestas alfanuméricas que, una vez codificadas numéricamente, resultaron aptas para el análisis estadístico. Las variables demográficas se codificaron individualmente según categorías específicas, mientras que las respuestas de los bloques asociados a la instrucción explícita se codificaron mediante una escala Likert de cinco niveles, ajustando la codificación para el caso 5 con el fin de evitar la deseabilidad social.

El análisis estadístico se realizó mediante el cálculo de medias y desviaciones estándar de las dimensiones evaluadas en el cuestionario, utilizando una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Además, se aplicó la prueba no paramétrica de Bernstein & Bernstein (1999) para identificar diferencias significativas entre grupos de docentes (hombres y mujeres). Este último análisis no paramétrico se llevó a cabo mediante el software SPSS, debido a su validez y rigurosidad.

El presente estudio no requirió de una muestra debido al número de participantes La población estuvo constituida por 80 docentes, de los cuales el 53% se desempeña en la Unidad Educativa Luis Ulpiano de la Torre y el 47% en la Unidad Educativa Cotacachi. Como criterio de inclusión, se consideró a los docentes en servicio activo durante el año lectivo 2025–2026.

La presente investigación se desarrolló bajo las directrices del Ministerio de Educación del Ecuador (2025) mediante el Distrito Educativo Intercultural y Bilingüe 10D03 Cotacachi. Se consideraron criterios de confidencialidad y protección de datos, en concordancia con la Constitución de la República del Ecuador en sus artículos 66 y 19 (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008), y el Reglamento a Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (Presidencia de la República del Ecuador, 2023). Además, se aplicó el consentimiento informado a los docentes participantes previo a la aplicación del instrumento. Finalmente, el investigador garantizó al Estado ecuatoriano, mediante la documentación pertinente, que el presente estudio se ajustaba plenamente a las normativas nacionales vigentes en materia de bioética y protección de niños, niñas y adolescentes en el Código de La Niñez y Adolescencia (Congreso Nacional del Ecuador, 2003).

### 3. Resultados

En la siguiente sección se detallan los resultados cuantitativos obtenidos del análisis estadístico de medias, desviación estándar y prueba U de Mann-Whitney, a partir de las respuestas de las docentes recolectadas mediante el instrumento de recolección de información para cada componente de la instrucción explícita: activación del

conocimiento previo, modelado y gestión de la carga cognitiva, y, finalmente, aplicación de principios de instrucción multimedia y dificultades deseables.

### 3.1. Activación del conocimiento previo

En el análisis de la activación del conocimiento previo, la media general de la dimensión fue de 3.0, lo que corresponde a una posición neutral en la escala de respuesta. Sin embargo, esta cifra requiere una interpretación más profunda, ya que el ítem 1 presentó una media de 4.0 con una desviación estándar de 1.30, evidenciando una marcada variabilidad en las respuestas. Los ítems 1.2 y 1.3 mostraron medias de 3.0 con desviaciones estándar de 1.62 y 1.53 respectivamente, representando la mayor dispersión de respuestas en todo el estudio. Esta variabilidad extrema refleja una falta de consenso entre el cuerpo docente respecto a la importancia pedagógica de esta práctica instructiva.

La prueba U de Mann-Whitney no reveló diferencias estadísticamente significativas entre docentes hombres y mujeres en ninguno de los ítems de esta dimensión. En el ítem 1.1, ambos grupos presentaron medianas idénticas ( $M = 5$ ), con valores de  $U = 838.00$  ( $p = .436$ ). De manera similar, los ítems 1.2 y 1.3 mostraron ausencia de diferencias significativas, con medianas de  $M = 2$  para ambos grupos ( $U = 765.00$ ,  $p = .914$  para 1.2;  $U = 856.00$ ,  $p = .413$  para 1.3).

### 3.2. Modelado y gestión de la carga cognitiva

La dimensión de modelado y gestión de la carga cognitiva registró una media general de 4.0, ubicándose en la categoría de acuerdo. El ítem 2 presentó una media de 4.0 con una desviación estándar de 1.24, mientras que los ítems 2.1 y 2.2 mostraron medias de 3.0 y 4.0 respectivamente, con desviaciones estándar de 1.41 y 1.13. El ítem 2.3 evidenció una media de 4.0 con desviación estándar de 1.17, y finalmente, el ítem 3.1 presentó una media de 4.0 con desviación estándar de 1.17.

En los análisis comparativos de género, la prueba U de Mann-Whitney indicó ausencia de diferencias significativas entre hombres y mujeres. En el ítem 2.1, ambos grupos presentaron medianas de  $M = 4$  ( $U = 835.00$ ,  $p = .532$ ). El ítem 2.2 mostró ligeras diferencias en las medianas (hombres  $M = 4$ , mujeres  $M = 3$ ), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $U = 707.00$ ,  $p = .489$ ). El ítem 2.3 presentó un patrón similar ( $U = 859.00$ ,  $p = .371$ ), mientras que el ítem 3.1 mostró medianas idénticas ( $M = 4$ ) con ausencia de diferencias significativas ( $U = 827.50$ ,  $p = .580$ ).

### 3.3. Aplicación de principios de instrucción multimedia y dificultades deseables

La media general de esta dimensión fue de 4.0, reflejando un nivel de acuerdo entre los docentes. Los ítems que la componen presentaron medias consistentemente cercanas a 4.0: el ítem 4.1 con media de 4.0 ( $\sigma = 1.02$ ), el ítem 4.2 con media de 4.0 ( $\sigma = 0.89$ ), el

ítem 4.3 con media de 4.0 ( $\sigma = 0.94$ ), el ítem 4.4 con media de 4.0 ( $\sigma = 0.88$ ), y el ítem 4.5 con media de 4.0 ( $\sigma = 1.11$ ). El ítem 5.1, aunque respondía a esta dimensión, mostró una media de 3.0 con desviación estándar de 1.3.

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney en esta dimensión fueron consistentemente no significativos. El ítem 4.1 mostró medianas de  $M = 4$  en hombres y  $M = 5$  en mujeres, sin diferencias significativas ( $U = 822.00$ ,  $p = .612$ ). Los ítems 4.2, 4.3 y 4.4 presentaron patrones similares con ambos grupos en medianas de  $M = 4$ , sin diferencias estadísticas significativas ( $U = 665.50$ ,  $p = .232$ ;  $U = 887.00$ ,  $p = .228$ ;  $U = 665.00$ ,  $p = .225$  respectivamente). El ítem 4.5 también mostró ausencia de diferencias significativas, con ambos grupos en  $M = 4$  ( $U = 716.00$ ,  $p = .535$ ). Finalmente, el ítem 5.1 evidenció igualdad de respuestas en ambos grupos ( $M = 3$ ) sin diferencias significativas ( $U = 795.00$ ,  $p = .844$ ).

#### 4. Discusión

Este estudio muestra un panorama variado sobre conocimiento pedagógico que tienen los docentes de dos instituciones educativas en Cotacachi en relación con la instrucción explícita. Los resultados indican diferencias claras según el aspecto evaluado, lo que sugiere que la adopción de estas prácticas no es uniforme en el contexto educativo ecuatoriano.

##### 4.1. Activación del conocimiento previo

En la dimensión de activación del conocimiento previo, la media de 3.0 (“Ni de acuerdo ni en desacuerdo”) aparece como uno de los resultados más preocupantes del estudio, ya que refleja una postura ambigua por parte del profesorado. Más allá del valor central, la dispersión de las respuestas muestra que no existe una posición clara y compartida sobre esta práctica.

En el ítem 1 ( $M = 4.0$ ;  $\sigma = 1.30$ ), la media indica una tendencia al acuerdo, pero la desviación estándar sugiere que las respuestas se distribuyen entre el desacuerdo y el total acuerdo. Esto implica que, aunque un grupo importante de docentes reconoce la importancia de recuperar aprendizajes previos, otro sector no otorga la misma relevancia a esta acción en el aula.

En los ítems 1.2 y 1.3 ( $M = 3.0$ ;  $\sigma = 1.62$  y  $1.53$ ), se registran las mayores desviaciones estándar de todo el instrumento. Este nivel de variabilidad muestra una fuerte división: aproximadamente la mitad de los docentes se muestra en desacuerdo con dedicar tiempo a preguntas orales o escritas para activar conocimientos previos, mientras que la otra mitad lo considera pertinente. Esta polarización refleja dos visiones pedagógicas contrapuestas sobre el valor de esta práctica.

En conjunto, esta variabilidad indica la ausencia de un consenso profesional en torno a la activación del conocimiento previo. La falta de una orientación común no solo dificulta la implementación sistemática de esta estrategia, sino que también puede generar prácticas inconsistentes entre aulas y docentes, limitando su impacto en el aprendizaje de los estudiantes.

#### 4.2. Modelado y gestión de la carga cognitiva

En la dimensión de modelado y gestión de la carga cognitiva, la media de 4.0 (“De acuerdo”) muestra el mayor nivel de consistencia entre los docentes. No obstante, las desviaciones estándar permiten matizar esta aparente uniformidad y revelar divisiones importantes.

Para el ítem 2.1 ( $M = 4.0$ ;  $\sigma = 1.24$ ), la desviación indica que cerca del 32% de los docentes se sitúa por debajo de 3, es decir, entre “ni de acuerdo ni en desacuerdo” y “en desacuerdo”. Esto significa que casi un tercio del profesorado no considera la enseñanza paso a paso como una estrategia plenamente efectiva.

El ítem 2.2 ( $M = 3.0$ ;  $\sigma = 1.41$ ) resulta especialmente crítico, ya que combina una media neutral con una desviación alta que evidencia una profunda división de opiniones. Las respuestas oscilan entre 1.59 y 4.41, abarcando desde el desacuerdo total hasta el acuerdo, lo que sugiere que un grupo significativo de docentes percibe las explicaciones detalladas como poco útiles para evitar la frustración de los estudiantes.

Los ítems 2.3 e ítem 3 ( $M = 4.0$ ;  $\sigma = 1.13$  y  $1.17$ ) presentan las desviaciones más bajas, lo que indica mayor acuerdo, aunque persiste cierto desacuerdo sobre la fragmentación de contenidos complejos.

Esta variabilidad, particularmente en el ítem 2.2, refleja que la idea de explicaciones simples y claras genera controversia en el contexto local. Mientras la teoría de la carga cognitiva sostiene que estas explicaciones reducen la carga extrínseca innecesaria, algunos docentes parecen verlas como contrarias a enfoques pedagógicos más constructivistas. Los resultados sugieren una tensión entre estas visiones que impacta la práctica docente cotidiana.

#### 4.3. Aplicación de principios multimedia y dificultades deseables

La dimensión de principios multimedia y dificultades deseables mostró acuerdo general (Media 4.0), aunque con bajas desviaciones estándar ( $\sigma = 0.88 - 1.02$ ) que sugieren posible deseabilidad social más que comprensión profunda. Los docentes coinciden en usar recursos visuales, práctica espaciada, intercalada y de recuperación, pero esta uniformidad podría reflejar familiaridad terminológica sin dominar sus mecanismos cognitivos.

Sin embargo, el ítem 5.1 ( $M = 3.0$ ,  $\sigma = 1.3$ ) sobre elementos irrelevantes en multimedia revela una brecha clave cerca del 50% no reconoce que eliminar distractores mejora el aprendizaje, según el principio de coherencia de Mayer (2024). Esta inconsistencia es crítica en contextos con recursos limitados.

#### 4.4. Comparación con antecedentes investigativos

La polarización en ítems 1.2, 1.3 y 2.2 contrasta con Ashman (2020), Tobias & Duffy (2009) y Archer & Hughes (2010) quienes enfatizan la activación del conocimiento previo para integrar nueva información. Asimismo, el desacuerdo sobre explicaciones detalladas (ítem 2.2) diverge de Zhang & Sweller (2024) y Mayer (2024) que demuestran su efectividad para reducir carga cognitiva en novatos.

¿Diferencias por género?

El análisis no paramétrico de Mann-Whitney ( $p > 0.05$ ) indica que hombres y mujeres comparten percepciones similares sobre instrucción explícita, sugiriendo procesos de formación inclusivos en las instituciones estudiadas.

## 5. Conclusiones

- Se concluye que existe una adopción heterogénea en cuanto al conocimiento pedagógico del enfoque de la instrucción explícita entre los docentes de las unidades educativas “Cotacachi” y “Luis Ulpiano de la Torre”. Este hallazgo indica que las prácticas pedagógicas relacionadas con este enfoque avanzo de manera desigual en el contexto educativo ecuatoriano.
- Los resultados del análisis sobre gestión de la carga cognitiva y aplicación de principios multimedia revelan niveles consistentes de conocimiento pedagógico, con una media de 4.0 que refleja acuerdo generalizado entre los docentes. En contraste, la activación del conocimiento previo mostró mayor ambigüedad, registrando una media de 3.0. Las desviaciones estándar elevadas (entre 1.30 y 1.62) en esta dimensión indican ausencia de consenso profesional, ya que aproximadamente el 50% de los docentes cuestiona la utilidad de dedicar tiempo explícito a recuperar aprendizajes previos mediante actividades en clase, como preguntas orales o escritas. Esta dicotomía evidencia la tensión persistente entre enfoques pedagógicos tradicionales y la evidencia científica que promueve la integración de esquemas previos para optimizar el aprendizaje nuevo.
- Los resultados sobre la gestión de la carga cognitiva reflejan una controversia significativa entre los docentes. Aunque la media general fue moderadamente favorable ( $M = 3.0$ ), una desviación estándar alta ( $\sigma = 1.41$ ) indica diversidad de percepciones. En particular, un 32% de los docentes considera estas estrategias como ineficaces para evitar la frustración estudiantil, lo que contrasta con teorías

pedagógicas consolidadas que demuestran que la gestión adecuada de la carga cognitiva contribuye a reducir la carga extrínseca y facilita el aprendizaje efectivo.

- Se observaron respuestas uniformes en los principios de aprendizaje multimedia, caracterizadas por bajas desviaciones estándar ( $\sigma = 0.88-1.02$ ), lo que diverge de la literatura internacional que reporta beneficios claros de la instrucción explícita en contextos educativos similares. Aunque estos resultados sugieren acuerdo entre los docentes en este pilar de la instrucción explícita, también existe la posibilidad de que reflejen deseabilidad social más que una comprensión profunda de los mecanismos cognitivos subyacentes. Finalmente, no se encontraron diferencias significativas por género en el conocimiento pedagógico desde la instrucción explícita (Mann-Whitney U, todos  $p > 0.05$ ).

#### 6. Conflicto de intereses

El autor declara que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

#### 7. Declaración de contribución de los autores

El autor únicamente contribuyó significativamente en la elaboración del artículo.

#### 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios del autor.

#### 9. Referencias bibliográficas

Archer, A. L., & Hughes, C. A. (2010). *Explicit Instruction: Effective and Efficient Teaching*. Guilford Publications.

<https://books.google.com.ec/books?id=irWvBkI5jeAC>

Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador. (2008). *Constitucion de la republica del Ecuador*. Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449 (20-oct-2008).

[https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

Ashman, G. (2020). The power of explicit teaching and direct instruction. SAGE.

[https://books.google.com.ec/books/about/The\\_Power\\_of\\_Explicit\\_Teaching\\_and\\_Direc.html?id=iQULEAAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/The_Power_of_Explicit_Teaching_and_Direc.html?id=iQULEAAAQBAJ&redir_esc=y)

Bernstein, S., & Bernstein, R. (1999). *Schaum's Outline of Elements of Statistics II: Inferential Statistics* (Issue v. 2). McGraw-Hill Education.

[https://books.google.it/books?id=UTEYCwAAQBAJ&hl=es&source=gbs\\_book\\_others\\_versions](https://books.google.it/books?id=UTEYCwAAQBAJ&hl=es&source=gbs_book_others_versions)

- Congreso Nacional del Ecuador. (2003). *Código de La Niñez y Adolescencia*. Ley 100, Registro Oficial 737 (03-ene.-2003). [https://www.igualdad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/codigo\\_ninezyadolescencia.pdf](https://www.igualdad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/codigo_ninezyadolescencia.pdf)
- Gori, A., Diuk, B., & Feldman, D. (2022). The explicit teaching in current didactic discussion. *Estudios Pedagógicos*, 48(4), 377–396. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052022000400377>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2023). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. <https://books.google.com.ec/books?id=xuGp0AEACAAJ>
- Mayer, R. E. (2024). The past, present, and future of the cognitive theory of multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 36(8), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2025). Informe narrativo de rendición de cuentas. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/06/10D03.pdf>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2023). *Reglamento a Ley Orgánica de Protección de Datos Personales*. Número de Norma: 904, Registro Oficial Suplemento 435. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ley-y-reglamento-de-la-ley-de-proteccion-de-datos-personales/>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2018). Educación en Ecuador - *Resultados de PISA para el desarrollo (1ra edición)*. [https://www.evaluacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/12/CIE\\_InformeGeneralPISA18\\_20181123.pdf](https://www.evaluacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/12/CIE_InformeGeneralPISA18_20181123.pdf)
- Reyes Albañil, E. (2023). *Modelo Teórico para el Fortalecimiento de las Competencias Investigativas Basado en la Creatividad para Educación Básica Primaria en las Instituciones Educativas Públicas de Chiquinquirá Colombia* (Issue 15) [Tesis Doctoral, Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología]. <https://repositorio.umecit.edu.pa/entities/publication/cdc484b3-f0b5-40be-9fb6-8239ddceaa43>
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología De La Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa Y Mixta*. McGraw-Hill Education. <https://books.google.com.ec/books?id=5A2QDwAAQBAJ>
- Soderstrom, N. C., & Bjork, R. A. (2015). Learning Versus Performance: An Integrative Review. *Perspectives on Psychological Science*, 10(2), 176–199. <https://doi.org/10.1177/1745691615569000>

Tobias, S., & Duffy, T. M. (2009). Constructivist instruction: Success or failure? 1st Edition, Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203878842>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2023a). *¿Qué determina el buen desempeño de un docente?* <https://www.unesco.org/es/articulos/que-determina-el-buen-desempeno-de-un-docente>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2023b). *Docentes*. <https://www.unesco.org/es/teachers>

Yuni, J. A., & Urbano, C. A. (2007). *Técnicas Para Investigar 2*. Editorial Brujas. <https://books.google.com.ec/books?id=XWIkBfrJ9SoC>

Zambrano, J., & Yaguarema Alvarado, M. M. (2021). Estrategias de enseñanza efectivas para los tiempos de y pospandemia. *Yachana Revista Científica*, 10(2), 40–55. <https://doi.org/10.62325/10.62325/yachana.v10.n2.2021.674>

Zhang, L., & Sweller, J. (2024). Instructional sequences in science teaching: Considering the interactivity of elements when sequencing inquiry-based research activities and explicit instruction. *European Journal of Educational Psychology Journal*, 39, 3791–3801. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00799-5>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Gestión sostenible en microempresas agropecuarias familiares: un análisis para el desarrollo rural ecuatoriano

*Sustainable management in family agricultural microenterprises: an analysis for Ecuadorian rural development*

- <sup>1</sup> Dixie Alexandra Morán Arteaga  <https://orcid.org/0009-0002-7946-0095>  
Universidad Agraria del Ecuador (UAE), Guayaquil, Ecuador.  
[dmoran@uagraria.edu.ec](mailto:dmoran@uagraria.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 05/11/2025

Revisado: 10/12/2025

Aceptado: 05/01/2026

Publicado: 19/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3587>

### Cítese:

Morán Arteaga, D. A. (2026). Gestión sostenible en microempresas agropecuarias familiares: un análisis para el desarrollo rural ecuatoriano. *Conciencia Digital*, 9(1), 42-64. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3587>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Gestión sostenible,  
microempresas  
agropecuarias,  
objetivos de  
desarrollo  
sostenible,  
desarrollo rural.

**Resumen**

**Introducción:** las microempresas agropecuarias familiares constituyen una parte esencial del tejido productivo rural ecuatoriano. No obstante, operan con recursos limitados, en contextos de alta vulnerabilidad económica, social y ambiental. Este artículo analiza cómo la adopción de principios de sostenibilidad económicos, sociales y ambientales en la gestión diaria de estas unidades productivas puede potenciar su permanencia, mejorar su productividad, fortalecer su vínculo con la comunidad y contribuir al desarrollo rural equitativo y duradero. **Objetivos:** el objetivo de esta investigación es explorar, a través de la evidencia disponible, cómo las microempresas agropecuarias familiares en Ecuador pueden integrar la sostenibilidad en su gestión diaria, y qué factores facilitan o dificultan esa transición, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). **Metodología:** Esta investigación adopta un enfoque mixto, de tipo exploratorio-descriptivo, combinando cualitativo y cuantitativo. El diseño principal es un estudio de casos múltiples, enfocado en microempresas agropecuarias familiares en Ecuador, seleccionadas mediante criterios definidos en el método PRISMA. **Resultados:** a través de una revisión de literatura especializada y estudios de caso en Ecuador (incluyendo la sierra central y comunidades rurales), se identifican condiciones, oportunidades y desafíos, así como recomendaciones para promover un modelo de agro-empresa sostenible y solidaria, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). **Conclusiones:** la sostenibilidad solo puede consolidarse si se fortalecen simultáneamente el capital social, la asociatividad, la justicia rural y la participación comunitaria. Estas dimensiones sociales permiten que las microempresas enfrenten de manera colectiva los desafíos ambientales y económicos, generando modelos de producción más resilientes y alineados con los ODS 2, 12, 13 y 15. **Área de estudio general:** ciencias agrarias. **Área de estudio específica:** agroecología. **Tipo de artículo:** revisión bibliográfica sistemática.

**Keywords:**

Sustainable  
management,  
agricultural  
microenterprises,

**Abstract**

**Introduction:** Family-run agricultural microenterprises constitute an essential part of Ecuador's rural productive fabric. However, they operate with limited resources in contexts of high economic, social, and environmental vulnerability. This article analyzes how adopting

sustainable  
development  
goals, rural  
development.

principles of economic, social, and environmental sustainability in the daily management of these production units can enhance their permanence, improve their productivity, strengthen their ties with the community, and contribute to equitable and sustainable rural development. **Objectives:** The objective of this research is to explore, through available evidence, how family-run agricultural microenterprises in Ecuador can integrate sustainability into their daily management, and what factors facilitate or hinder this transition, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs). **Methodology:** This research adopts a mixed-methods approach, of an exploratory-descriptive nature, combining qualitative and quantitative methods. The main design is a multiple case study, focused on family-run agricultural microenterprises in Ecuador, selected using criteria defined in the PRISMA method. **Results:** Through a review of specialized literature and case studies in Ecuador (including the central highlands and rural communities), conditions, opportunities, and challenges are identified, along with recommendations for promoting a sustainable and solidarity-based agribusiness model, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs). **Conclusions:** Sustainability can only be consolidated if social capital, associationism, rural justice, and community participation are strengthened simultaneously. These social dimensions allow microenterprises to collectively address environmental and economic challenges, generating more resilient production models aligned with SDGs 2, 12, 13, and 15. **General area of study:** agricultural sciences. **Specific area of study:** agroecology. **Article type:** systematic literature review.

## 1. Introducción

Las microempresas agropecuarias familiares constituyen una parte esencial del tejido productivo rural ecuatoriano. No obstante, operan con recursos limitados, en contextos de alta vulnerabilidad económica, social y ambiental. Este artículo analiza cómo la adopción de principios de sostenibilidad económicos, sociales y ambientales en la gestión diaria de estas unidades productivas puede potenciar su permanencia, mejorar su productividad, fortalecer su vínculo con la comunidad y contribuir al desarrollo rural equitativo y duradero. A través de una revisión de literatura especializada y estudios de

caso en Ecuador (incluyendo la sierra central y comunidades rurales), se identifican condiciones, oportunidades y desafíos, así como recomendaciones para promover un modelo de agro-empresa sostenible y solidaria, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El contexto rural en Ecuador y en gran parte de Latinoamérica está marcado por la presencia predominante de la agricultura familiar y pequeñas unidades productivas, muchas veces bajo la forma de microempresas agropecuarias. Estas estructuras familiares tienen un rol clave en la economía local, la seguridad alimentaria, el empleo rural y la conservación de tradiciones culturales (Franco-Crespo et al., 2019).

Sin embargo, dichos emprendimientos enfrentan múltiples desafíos: falta de acceso a mercados, informalidad, limitaciones tecnológicas y de riego, degradación de suelos, presión sobre recursos naturales, cambios en la estructura agraria y en los usos del suelo (Maldonado-Mina, 2025).

Ante esa realidad, adoptar una visión de sostenibilidad entendida como la interrelación armónica entre dimensiones económicas, sociales y ambientales se presenta como una estrategia viable para garantizar la viabilidad de estos emprendimientos a mediano y largo plazo (Muñoz-Menéndez et al., 2021; Burgo et al., 2019).

El objetivo de esta investigación es explorar, a través de la evidencia disponible, cómo las microempresas agropecuarias familiares en Ecuador pueden integrar la sostenibilidad en su gestión diaria, y qué factores facilitan o dificultan esa transición, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

### *1.1. Desarrollo sostenible en la agricultura: cultivando un futuro mejor para todos*

En un mundo cada vez más consciente de los desafíos medioambientales y sociales, la agricultura se erige como un pilar fundamental para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas (2016). Estos objetivos ambiciosos nos instan a repensar y transformar la forma en que producimos, distribuimos y consumimos alimentos, con el fin de garantizar un futuro equitativo y próspero para las generaciones venideras.

Una palabra muy utilizada en todas las industrias actualmente es la circularidad este término se refiere a un enfoque en el que los recursos se utilizan de manera más eficiente, se reducen los desperdicios y se promueve la reutilización y el reciclaje, creando así un ciclo continuo de uso y recuperación de materiales. Esta idea se conecta estrechamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y tiene aplicaciones significativas en el sector agrícola:

- ODS 2: Hambre Cero y Agricultura Sostenible

El ODS 2, Hambre Cero, busca no solo erradicar el hambre, sino también asegurar el acceso a una alimentación nutritiva para todos. La agricultura juega un papel crucial aquí. La promoción de prácticas agrícolas sostenibles, como la agroecología y la permacultura, no solo aumenta la productividad, sino que también respeta la biodiversidad y reduce el uso de agroquímicos dañinos. Además, fomentar la diversificación de cultivos y apoyar a los agricultores locales puede mejorar la seguridad alimentaria y reducir la dependencia de los sistemas de distribución globales (Naciones Unidas, 2016).

- ODS 12: Producción y Consumo Responsables

Este objetivo nos llama a adoptar patrones de producción y consumo más responsables. En el ámbito agrícola, esto implica minimizar el desperdicio de alimentos a lo largo de toda la cadena de suministro. La implementación de técnicas de cosecha eficiente y el desarrollo de sistemas de distribución locales ayudan a reducir las pérdidas de alimentos y a garantizar que los productos lleguen a quienes más los necesitan (Naciones Unidas, 2016).

- ODS 13: Acción por el Clima

La agricultura está estrechamente vinculada al cambio climático, pero también puede ser parte de la solución. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas ante eventos climáticos extremos. La agroforestería, por ejemplo, combina árboles con cultivos, contribuyendo a la captura de carbono y a la conservación del suelo (Naciones Unidas, 2016).

- ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres

La agricultura sostenible implica una coexistencia armoniosa con la naturaleza. El ODS 15 busca la protección, restauración y uso sostenible de los ecosistemas terrestres. La agricultura regenerativa y la práctica de técnicas de conservación del suelo ayudan a preservar la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. La promoción de la agricultura orgánica y la rotación de cultivos también contribuyen a mantener la fertilidad del suelo y a prevenir la degradación (Naciones Unidas, 2016).

### *1.2. Agricultura familiar, microempresas rurales y desarrollo rural*

La noción de agricultura familiar hace referencia a explotaciones agrícolas cuyo trabajo es realizado, en gran parte, por la familia, con fines de subsistencia o generación de ingresos (Balsa, 2012).

En Ecuador, muchos de estos emprendimientos familiares evolucionaron hacia formas de microempresa rural, buscando generar ingresos adicionales, comercializar productos y dinamizar economías locales. Estudios recientes muestran que las microempresas rurales contribuyen significativamente al desarrollo rural mediante la creación de empleo, generación de ingresos e inclusión económica en zonas rurales, aunque enfrentan retos como la informalidad, dificultad de acceso a mercados y baja coordinación institucional (Maldonado-Mina, 2025).

No obstante, esta transformación cuando adopta modelos de monocultivo o agronegocios intensivos también generó problemas ambientales, reorganizaciones socio territoriales e impacto negativo sobre la biodiversidad y los recursos naturales (Lechón & Chicaiza, 2019).

### *1.3. Sostenibilidad y prácticas agroecológicas en el agro rural*

Sostenibilidad en agricultura implica considerar no solo la productividad económica, sino también la conservación del suelo, del agua, de la biodiversidad, la equidad social, la salud de las comunidades y la viabilidad intergeneracional (Muñoz-Menéndez et al., 2021).

En ese sentido la agroecología, la diversificación de cultivos, el uso eficiente del agua, el manejo integrado de recursos, la valoración del conocimiento ancestral y tradicional, constituyen estrategias efectivas para alcanzar una agricultura sostenible (Loyola, 2016).

Por ejemplo, en un estudio en la provincia de Tungurahua se evaluaron dos fincas: una con producción diversificada de cultivos; otra combinando cultivos y crianza animal, y ambas cumplieron con criterios básicos de sostenibilidad ecológica, económica y social (Cruz et al., 2016).

Adicionalmente, un estudio reciente en la serranía central del Ecuador demuestra que la adopción de prácticas agroecológicas en la producción diversificada de hortalizas mejora la sostenibilidad alimentaria y favorece la vinculación comunitaria (Chancusig et al., 2025).

#### *1.3.1. Evaluación de sostenibilidad en fincas de Tungurahua*

En el caso del estudio “*Sustainability assessment of two systems of ecological farming in the province of Tungurahua, Ecuador*” se analizó el desempeño de dos explotaciones agropecuarias, evaluando dimensiones ecológicas, económicas y sociales. Los resultados mostraron que ambas fincas cumplían criterios de sostenibilidad, aunque con diferencias: una destacaba por su diversificación en cultivos, la otra por diversidad en producción animal (Cruz et al., 2016).

Este hallazgo sugiere que las microempresas rurales, incluso con recursos limitados, pueden alcanzar sostenibilidad si adoptan prácticas adecuadas de diversificación productiva y manejo integrado.

#### *1.4. Diversificación agrícola e irrigación tecnificada: un caso en Chimborazo*

Un estudio en la comunidad de San José de Chazo (provincia de Chimborazo) analizó un proyecto de riego tecnificado cuyo impacto en la diversificación agrícola fue significativo. Tras la implementación del sistema, la mayoría de los productores mantuvieron el riego, diversificaron sus cultivos y mejoraron sus ingresos. Esto redundó en beneficios económicos, sociales y ambientales: aumento de biodiversidad agrícola, estabilidad productiva, mejora en calidad de vida comunitaria (López et al., 2023).

Este ejemplo enfatiza cómo inversiones modestas en infraestructura (riego), combinadas con diversificación de cultivos, pueden mejorar la resiliencia de microempresas rurales y contribuir a un desarrollo sostenible local.

##### *1.4.1. Agricultura diversificada y agroecología en la serranía central*

Más recientemente en el artículo “Agroecología y sostenibilidad alimentaria: estudio de caso sobre la producción diversificada de hortalizas en vinculación con la comunidad” se documentó la implementación de prácticas agroecológicas en comunidades de la serranía central del Ecuador (región andina), con producción de hortalizas de pequeña escala, diversificada, vinculada a la comunidad. Los resultados muestran mejoras en la sostenibilidad alimentaria y potencial para consolidarse como modelo de producción comunitaria sostenible (Chancusig et al., 2025).

Este caso evidencia que la agroecología entendida como producción diversificada, uso eficiente de recursos, manejo ecológico de suelos y agua es compatible con la lógica de microempresas rurales familiares, contribuyendo no solo a su viabilidad económica, sino también a su función social y ambiental.

#### *1.5. Oportunidades para integrar sostenibilidad en microempresas agropecuarias*

Diversificación productiva: cultivos variados, producción vegetal y animal combinada, reducen riesgos, aumentan posibilidades de ingreso y mejoran resiliencia ante fluctuaciones del mercado o del clima. Como evidencian estudios en Tungurahua y Chimborazo (Cruz et al., 2016; López et al., 2023).

- Uso eficiente de recursos naturales: tecnologías sencillas como riego tecnificado, rotación de cultivos, prácticas agroecológicas, permiten maximizar uso de suelo, agua y biodiversidad, reduciendo efectos ambientales negativos (Burgo et al., 2019).

- Fortalecimiento comunitario y social: las microempresas familiares al ser gestionadas por familias y comunidades mantienen vínculos sociales, permiten empleo local, preservan conocimientos tradicionales y promueven desarrollo territorial (Franco-Crespo et al., 2019).
- Acceso a nuevos mercados y alternativas económicas: la diversificación y producción sostenible pueden abrir oportunidades en mercados locales, agro-mercados, venta directa, agroturismo, o venta de alimentos orgánicos, aumentando el valor agregado. Estudios recientes muestran interés creciente en modelos sostenibles y comunitarios que articulan producción, sostenibilidad y mercado (Maldonado-Mina, 2025; Garaicoa et al., 2023).

#### 1.6. *Desafíos y barreras para integrar sostenibilidad en microempresas agropecuarias*

- Limitaciones de infraestructura, acceso a tecnología y capital: muchas microempresas rurales carecen de riego, buenas vías de acceso, financiamiento, asistencia técnica, lo que dificulta implementar mejoras sostenibles. Esto limita la adopción de prácticas agroecológicas o diversificadas (Maldonado-Mina, 2025).
- Presión del mercado, monocultivos y agronegocios: en contextos atravesados por demandas de mercado y estructuras de agronegocio, existe tendencia a monocultivos comerciales (frutillas, flores, etc.), lo que implica riesgos ambientales, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, inequidad en comunidades (Lechón & Chicaiza, 2019).
- Falta de políticas públicas integrales y apoyo institucional: las microempresas requieren políticas de apoyo que faciliten el acceso a crédito, asistencia técnica, mercados, capacitación, regulación, infraestructura; muchas veces estos apoyos son limitados o fragmentados (Maldonado-Mina, 2025).
- Difícil evaluación y monitoreo de la sostenibilidad: medir sostenibilidad implica evaluar multidimensionalmente (económica, social, ambiental), lo que puede ser complejo para microempresas con escasos recursos y capacidades técnicas (Muñoz-Menéndez et al., 2021; Franco-Crespo et al., 2019).

## 2. Metodología

Esta investigación adopta un enfoque mixto, de tipo exploratorio-descriptivo, combinando cualitativo y cuantitativo. El diseño principal es un estudio de casos múltiples, enfocado en microempresas agropecuarias familiares en Ecuador, seleccionadas mediante criterios definidos en el método PRISMA.

### 2.1. *Justificación del diseño*

El estudio de casos múltiples permite analizar en profundidad la gestión sostenible de microempresas agropecuarias familiares, identificando prácticas, factores facilitadores y barreras. Este diseño es adecuado para explorar fenómenos complejos donde las variables no pueden ser manipuladas experimentalmente, como ocurre con la sostenibilidad en contextos reales y heterogéneos.

### 2.2. *Conexión con el objetivo*

El diseño permite cumplir el objetivo de investigación al capturar cómo se integra la sostenibilidad en la gestión diaria y cuáles son los factores que facilitan o dificultan la transición, respetando la diversidad de contextos rurales y socioeconómicos del Ecuador. Este análisis permite identificar y describir cómo se integra la sostenibilidad, qué factores la promueven o limitan, y cómo se relaciona con los ODS 2, 12, 13 y 15.

### 2.3. *Selección de literatura científica (aplicando PRISMA)*

La selección sistemática asegura que la revisión se base en evidencia confiable y relevante, fortaleciendo la validez y pertinencia de los hallazgos. Se identificaron y seleccionaron 20 artículos científicos mediante el método PRISMA, siguiendo cuatro etapas:

- a) Identificación: búsqueda en bases de datos académicas con palabras clave relacionadas con agricultura familiar, sostenibilidad, agroecología y ODS.
- b) Cribado: eliminación de duplicados y artículos irrelevantes.
- c) Elegibilidad: lectura completa de 35 textos para evaluar pertinencia.
- d) Inclusión: selección de 20 estudios que aportan evidencia sobre prácticas sostenibles y factores que influyen en microempresas agropecuarias familiares en Ecuador.

La combinación de métodos cualitativos y cuantitativos permite una triangulación de información, aumentando la validez de los resultados y permitiendo capturar tanto la complejidad social como los aspectos productivos y ambientales. Entre los indicadores cuantitativos de sostenibilidad seleccionados están:

- a) Económicos: diversificación, rentabilidad, costos.
- b) Ambientales: uso de agua, manejo del suelo, biodiversidad.
- c) Sociales: asociatividad, equidad de género, transferencia de conocimientos ancestrales.

#### 2.4. Análisis de datos

- Cualitativo: análisis temático para identificar patrones en prácticas sostenibles y barreras/facilitadores.
- Cuantitativo: construcción de indicadores de sostenibilidad por microempresa y comparación entre casos.

#### 2.5. Aplicación del método PRISMA

Aplicar el método *PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)* implica estructurar cómo se seleccionaron, incluyeron y excluyeron los estudios para la revisión.

##### 2.5.1. Identificación

Bases de datos revisadas: Scopus, *Web of Science*, Redalyc, SciELO, Repositorio FLACSO, revistas ecuatorianas (Ecociencia, Recimundo, Ciencia Latina, Bionatura).

a) Términos de búsqueda utilizados (Resultados iniciales: 86 artículos identificados).

- “agricultura familiar Ecuador”
- “microempresas agropecuarias”
- “sostenibilidad”
- “agroecología”
- combinaciones con “ODS 2”, “ODS 12”, “ODS 13”, “ODS 15”

b) Cribado (Screening) – (Artículos después de cribado: 35)

Criterios de inclusión:

- Estudios sobre microempresas o agricultura familiar en Ecuador.
- Evidencia sobre prácticas sostenibles, agroecología o innovación agrícola.
- Publicados entre 2012 y 2025.
- Acceso completo al texto.

Criterios de exclusión:

- Artículos duplicados.
- Estudios fuera del contexto ecuatoriano.
- Publicaciones sin relación con sostenibilidad o microempresas.

c) Elegibilidad (Artículos elegibles: 25)

Lectura de títulos y resúmenes para confirmar relevancia con:

- Integración de sostenibilidad en microempresas agropecuarias.
- Factores facilitadores y barreras de la transición hacia sostenibilidad.

d) Inclusión

Tras lectura completa, se seleccionaron 20 artículos que:

- Proporcionan evidencia empírica sobre prácticas sostenibles y agroecológicas en Ecuador.
- Analizan factores sociales, económicos y ambientales que afectan la sostenibilidad.
- Permiten relacionar los hallazgos con los ODS 2, 12, 13 y 15.

2.5.2. *Contribución al cumplimiento de los ODS*

Es probable que las microempresas que combinan agroecología, diversificación y asociatividad muestren mayores avances hacia:

- ODS 2: seguridad alimentaria y producción resiliente;
- ODS 12: reducción de insumos externos y uso eficiente de recursos;
- ODS 13: prácticas de adaptación climática;
- ODS 15: conservación de suelos y biodiversidad.

Finalmente, se espera generar un modelo conceptual que explique cómo se integran los factores productivos, sociales, ambientales y tecnológicos en la sostenibilidad diaria de estas microempresas.

### 3. Resultados

La investigación analiza cómo la adopción de principios de sostenibilidad económicos, sociales y ambientales en la gestión diaria de estas unidades productivas puede potenciar su permanencia, mejorar su productividad, fortalecer su vínculo con la comunidad y contribuir al desarrollo rural equitativo y duradero. La **Tabla 1** muestra la matriz comparativa de artículos científicos relacionados con sostenibilidad en microempresas agropecuarias familiares en Ecuador.

**Tabla 1**

*Matriz de artículos científicos*

Artículo	Aporte general	Relevancia para tu objetivo	Hallazgos aplicables a tu objetivo	Limitaciones según tu objetivo	ODS contribuidos
Haro et al. (2022)	Evaluación integral de sostenibilidad en agricultura familiar	Alta	Identifica debilidades productivas, recursos degradados, fortalezas sociales	Caso específico, ausencia de análisis empresarial	ODS 2,12,15
Cusme & Gaibor (2023)	Relación entre agricultura familiar y desarrollo rural sostenible	Alta	Asociatividad, falta de crédito, necesidad de diversificación	Enfoque comunitario más social	ODS 2,12,13
Espinel (2023)	Enfoque estructural de sostenibilidad y AFC	Alta	Importancia de políticas públicas, diversificación, riesgos de monocultivo	Teórico, poco operativo	ODS 2,12,15
Lechón & Chicaiza (2019)	Efectos del paso a monocultivos	Muy alta	Monocultivo reduce sostenibilidad, aumenta vulnerabilidad	No propone soluciones de transición	ODS 12,15
Espinel & Solórzano (2025)	Articulación justicia social y sostenibilidad	Media-alta	Equidad como base de sostenibilidad, necesidad de políticas	No analiza gestión microempresarial	ODS 2,12
Aguilera (2022)	Estrategias agroecológicas concretas	Muy alta	Prácticas que mejoran resiliencia, productividad y ambiente	No analiza costos o barreras de adopción	ODS 2,12,13,15
Zamora et al. (2021)	Diagnóstico del sistema de innovación agrícola	Alta	Baja articulación institucional, falta de tecnología	No enfocado en microempresas	ODS 2,12
Espinales et al. (2025)	Retos y oportunidades de agroecología	Alta	Mercado limitado, importancia de apoyo estatal	No analiza gestión diaria	ODS 2,12,13,15

**Tabla 1**

*Matriz de artículos científicos (continuación)*

Artículo	Aporte general	Relevancia para tu objetivo	Hallazgos aplicables a tu objetivo	Limitaciones según tu objetivo	ODS contribuidos
Gortaire (2017)	Historia y evolución de agroecología	Media	Procesos históricos y desafíos actuales	Enfoque macro, no operativo	ODS 12,15
Estrada-Zhagui et al. (2025)	Brechas productivas agropecuarias	Alta	Baja competitividad, falta de tecnificación	Análisis general nacional	ODS 2,12
Balsa (2012)	Caracterización y viabilidad de AFC	Media-alta	Importancia capital social, diversificación	No específico para Ecuador	ODS 2,12
Burgo et al. (2019)	Agroecología en PYMES bananeras	Media	Reducción de impacto ambiental, mejor economía	Sector bananero, difícil extrapolación	ODS 12,15
Chanencia et al. (2025)	Diversificación hortícola sostenible	Alta	Diversificación mejora resiliencia y sostenibilidad	Caso localizado	ODS 2,12,15
Cruz et al. (2016)	Evaluación de sistemas ecológicos	Alta	Sistemas ecológicos más sostenibles pero demandan mano de obra	Muestras pequeñas	ODS 2,12,13,15
Franco-Crespo et al. (2019)	Pequeños productores de leche	Media	Asociatividad, mejoras tecnológicas	Sector lácteo específico	ODS 2,12
Garaicoa et al. (2023)	Agroturismo como alternativa	Media-alta	Diversificación económica, sostenibilidad territorial	No analiza agricultura directa	ODS 12,15
López et al. (2023)	Evaluación riego tecnificado	Alta	Eficiencia hídrica, diversificación y productividad	Caso único	ODS 2,12,13
Loyola (2016)	Prácticas ancestrales y sostenibilidad	Alta	Conocimientos tradicionales mejoran resiliencia	No integra análisis empresarial	ODS 2,12,15

**Tabla 1**

*Matriz de artículos científicos (continuación)*

Artículo	Aporte general	Relevancia para tu objetivo	Hallazgos aplicables a tu objetivo	Limitaciones según tu objetivo	ODS contribuidos
Maldonado-Mina (2025)	Rol microempresas rurales	Muy alta	Microempresas dinamizan desarrollo, requieren apoyo y capacitación	No profundiza en sostenibilidad ambiental	ODS 2,12
Muñoz-Menéndez et al. (2021)	Problemas ambientales del agro	Alta	Necesidad urgente de prácticas sostenibles	General, no centrado en AFC	ODS 12,13,15

Se exploró a través de la evidencia disponible, cómo las microempresas agropecuarias familiares en Ecuador pueden integrar la sostenibilidad en su gestión diaria, y qué factores facilitan o dificultan esa transición, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Una vez analizados los artículos se establecen los siguientes puntos:

### 3.1. *Sostenibilidad en la gestión diaria de microempresas agropecuarias familiares en Ecuador*

#### 3.1.1. *Agricultura familiar y microempresas rurales en Ecuador*

La Agricultura Familiar Campesina (AFC) constituye el núcleo de la producción alimentaria en Ecuador, caracterizada por pequeñas unidades productivas basadas en mano de obra familiar, diversificación y fuerte cohesión social (Balsa, 2012; Espinel, 2023). La transición desde AFC hacia microempresas rurales generó cambios en el territorio y en la dinámica productiva, en ocasiones orientando a modelos de monocultivo con impactos en recursos naturales y soberanía productiva (Lechón & Chicaiza, 2019).

Maldonado-Mina (2025) destaca que las microempresas rurales cumplen un papel clave en el desarrollo económico local, pero requieren acompañamiento técnico, acceso a mercados y formación empresarial para lograr sostenibilidad.

#### 3.1.2. *Sostenibilidad agropecuaria y agroecología*

La literatura revisada coincide en que la agroecología es el principal camino hacia la sostenibilidad en pequeñas unidades productivas (Aguilera, 2022; Espinales et al., 2025). Los beneficios incluyen:

- Reducción de insumos externos
- Conservación del suelo y biodiversidad
- Mejora en resiliencia climática
- Incremento de la autosuficiencia alimentaria

Sin embargo, como lo describen Gortaire (2017) y Cruz et al. (2016) existen barreras importantes como:

- Limitado acceso a mercados diferenciados
- Falta de incentivos estatales
- Escaso financiamiento
- Mano de obra intensiva

### 3.1.3. Factores productivos y tecnológicos

Los estudios apuntan a brechas estructurales que afectan directamente la sostenibilidad:

- Baja tecnificación (Estrada-Zhagui et al., 2025).
- Falta de innovación agrícola y débil conexión entre instituciones y productores (Zamora et al., 2021).
- Ineficiencia del uso de recursos como agua y suelo (Haro et al., 2022).

Modelos como riego tecnificado demuestran mejoras sustanciales en productividad y diversificación (López et al., 2023).

### 3.1.4. Dimensión social: capital social, conocimientos ancestrales y justicia

La sostenibilidad en microempresas familiares no depende solo de factores técnicos, sino sociales:

- El capital social y la asociatividad fortalecen resiliencia y acceso a mercados (Cusme & Gaibor, 2023; Franco-Crespo et al., 2019).
- Los conocimientos ancestrales aportan prácticas probadas adaptadas a la diversidad agroecológica (Loyola, 2016).
- La justicia social es fundamental para sostener prácticas sostenibles y asegurar la permanencia familiar en el campo (Espinell & Solórzano, 2025).

### 3.1.5. Transición hacia sostenibilidad y ODS

La literatura converge en que la sostenibilidad puede integrarse en la gestión diaria mediante:

- Diversificación productiva (Chancusig et al., 2025).
- Agroecología y manejo de suelos (Aguilera, 2022).
- Innovación tecnológica accesible (Zamora et al., 2021).
- Nuevas fuentes de ingresos como agroturismo (Garaicoa, 2023).

Las microempresas familiares contribuyen directamente a:

- ODS 2 – Hambre cero. A través de seguridad alimentaria, diversificación y producción local.
- ODS 12 – Producción y consumo responsables. Mediante agroecología, reciclaje de nutrientes y reducción de insumos externos.
- ODS 13 – Acción climática. Por prácticas de mitigación y adaptación, como manejo de suelos, policultivos y riego eficiente.
- ODS 15 – Vida de ecosistemas terrestres. Al conservar biodiversidad, reducir deforestación y proteger suelos.

### 3.2. Agricultura familiar y microempresas agropecuarias en Ecuador

La Agricultura Familiar Campesina (AFC) constituye el eje central del sistema agroalimentario rural en Ecuador, con predominio de unidades productivas de pequeña escala, mano de obra familiar, diversificación productiva y fuerte anclaje territorial (Balsa, 2012; Espinel, 2023). La AFC se caracteriza también por una combinación de prácticas tradicionales y conocimientos empíricos transmitidos intergeneracionalmente, lo cual influye tanto en la productividad como en la resiliencia de los sistemas (Loyola, 2016).

En las últimas décadas, múltiples presiones del mercado y de actores agroexportadores impulsaron la transición de muchas explotaciones hacia modelos de monocultivo, formación de microempresas orientadas al mercado y reestructuración socio territorial (Lechón & Chicaiza, 2019). Esta transformación generó tensiones entre rentabilidad económica, seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental.

Las microempresas rurales desempeñan un papel clave en el desarrollo local, pues dinamizan economías, generan empleo y contribuyen a la movilidad social de los hogares campesinos (Maldonado-Mina, 2025). Sin embargo, su sostenibilidad depende de factores como acceso al crédito, capacitación, infraestructura productiva y articulación con cadenas de valor (Cusme & Gaibor, 2023).

### 3.2.1. *Sostenibilidad agropecuaria y transición agroecológica*

La sostenibilidad en sistemas agropecuarios familiares implica equilibrar la productividad económica con la conservación de los recursos naturales y el bienestar sociocultural (Muñoz-Menéndez et al., 2021). La agroecología se presenta como una vía estratégica para alcanzar este equilibrio, promoviendo policultivos, manejo eficiente de suelos, reducción de insumos químicos y fortalecimiento de la biodiversidad (Aguilera, 2022; Cruz et al., 2016).

En Ecuador se documentó una amplia trayectoria del movimiento agroecológico, impulsado por redes campesinas y organizaciones sociales que buscan fortalecer la soberanía alimentaria y la adaptación climática (Gortaire, 2017). Los estudios coinciden en que la adopción de prácticas agroecológicas mejora la resiliencia climática, reduce costos de producción y diversifica ingresos (Espinales et al., 2025; Chancusig et al., 2025).

No obstante, persisten desafíos significativos como la limitada disponibilidad de mercados especializados, escaso apoyo estatal, insuficiente asistencia técnica y barreras económicas para la transición (Aguilera, 2022; Espinel, 2023).

### 3.2.2. *Innovación tecnológica y gestión de recursos*

La sostenibilidad en microempresas agropecuarias requiere también procesos de innovación tecnológica y eficiencia en el uso de recursos. En Ecuador, distintos estudios evidencian brechas productivas vinculadas a baja tecnificación, limitada mecanización y poca articulación entre productores, centros de investigación y agencias de extensión (Zamora et al., 2021; Estrada-Zhagui et al., 2025).

Intervenciones como la implementación de sistemas de riego tecnificado demostró generar mejoras en la productividad, la diversificación y el uso eficiente del agua (López et al., 2023). Estos avances sugieren que la integración tecnológica puede fortalecer la sostenibilidad, siempre que exista capacitación adecuada y acceso a financiamiento.

### 3.2.3. *Dimensión social: capital social, conocimientos ancestrales y justicia rural*

El componente social es fundamental para comprender la sostenibilidad en microempresas agropecuarias. Estudios resaltan el papel del capital social — asociatividad, redes comunitarias, confianza y cooperación— como motor para mejorar acceso a insumos, mercados y procesos de innovación (Franco-Crespo et al., 2019; Cusme & Gaibor, 2023).

Asimismo, los conocimientos ancestrales y las prácticas tradicionales constituyen un activo cultural que contribuye a la gestión sostenible del territorio, especialmente en sistemas hortícolas y policultivos (Loyola, 2016).

Espinel & Solórzano (2025) sostienen que la sostenibilidad no puede desligarse de la justicia social, entendida como equidad en el acceso a recursos, mercados y toma de decisiones. Sin reconocimiento de los derechos campesinos, las estrategias de sostenibilidad se vuelven frágiles y dependientes de factores externos.

#### 3.2.4. *Sostenibilidad y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*

Los ODS brindan un marco internacional clave para analizar la sostenibilidad en microempresas agropecuarias:

- ODS 2 (Hambre Cero): diversificación productiva, seguridad alimentaria y agricultura resiliente.
- ODS 12 (Producción y Consumo Responsables): reducción de insumos químicos, agroecología, economía circular.
- ODS 13 (Acción por el Clima): adaptación climática y prácticas de manejo sostenible.
- ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres): conservación del suelo, biodiversidad y restauración ecológica.

La literatura revisada muestra que la transición sostenible en microempresas familiares puede contribuir simultáneamente a estos cuatro ODS cuando se integran prácticas agroecológicas, innovación apropiada y fortalecimiento organizativo.

#### 4. **Discusión**

Los estudios analizados permiten comprender que la sostenibilidad en microempresas agropecuarias familiares en Ecuador no depende de un único factor, sino de la interacción entre dimensiones productivas, ambientales, sociales y tecnológicas. Existe un consenso general en que la agroecología es el eje central para avanzar hacia modelos más sostenibles (Aguilera, 2022; Cruz et al., 2016), aunque su adopción requiere superar barreras relacionadas con mercados, políticas públicas y acceso a recursos (Espinel, 2023; Espinales et al., 2025).

Los trabajos coinciden también en que la diversificación productiva constituye una estrategia clave para la sostenibilidad, ya que incrementa la resiliencia ante shocks climáticos y económicos (Chancusig et al., 2025; Haro et al., 2022). En contraste el monocultivo, promovido por presiones del mercado y esquemas agroexportadores, tiende a aumentar la vulnerabilidad y degradación ambiental (Lechón & Chicaiza, 2019).

La innovación tecnológica emerge como otro elemento clave, especialmente en el manejo eficiente de recursos como el agua (López et al., 2023), pero su adopción sigue limitada por brechas estructurales y baja articulación institucional (Zamora et al., 2021). Esto

sugiere que la sostenibilidad no puede depender únicamente de prácticas productivas, sino que requiere políticas integrales de acompañamiento técnico y financiamiento.

En términos sociales, la asociatividad y el capital social fortalecen la sostenibilidad al mejorar la capacidad de negociación, el acceso a mercados y la transmisión de conocimientos (Cusme & Gaibor, 2023; Franco-Crespo et al., 2019). Asimismo, el reconocimiento de prácticas ancestrales y la búsqueda de justicia rural son condiciones necesarias para consolidar modelos sostenibles a largo plazo (Loyola, 2016; Espinel & Solórzano, 2025).

En conjunto, la evidencia indica que la integración de la sostenibilidad en la gestión diaria de microempresas agropecuarias es posible cuando convergen tres condiciones: (1) adopción de prácticas agroecológicas y diversificación; (2) fortalecimiento del capital social y acceso a innovación; y (3) políticas públicas que faciliten mercados justos, financiamiento y asistencia técnica.

## 5. Conclusiones

- El análisis integrador de literatura científica sobre agricultura familiar, sostenibilidad y microempresas rurales en Ecuador permite concluir que la transición hacia modelos agropecuarios sostenibles es un proceso complejo que depende de la interacción entre múltiples dimensiones interrelacionadas: productiva, ambiental, social, económica y tecnológica.
- En primer lugar, la evidencia muestra que las microempresas agropecuarias familiares poseen un alto potencial para avanzar hacia la sostenibilidad debido a su tamaño, la diversidad de cultivos, el uso de conocimientos ancestrales y la cohesión familiar. Sin embargo, este potencial no siempre se materializa debido a limitaciones estructurales como el acceso insuficiente a financiamiento, la escasa asistencia técnica y la débil articulación institucional.
- En segundo lugar, la agroecología emerge como la estrategia más robusta para integrar sostenibilidad en la gestión diaria, ya que promueve prácticas regenerativas, reduce costos, fortalece la biodiversidad y aumenta la resiliencia climática. Su adopción, no obstante, requiere acompañamiento estatal, mercados diferenciados y políticas que reconozcan el valor social y ambiental de la producción agropecuaria familiar.
- En tercer lugar, la innovación tecnológica demuestra ser un factor determinante para incrementar la eficiencia y diversificación, especialmente mediante sistemas de riego, mejoras en el manejo del suelo y conectividad con redes de información. Sin embargo, las brechas tecnológicas continúan siendo uno de los desafíos más profundos del sector.

- Finalmente, la sostenibilidad solo puede consolidarse si se fortalecen simultáneamente el capital social, la asociatividad, la justicia rural y la participación comunitaria. Estas dimensiones sociales permiten que las microempresas enfrenten de manera colectiva los desafíos ambientales y económicos, generando modelos de producción más resilientes y alineados con los ODS 2, 12, 13 y 15.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

Aguilera Peña, R. (2022). Estrategias agroecológicas para una agricultura sostenible.

*Revista Científica Ecociencia*, 9, 138–150.

<https://doi.org/10.21855/ecociencia.90.758>

Balsa, J. (2012). Agricultura familiar: caracterización, defensa y viabilidad. *Revista*

*Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 36(1er semestre).

[https://ciea.com.ar/uploads/files/Agricultura\\_familiar:](https://ciea.com.ar/uploads/files/Agricultura_familiar:)

Burgo Bencomo, O. B., Zambrano Morales, A. A., Izquierdo Vera, R. M., García Saltos,

M. B., Capa Benítez, L. B., & Juca Maldonado, F. (2019). Impacto de la

producción agrícola alternativa en PyMEs bananeras con enfoque agroecológico.

*Revista Espacios*, 40(4), 2.

[https://www.revistaespacios.com/a19v40n04/19400402.html?utm\\_source=chatg](https://www.revistaespacios.com/a19v40n04/19400402.html?utm_source=chatgpt.com)

[pt.com](https://www.revistaespacios.com/a19v40n04/19400402.html?utm_source=chatgpt.com)

Chancusig Espín, E. M., Guilcamaigua Paztuña, D. E., Yauli Chicaiza, G. E., & Troya

Sarzosa, J. F. (2025). Agroecología y sostenibilidad alimentaria: estudio de caso

sobre la producción diversificada de hortalizas en vinculación con la comunidad.

*Recimundo*, 9(Especial), 4–11.

[https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(esp\).mayo.2025.4-11](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(esp).mayo.2025.4-11)

Cruz, E., Quinga, E., Arnelas, I., Ibarra, E., & Risco, D. (2016). Sustainability assessment

of two systems of ecological farming in the province of Tungurahua, Ecuador.

*Livestock Research for Rural Development*, 28(7). [lrrd.cipav.org.co](http://lrrd.cipav.org.co).

- Cusme Macias, B. L., & Gaibor, R. (2023). Agricultura familiar en el desarrollo rural sostenible de la comunidad La Guayaquil, Cantón Balzar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 1079-1097.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i6.8745](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8745)
- Espinales Suarez, H. O., Orrala Icaza, M. I. ., Burgos Carpio, B. A. ., & Nieto Cañarte, C. A. (2025). Desafíos y oportunidades de la agroecología para el desarrollo socioeconómico rural en Ecuador: una revisión de los últimos cinco años. *Revista Social Fronteriza*, 5(2), e-636.  
[https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5\(2\)636](https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5(2)636)
- Espinel, R. L. (2023). La agricultura familiar campesina y su sostenibilidad. *Ecuador Debate*, 118, 117-141. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/items/6b7d253c-ff30-4cb1-8928-0a76247e7b4d>
- Espinel, R. L., & Solórzano, N. (2025). Justicia social y sostenibilidad de la agricultura familiar campesina. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 37(1), 89-103.  
<https://doi.org/10.37815/rte.v37n1.1285>
- Estrada-Zhagui, J., Mejia-Matute, S., & Pinos Luzuriaga, L. G. (2025). Brechas productivas en Ecuador: caso del sector agropecuario. *Revista Económica*, 13(2), 9-24. <https://doi.org/10.54753/rve.v13i2.2336>
- Franco-Crespo, C., Morales C., L.V., Lascano A., N.R. y Cuesta Ch., G.A. (2019). Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 30(2), 103-120.  
<https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.09>
- Garaicoa Fuentes, F., Montero Muthre, R., Rodríguez Bejarano, S., & León García, K. (2023). Agroturismo: una alternativa sostenible para el desarrollo local en San Francisco de Milagro, Guayas, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 4768-4789. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i2.5685](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5685)
- Gortaire A., R. (2017). Agroecología en el Ecuador. Proceso histórico, logros, y desafíos. *Antropología - Cuadernos de Investigación*, (17), 12-38.  
<https://doi.org/10.26807/ant.v0i17.85>
- Haro Altamirano, J. P., Osorio Rivera, M. A., Vivar Arrieta, M. A., Jácome Tamayo, S. P., & Narváez Brito, J. M. (2022). Sustainability evaluation of family farming production systems, canton Penipe, Ecuador 2021. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3).  
[https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/4331?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/4331?utm_source=chatgpt.com)

Lechón, W., & Chicaiza, J. (2019). De la agricultura familiar campesina a las microempresas de monocultivo. Reestructura socio territorial en la sierra norte del Ecuador. *Eutopía- Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 15, 193-210. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/items/444cee55-7b94-4f65-8062-2c87b17e6a11>

López Valverde, E. I., Roman Robalin, D. A., Tapia Ramírez, C. S., Muñoz Jácome, E. A., Guilcapi-Pacheco, E. D., González Valdez, K. M., & Granja Guato, D. F. (2023). Evaluación ex-post del proyecto de riego tecnificado para la diversificación agrícola en la comunidad de San José de Chazo, cantón Guano, año 2022. *Bionatura*, 8(3), 1-10. <https://revistabionatura.org/files/2023.08.03.46.pdf>

Loyola I., J., (2016). Conocimientos y prácticas ancestrales y tradicionales fortalecen la sustentabilidad de los sistemas hortícolas de la parroquia de San Joaquín . *La Granja - Revista de Ciencias de la Vida*, 24(2), 29-42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476051632002>

Maldonado-Mina, J. L. (2025). El papel de las microempresas rurales en el fortalecimiento del desarrollo rural: una mirada desde el contexto ecuatoriano. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(1), 340–353. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/894>

Muñoz-Menéndez, M. B., Puente-Padilla, G., & Soto-Cevallos, J. A. (2021). Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 4(8), 2–7. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/369>

Naciones Unidas. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>

Zamora Boza, S., Espinoza Herrera, X., San Andrés Reyes, P., & Moreno Silva, A. (2021). Sistemas de innovación agrícola: una mirada a la situación del sector agrícola ecuatoriano. *Revista Científica Ecociencia*, 8, 237–254. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.647>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Inteligencia artificial y herramientas de edición de imágenes

### *Artificial intelligence and image editing tools*

- <sup>1</sup> Freddy Javier Palacios Shinin  <https://orcid.org/0000-0002-9355-0575>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[fjpalacios@unach.edu.ec](mailto:fjpalacios@unach.edu.ec)
- <sup>2</sup> Antoni Neptalí Vaca Cárdenas  <https://orcid.org/0009-0006-2344-9638>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[neptali.vaca@unach.edu.ec](mailto:neptali.vaca@unach.edu.ec)
- <sup>3</sup> Andrés Sebastián Murillo Pinos  <https://orcid.org/0000-0003-3066-5057>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[andres.murillo@unach.edu.ec](mailto:andres.murillo@unach.edu.ec)
- <sup>4</sup> Cristian Paul Erazo Tapia  <https://orcid.org/0009-0004-8553-5342>  
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.  
[cristian.erazo@unach.edu.ec](mailto:cristian.erazo@unach.edu.ec)



#### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/11/2025

Revisado: 10/12/2025

Aceptado: 05/01/2026

Publicado: 27/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3597>

#### Cítese:

Palacios Shinin, F. J., Vaca Cárdenas, A. N., Murillo Pinos, A. S., & Erazo Tapia, C. P. (2026). Inteligencia artificial y herramientas de edición de imágenes.

*ConcienciaDigital*, 9(1), 65-96. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3597>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Inteligencia Artificial, edición digital, comunicación visual, periodismo, Redes Generativas Adversariales (GAN).

**Resumen**

**Introducción:** la Inteligencia Artificial (IA) y las herramientas de edición digital de imágenes transformo de manera significativa el periodismo, la comunicación visual y el diseño contemporáneo. El documento analiza cómo estas tecnologías optimizaron los procesos de producción visual, permitiendo desde la restauración automática de imágenes hasta la generación de contenidos hiperrealistas mediante modelos avanzados como las Redes Generativas Adversariales (GAN). **Objetivos:** analizar el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) y las herramientas de edición digital de imágenes en el periodismo, la comunicación visual y el diseño contemporáneo, evaluando tanto sus aportes a la optimización y creatividad en la producción visual como los riesgos asociados a la manipulación de contenidos, la desinformación y los desafíos éticos, legales y educativos, con especial énfasis en el contexto ecuatoriano. **Metodología:** enfoque cualitativo, de carácter descriptivo analítico, orientado a comprender e interpretar el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) y las herramientas de edición digital de imágenes en el periodismo, la comunicación visual y el diseño contemporáneo. Se adoptó un diseño documental y de análisis de contenido, que posibilitó el examen sistemático de fuentes académicas, normativas y profesionales relacionadas con la aplicación de la IA en la producción visual, la manipulación de imágenes y los fenómenos de desinformación, como los deepfakes. **Resultados:** el texto expone cómo la democratización de herramientas basadas en IA incremento el riesgo de desinformación, al dificultar la distinción entre imágenes auténticas y contenidos sintéticos. Frente a este escenario, se destacan métodos técnicos de detección, como el análisis de ruido forense y las incoherencias audiovisuales, que buscan preservar la integridad de la información visual. Finalmente, el documento aborda las implicaciones éticas, legales y educativas del uso de la IA en la edición de imágenes. **Conclusiones:** se subraya la necesidad de establecer lineamientos éticos claros, promover la transparencia en los procesos automatizados y fortalecer la alfabetización mediática. En el contexto ecuatoriano, se reconoce un avance progresivo, aunque persisten desafíos relacionados con la brecha digital, la regulación y la confianza del público en los contenidos generados por inteligencia artificial. **Área de estudio general:** Comunicación.

**Área de estudio específica:** Imagen Digital. **Tipo de estudio:** original.

**Keywords:**

Artificial Intelligence, digital edition, visual communication, journalism, Generative Adversarial Networks (GAN).

**Abstract**

**Introduction:** Artificial Intelligence (AI) and digital image editing tools significantly transformed journalism, visual communication, and contemporary design. The paper analyzes how these technologies optimized visual production processes, allowing everything from automatic image restoration to the generation of hyper-realistic content using advanced models such as Generative Adversarial Networks (GANs). **Objectives:** to analyze the impact of Artificial Intelligence (AI) and digital image editing tools on journalism, visual communication, and contemporary design, evaluating both their contributions to optimization and creativity in visual production and the risks associated with content manipulation, misinformation, and ethical, legal, and educational challenges. with special emphasis on the Ecuadorian context. **Methodology:** qualitative approach, of an analytical descriptive nature, aimed at understanding and interpreting the impact of Artificial Intelligence (AI) and digital image editing tools on journalism, visual communication, and contemporary design. A documentary and content analysis design was adopted, which enabled the systematic examination of academic, normative, and professional sources related to the application of AI in visual production, image manipulation and disinformation phenomena, such as deepfakes. **Results:** the text exposes how the democratization of AI-based tools increased the risk of misinformation, by making it difficult to distinguish between authentic images and synthetic content. Faced with this scenario, technical detection methods stand out, such as forensic noise analysis and audiovisual inconsistencies, which seek to preserve the integrity of visual information. Finally, the paper addresses the ethical, legal, and educational implications of using AI in image editing. **Conclusions:** the need to establish clear ethical guidelines, promote transparency in automated processes and strengthen media literacy is highlighted. In the Ecuadorian context, progressive progress is recognized, although challenges related to the digital divide, regulation, and public trust in AI-generated content remain. **General area of study:** Communication. **Specific area of study:** Digital Imaging. **Type of study:** original.

## 1. Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) y las herramientas digitales para edición de imágenes, transformaron significativamente el panorama del periodismo, mejorando tanto los procesos de producción como las consideraciones éticas en torno a la narración visual. Las herramientas digitales y de IA se volvió esenciales para optimizar el trabajo de los periodistas, permitiéndoles manipular imágenes y crear contenidos interactivos de forma más eficiente. El paso de lo analógico a lo digital marca la necesidad de que los periodistas se adapten a las nuevas tecnologías y metodologías que introducen estos avances (Miranda et al., 2023).

El papel de lo digital y la IA en la narrativa evoluciono, sobre todo en el ámbito de la narración visual, donde ayuda a generar relatos coherentes a partir de secuencias de imágenes. Esta capacidad no sólo mejora el proceso de narración, sino que también permite la creación automática de narraciones que resuenan con el público (Renzi et al., 2023). Estos sistemas aprovechan los datos abiertos enlazados y las redes neuronales profundas para crear historias convincentes que atraen a los espectadores a múltiples niveles, lo que demuestra el potencial de la IA para revolucionar la forma de contar historias a través de imágenes (Renzi et al., 2023).

Sin embargo, la incorporación de la IA y la edición de imágenes al fotoperiodismo no está exenta de dificultades, sobre todo en lo que respecta a las consideraciones éticas. Su uso plantea importantes dilemas éticos, como las cuestiones relacionadas con la privacidad, la seguridad y el posible sesgo algorítmico. Las implicaciones van más allá de los meros avances técnicos; afrontan las nociones tradicionales de autoría y autenticidad en los medios visuales (Zhou, 2022). A medida que se popularizan los contenidos generados por IA, se hace cada vez más urgente la necesidad de lineamientos éticos que aborden estos retos y garanticen la integridad de las prácticas periodísticas (Zhou, 2022).

El objetivo del presente trabajo es analizar el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) y las herramientas de edición digital de imágenes en el periodismo, la comunicación visual y el diseño contemporáneo, evaluando tanto sus aportes a la optimización y creatividad en la producción visual como los riesgos asociados a la manipulación de contenidos, la desinformación y los desafíos éticos, legales y educativos, con especial énfasis en el contexto ecuatoriano.

### *1.1. Utilización de inteligencia artificial y herramientas de edición de fotos en los medios de comunicación a nivel mundial*

La integración de la IA en los medios revoluciono el procesamiento visual, permitiendo corregir el deterioro y las distorsiones de color de manera automatizada. Según Buryk

(2024) aunque esta evolución facilita la creación de imágenes estéticamente superiores, también genera una creciente preocupación por la autenticidad y la proliferación de contenidos manipulados.

El auge de la IA generativa, impulsada por modelos de difusión y Redes Generativas Adversariales (GAN), democratizaron la creación de *deepfakes*. Esta facilidad de acceso permite una manipulación masiva en diversas plataformas, desafiando la veracidad de la información visual (Punnappurath et al., 2024). Ante este escenario, es urgente desarrollar técnicas de detección basadas en aprendizaje profundo que identifiquen falsificaciones y protejan la integridad de la imagen en la era digital (Zanardelli et al., 2022).

### 1.2. Deepfake

La tecnología deepfake, término que une *deep learning* y *fake*, permite crear medios sintéticos hiperrealistas mediante Redes Generativas Adversariales (GAN). Estos algoritmos sintetizan imagen, vídeo y audio para representar a personas en situaciones ficticias con una convicción alarmante (Westerlund, 2019; Maras & Alexandrou, 2018).

Este avance plantea un "infopocalipsis", donde la dificultad para distinguir la verdad de la falsedad socava la confianza en los contenidos audiovisuales (Fallis, 2020; Twomey et al., 2023). Éticamente, es un arma de doble filo: mientras permite usos creativos en el entretenimiento y la sátira, también facilita acciones graves como la difamación, la pornografía no consentida y la manipulación política (Kaan & Kılıç, 2023; Vaccari & Chadwick, 2020).

Ante este panorama, el marco legal evoluciona buscando un equilibrio entre la libertad de expresión y la protección de derechos individuales (Kaan & Kılıç, 2023). Es imperativo que tecnólogos, periodistas y legisladores colaboren en el desarrollo de métodos de detección robustos y normativas que mitiguen el uso malicioso de esta tecnología (Mukta et al., 2023).

### 1.3. Cómo identificar Deepfakes

La detección de medios sintéticos es hoy una prioridad debido al avance tecnológico. Un método clave es el análisis de incoherencias audiovisuales, el cual identifica desajustes entre los movimientos de los labios y el audio. Este enfoque aprovecha que los *deepfakes* a menudo fallan al sincronizar con precisión los patrones del habla humana (Korshunov & Marcel, 2019). Complementariamente, el análisis de regiones faciales permite centrarse en rasgos específicos del rostro que suelen ser el blanco principal de la manipulación (Alanazi et al., 2024).

Por otro lado, el aprendizaje profundo permitió desarrollar sistemas basados en la detección de ruido. Al analizar tanto el rostro como el fondo en cada fotograma, es posible

extraer rastros de "ruido forense" que diferencian los vídeos auténticos de los generados artificialmente, aumentando significativamente la fiabilidad de los procesos de verificación (Wang & Chow, 2023).

#### *1.4. Las Redes Generativas Adversariales (GAN) en el periodismo*

Las Redes Generativas Adversariales (GAN) transformaron el periodismo mediante su estructura dual: un generador que crea datos sintéticos y un discriminador que evalúa su autenticidad. Esta tecnología permite generar imágenes y vídeos hiperrealistas que enriquecen la narrativa periodística (Wang et al., 2023a; Amirian et al., 2022). No obstante, esta capacidad conlleva el riesgo de crear noticias falsas, dificultando que el público distinga entre realidad y ficción (Abdali et al., 2021).

Paradójicamente, las GAN también sirven para combatir la desinformación. Modelos como el SS-GAN-PLM se emplean para detectar y moderar discursos de odio en múltiples idiomas, filtrando contenidos nocivos que amenazan la cohesión social (Mnassri et al., 2024).

El auge de los *deepfakes* en contextos políticos subraya la urgencia de establecer marcos éticos sólidos para prevenir la manipulación de la opinión pública (Hsu et al., 2020). Ante este escenario, es vital promover la alfabetización mediática. Los consumidores deben recibir formación para evaluar críticamente la autenticidad de los medios, fomentando una audiencia capaz de discernir las limitaciones del contenido generado por IA (McCloskey & Albright, 2019; Hsu et al., 2020).

#### *1.5. IA y Edición en los medios de comunicación de Ecuador*

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en los medios ecuatorianos sigue la tendencia global de revolucionar el periodismo y el marketing, aunque aún se encuentra en una fase inicial. Su mayor impacto se observa en redes sociales, donde algoritmos personalizan contenido y filtran información (Mohamed et al., 2024). A nivel académico, la adopción es limitada, destacando la Universidad Nacional de Chimborazo, que ya integra la IA en su currículo de comunicación (Aparicio-Izurrieta, 2024).

En el ámbito periodístico, la IA automatiza tareas rutinarias y análisis de datos, permitiendo a los profesionales enfocarse en reportajes complejos (Gutiérrez-Caneda, 2023). No obstante, su implementación en Ecuador genera debates éticos sobre la precisión y la falta de empatía humana en los contenidos automatizados (Moran & Shaikh, 2022).

Por otro lado, el marketing digital en el país aprovecha la IA para mejorar la segmentación y entender el comportamiento del consumidor, aumentando la eficiencia operativa (Ziakos & Vlachopoulou, 2023; Krajčovič, 2024). Pese a este potencial, persisten desafíos críticos

como la brecha digital, la falta de alfabetización tecnológica y la desconfianza del público hacia los contenidos generados por máquinas (Cruz-Páez et al., 2023; Heim & Chan, 2023).

### *1.5. Ética en la IA y edición de imágenes periodísticas*

El periodismo es fundamental para moldear la percepción pública, especialmente en crisis humanas. Por ello, la edición de imágenes mediante IA exige un equilibrio ético entre documentar el dolor y evitar la mercantilización del trauma (Calain, 2013). Autores como Mäenpää (2021) sugieren que las organizaciones deben aplicar marcos de ética compartida para transmitir la gravedad de los hechos sin explotar a los sujetos.

Con el auge de la IA, las directrices se centran en la autenticidad e integridad. Láb et al. (2019) subrayan que las normas éticas son vitales para guiar al fotoperiodista ante la manipulación digital, un dilema que, aunque presente desde la era analógica (Mulcahy, 2018), se intensifica con las nuevas tecnologías.

Las implicaciones éticas de la IA en la edición se dividen en tres áreas críticas. En primer lugar tenemos la transparencia; aquí, muchos algoritmos operan como "cajas negras". Para evitar la desconfianza, los medios deben informar a la audiencia cuándo y cómo se utiliza la IA en el contenido visual (Ali & Hassoun, 2019). Tenemos además los sesgos algorítmicos, donde la IA puede replicar prejuicios sociales de sus datos de entrenamiento, estereotipando a ciertos grupos. Es imperativo usar conjuntos de datos diversos y pruebas rigurosas para garantizar la imparcialidad (Hermansyah et al., 2023). Finalmente, el área de la desinformación, la cual tiene la capacidad de crear imágenes hiperrealistas difumina la frontera entre realidad y ficción. Esto obliga a los medios a aplicar normas estrictas que protejan la veracidad y eviten la difusión de narrativas fabricadas (Rubio & Ruiz, 2021).

### *1.6. Herramientas de IA en la edición de imágenes*

La IA revolucionó la edición de atributos, especialmente en la industria de la moda, donde permite alterar estilos y colores manteniendo la integridad de la prenda. Aunque es vital para el comercio electrónico, persisten retos técnicos como la generación de detalles redundantes o faltantes (Wang et al., 2024; Ping et al., 2019).

En el procesamiento fotográfico, el uso de redes neuronales destaca en la restauración de imágenes, corrigiendo distorsiones de color y daños físicos. Esta automatización mejora la precisión y optimiza el tiempo tanto en la fotografía personal como en medios profesionales (Buryk, 2024).

Sin embargo, el fácil acceso a estas potentes herramientas facilita la creación de imágenes falsas. Para combatir esta falta de autenticidad, se desarrolló métodos de detección

avanzados, como el análisis del nivel de error mediante redes neuronales convolucionales (Zanardelli et al., 2022; Gupta et al., 2022).

Finalmente, la tecnología text-to-image (texto a imagen) cerro la brecha entre el lenguaje natural y el contenido visual, potenciando la creatividad en arquitectura y diseño (Wang et al., 2024). No obstante, esta capacidad genera nuevos debates éticos sobre la autoría y originalidad de las obras generadas (Arya & Sharma, 2023).

### 1.7. Leonardo

Originalmente, Leonardo se concibió como un sistema para crear presentaciones animadas educativas. A través de su componente constructor, ofrece una interfaz visual y una biblioteca Java que permite generar animaciones manuales o automatizadas, exportables en formatos como Flash o GIF (Wang, 2024).

En su evolución actual, Leonardo AI destaca como una herramienta de generación de imágenes mediante algoritmos avanzados. Su capacidad para transformar descripciones textuales en visuales de alta precisión es clave para sectores como el desarrollo de videojuegos independientes, donde optimiza recursos y acelera la producción bajo plazos ajustados (Qin, 2023).

En el periodismo y las artes, esta herramienta actúa como un socio creativo que reduce los tiempos de posproducción y permite explorar estilos complejos que antes eran inviábiles con métodos tradicionales (Liao & Ji, 2023; Chi, 2024).

Finalmente, en el ámbito educativo, Leonardo AI se aplica en la enseñanza de la arquitectura para generar representaciones visuales históricas. Esto facilita que los estudiantes comprendan conceptos abstractos y contextos históricos de manera más interactiva y dinámica (Fareed et al., 2024).

### 1.8. Freepik

Freepik es una plataforma orientada al diseño gráfico que integra una vasta biblioteca de vectores, fotos y plantillas personalizables. Su interfaz intuitiva permite a usuarios, desde principiantes hasta expertos, manipular imágenes y ajustar colores sin conocimientos técnicos profundos, facilitando la creación rápida de diseños profesionales (Liu et al., 2015).

Además de la edición individual, Freepik fomenta el trabajo colaborativo. Esta función permite que equipos creativos trabajen simultáneamente en proyectos y reciban comentarios en tiempo real, lo que optimiza la productividad y agiliza la respuesta a las necesidades del cliente (Haeussler et al., 2016).

Con la integración de la Inteligencia Artificial, la plataforma evoluciona para ofrecer sugerencias de diseño personalizadas. Mediante el análisis del comportamiento y las preferencias del usuario, la IA adapta las recomendaciones de recursos y herramientas, mejorando la experiencia del público y asegurando que los resultados cumplan con requisitos creativos diversos (Barriga-Fray et al., 2025).

### 1.9. Gio

Gio IA es una herramienta avanzada que utiliza Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) y aprendizaje automático para optimizar la escritura académica y creativa. A diferencia de los métodos tradicionales, ofrece retroalimentación inmediata sobre gramática, estilo y coherencia, minimizando los prejuicios personales de un editor humano (Dávila-Eskola et al., 2025).

Más allá de correcciones básicas, Gio IA actúa como un asistente integral que mejora la calidad y productividad. Es especialmente valioso para Estudiantes de Inglés como Lengua Extranjera (EFL), al proporcionar sugerencias contextuales personalizadas que refuerzan sus habilidades lingüísticas (Dávila-Eskola et al., 2025).

Sin embargo, su uso conlleva riesgos éticos y cognitivos. La dependencia excesiva de las sugerencias de la IA puede limitar la creatividad y el pensamiento crítico de los usuarios (McCloskey & Albright, 2019). Por ello es fundamental equilibrar la eficiencia de la herramienta con el desarrollo de las habilidades de escritura propias para evitar que el contenido generado por IA se perciba como una autoridad incuestionable (Hsu et al., 2020).

### 1.9. Remini

Remini IA es una aplicación especializada en la recuperación de fotografías mediante algoritmos que aumentan la escala de las imágenes, reducen el ruido y restauran detalles perdidos por baja resolución o el paso del tiempo. Su tecnología se basa en redes neuronales que aprenden de vastos conjuntos de datos para identificar patrones visuales con alta precisión.

El núcleo técnico de Remini son las Redes Generativas Adversariales (GAN), que permiten generar versiones de alta fidelidad a partir de entradas degradadas, marcando un hito en la restauración digital (Stepanov, 2024; Marathe et al., 2022).

Esta herramienta trasciende la fotografía convencional, aplicándose con éxito en sectores como la radiología, donde mejora la claridad de las exploraciones médicas y diagnósticas (Hosny et al., 2018). El uso de Remini refleja una tendencia hacia la automatización, permitiendo a los usuarios obtener resultados profesionales con un esfuerzo mínimo en el procesamiento de imágenes.

### 1.10. Photoshop

Adobe Photoshop es la herramienta líder en manipulación digital, con aplicaciones que van desde el diseño gráfico hasta la medicina. En el ámbito clínico, permite analizar ecografías y TAC, medir estructuras anatómicas mediante detección de límites y evaluar la calidad muscular (Wang et al., 2024; Harris-Love et al., 2016). Su compatibilidad con el formato DICOM lo hace indispensable para el diagnóstico por imagen (Mandell et al., 2017).

En el periodismo y el arte, Photoshop facilita la creación de fotomontajes complejos y la corrección de iluminación, permitiendo una producción visual de alta calidad (Peskersoy et al., 2014).

Con la integración de la IA, funciones como los *Neural Filters* y *Face-Aware Liquify* automatizan tareas que antes requerían horas de esfuerzo manual (Buryk, 2024). Además, la incorporación de IA generativa permite editar imágenes mediante descripciones textuales, democratizando el acceso al diseño profesional para usuarios de todos los niveles (Eleyan & Alboghbaish, 2024; Oppenlaender, 2022). Finalmente, la herramienta también desarrolla capacidades para detectar manipulaciones, garantizando la autenticidad visual en un entorno digital crítico (Mareen et al., 2023).

### 1.11. Chat GPT

El uso de IA conversacional en la edición de imágenes representa un avance clave en la interacción humano-computadora. Herramientas como ChatGPT permiten un proceso intuitivo donde los usuarios crean y modifican visuales mediante lenguaje natural. Este concepto de "edición conversacional" facilita el acceso a personas sin experiencia previa en software de edición tradicional (Manuvinakurike et al., 2018).

Estudios sobre modelos basados en lenguaje demuestran que el uso de redes recurrentes permite realizar tareas complejas como la segmentación y colorización eficaz de imágenes a partir de descripciones textuales (Chen et al., 2018). En última instancia, la IA mejora el resultado final al interpretar con mayor precisión las instrucciones del usuario, transformando el diálogo en comandos visuales técnicos.

### 1.12. Playground IA

Playground IA es una plataforma en línea que utiliza Redes Generativas Adversariales (GAN) y modelos de difusión para la creación y edición de imágenes. Su función principal permite transformar descripciones textuales en representaciones visuales mediante algoritmos de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN), facilitando la aplicación de diversos estilos artísticos y la modificación de archivos existentes.

Un aspecto distintivo de esta herramienta es su enfoque en el realismo y la coherencia. Para ello, implementa mecanismos de atención progresiva que permiten editar atributos específicos —como rasgos faciales— sin alterar la integridad del resto de la imagen (He et al., 2020; Liu et al., 2023). Al equilibrar la estética con la naturalidad, Playground IA logra producir resultados visualmente atractivos y contextualmente precisos (Le et al., 2022).

### 1.13. Canva

La integración de la IA en Canva transformo el diseño gráfico, haciéndolo accesible para usuarios sin conocimientos técnicos. Su plataforma destaca por una interfaz intuitiva y una vasta biblioteca de recursos que permiten generar contenido profesional con mínimo esfuerzo (Syahputri & Nugraha, 2024).

Sus funciones impulsadas por IA, como la eliminación de fondos, el guardado automático y las sugerencias de diseño personalizadas, optimizan la eficiencia y la experiencia del usuario. Estas herramientas son especialmente valiosas en el ámbito educativo, permitiendo a docentes y alumnos crear materiales didácticos atractivos, como infografías y presentaciones (Saraswati et al., 2025).

Más allá de la funcionalidad, Canva IA actúa como un catalizador de la alfabetización digital. Al priorizar la creatividad sobre la técnica, mejora la motivación y las habilidades visuales de los estudiantes, fomentando un entorno de innovación y autoexpresión (Syahputri & Nugraha, 2024). En definitiva, la plataforma facilita la resolución creativa de problemas y el desarrollo de competencias críticas en la era digital.

### 1.14. Adobe Firefly IA

Adobe Firefly es una herramienta de IA generativa que permite crear y manipular imágenes mediante indicaciones de texto (*prompts*). Su diseño se enfoca en mejorar la productividad y facilitar procesos creativos de alta calidad para diseñadores, periodistas y artistas (Satrinia et al., 2023).

Al igual que modelos como DALL-E o Midjourney, Firefly destaca por generar imágenes fotorrealistas de forma rápida. Esta automatización permite a los usuarios explorar múltiples posibilidades visuales sin requerir conocimientos técnicos avanzados, fomentando así la innovación y el ahorro de tiempo (Satrinia et al., 2023).

Un aspecto distintivo es la neutralidad emocional que genera en sus usuarios; a diferencia de otras herramientas, Firefly se percibe como una utilidad práctica que no induce reacciones negativas, lo cual favorece la concentración en entornos profesionales (Casteleiro-Pitrez, 2024).

Finalmente, la plataforma permite refinar y personalizar los resultados, garantizando el toque individual necesario en el diseño gráfico. Al integrar estas funciones avanzadas, Adobe democratiza el acceso al diseño de alto nivel, permitiendo que una audiencia más diversa participe en la creación de contenidos visuales complejos (Satrini et al., 2023).

## 2. Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de carácter descriptivo analítico, orientado a comprender e interpretar el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) y las herramientas de edición digital de imágenes en el periodismo, la comunicación visual y el diseño contemporáneo. Este enfoque permitió analizar significados, percepciones, prácticas profesionales y debates éticos asociados al uso de estas tecnologías, con énfasis en el contexto ecuatoriano.

Se adoptó un diseño documental y de análisis de contenido, que posibilitó el examen sistemático de fuentes académicas, normativas y profesionales relacionadas con la aplicación de la IA en la producción visual, la manipulación de imágenes y los fenómenos de desinformación, como los deepfakes.

La información se recopiló mediante:

- Revisión bibliográfica de artículos científicos, libros, informes técnicos y documentos institucionales publicados en bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, Google Scholar y repositorios universitarios.
- Análisis de documentos normativos y éticos, incluyendo marcos legales, códigos deontológicos del periodismo y lineamientos sobre el uso de IA en la comunicación visual.
- Estudio de casos cualitativos, centrado en ejemplos relevantes de uso de IA en medios digitales y proyectos visuales, tanto a nivel internacional como en Ecuador.

Las fuentes fueron seleccionadas considerando los siguientes criterios:

- Relevancia temática con relación a IA, edición de imágenes, periodismo y comunicación visual.
- Actualidad de las publicaciones (preferentemente de los últimos 5 a 10 años).
- Rigor académico y reconocimiento institucional.
- Pertinencia al contexto latinoamericano y ecuatoriano.

Se aplicó un análisis de contenido cualitativo, mediante un proceso de codificación temática. Las categorías de análisis incluyeron:

- Optimización de procesos de producción visual.

- Creatividad y narrativas visuales mediadas por IA.
- Manipulación de imágenes y deepfakes.
- Desinformación y credibilidad mediática.
- Implicaciones éticas, legales y educativas.
- Desafíos y oportunidades en el contexto ecuatoriano.

El análisis permitió identificar patrones, tensiones y convergencias entre los distintos enfoques teóricos y prácticos abordados en las fuentes.

### 3. Resultados


la Inteligencia Artificial (IA) y las herramientas de edición digital de imágenes generaron una transformación significativa en el periodismo, la comunicación visual y el diseño contemporáneo, particularmente en los procesos de producción de contenidos visuales.

En la **Tabla 1** se presentan una serie de imágenes generadas con distintas aplicaciones y software de edición de imágenes, donde en primer lugar se identifica que la implementación de IA optimiza los flujos de trabajo, reduce tiempos de producción y facilita el acceso a herramientas de diseño y edición a usuarios con distintos niveles de formación técnica. Se constata que estas tecnologías amplían las posibilidades creativas y narrativas, permitiendo la generación de imágenes más atractivas, personalizadas y adaptadas a diversos formatos y plataformas digitales.

En segundo lugar el análisis revela la existencia de riesgos relevantes asociados a la manipulación visual, especialmente a través de fenómenos como los *deepfakes* y los contenidos sintéticos, los cuales pueden afectar la credibilidad de los medios y favorecer la desinformación. En este sentido existe una tensión entre innovación tecnológica y veracidad informativa, así como la necesidad de fortalecer mecanismos de detección y verificación de imágenes generadas o alteradas mediante IA.

**Tabla 1**

*Análisis técnico de imágenes en redes sociales*

Imagen	Concepto de imagen	Retoque	IA	Montajes
	Oveja con signos de rabia		x	



**Tabla 1**

*Análisis técnico de imágenes en redes sociales (continuación)*

Imagen	Concepto de imagen	Retoque	IA	Montajes
	Persona privada de libertad	x	x	x
	Persona privada de libertad con animales alrededor	x	x	
	Siluetas de persona provocando un incendio		x	

**Tabla 1**

*Análisis técnico de imágenes en redes sociales (continuación)*

Imagen	Concepto de imagen	Retoque	IA	Montajes
	Personas a contraluz cargando banderas		x	
	Persona en un ático		x	x

En la **Tabla 2** las imágenes ponen en evidencia vacíos normativos y desafíos éticos en el uso de la IA aplicada a la edición de imágenes en el contexto ecuatoriano. Esto incluye la falta de lineamientos claros sobre transparencia, autoría, derechos de uso y responsabilidad en la difusión de contenidos visuales generados por sistemas automatizados.

Todas las imágenes de la **Tabla 2** requirieron un *prompt* exacto para poder alcanzar el resultado deseado, al momento de renderizar el producto final las piezas gráficas pueden parecerse, pero muy difícilmente se podrán repetir, ya que el algoritmo que utiliza la Inteligencia Artificial se basa en detalles diferentes y no repetitivos para su creación.

**Tabla 2**

*Análisis procesal de imágenes en redes sociales*

Imagen	Descripción
	<p>Imagen creada a través de un prompt que detalle a un borrego con cara de ira y envuelto en fondo de llamas en color naranja y negro. Posibles aplicaciones utilizadas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leonardo</li> <li>• Freepik</li> <li>• Gio</li> <li>• Remini</li> <li>• Photoshop</li> <li>• Gpt</li> <li>• Playground</li> <li>• Canva</li> <li>• Adobe Firefly</li> </ul>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="316 972 469 1055"> <p>cara de un borrego con rabia con fondo en llamas de color naranja y negro</p> </div> <div data-bbox="517 972 676 1055"> <p>face of a sheep with rage with background in orange and black flames</p> </div> </div>	<p>El prompt de preferencia se lo debería redactar en inglés</p> <p>face of a sheep with rage with background in orange and black flames</p>
	<p>Las opciones que brinda la aplicación dependerán de la versión gratuita o de paga que se disponga ofreciendo una variedad de imágenes para continuar con la composición. Posteriormente se sube la imagen del rostro de referencia o el montaje necesario para alcanzar el resultado esperado.</p>
	<p>Imagen creada a través de un prompt que detalle a una persona privada de libertad acostado sobre mantas sucias, se toma como referencia los rasgos faciales con la subida de imagen de un rostro existente, posteriormente se procede a elaborar el montaje de las pastillas que se observan en la composición, generando sombras para lograr fotorrealismo. Posibles aplicaciones utilizadas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leonardo</li> <li>• Freepik</li> <li>• Gio</li> <li>• Remini</li> <li>• Photoshop</li> <li>• Gpt</li> <li>• Playground</li> <li>• Canva</li> </ul> <p>Adobe Firefly</p>

**Tabla 2**

*Análisis procesal de imágenes en redes sociales (continuación)*

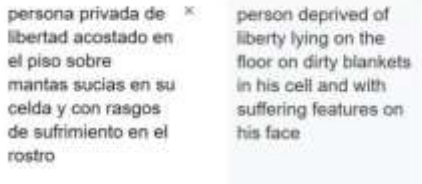


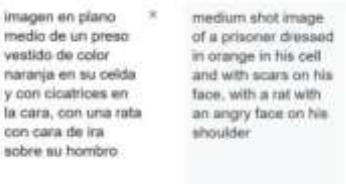

Imagen	Descripción
<p>persona privada de libertad acostado en el piso sobre mantas sucias en su celda y con rasgos de sufrimiento en el rostro</p> 	<p>El prompt de preferencia se lo debería redactar en inglés</p> <p>person deprived of liberty lying on the floor on dirty blankets in his cell and with suffering features on his face</p>
	<p>Las opciones que brinda la aplicación dependerán de la versión gratuita o de paga que se disponga ofreciendo una variedad de imágenes para continuar con la composición. Posteriormente se sube la imagen del rostro de referencia o el montaje necesario para alcanzar el resultado esperado.</p>
	<p>Imagen creada a través de un prompt que detalle un plano medio de un preso vestido de color naranja en su celda y con cicatrices en la cara, con una rata con cara de ira sobre su hombro, generando sombras para lograr fotorrealismo. Posibles aplicaciones utilizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leonardo</li> <li>• Freepik</li> <li>• Gio</li> <li>• Remini</li> <li>• Photoshop</li> <li>• Gpt</li> <li>• Playground</li> <li>• Canva</li> <li>• Adobe Firefly</li> </ul>
<p>imagen en plano medio de un preso vestido de color naranja en su celda y con cicatrices en la cara, con una rata con cara de ira sobre su hombro.</p> 	<p>El prompt de preferencia se lo debería redactar en inglés</p> <p>medium shot image of a prisoner dressed in orange in his cell and with scars on his face, with a rat with an angry face on his shoulder.</p>



Tabla 2

Análisis procesal de imágenes en redes sociales (continuación)

Imagen	Descripción
	<p>Las opciones que brinda la aplicación dependerán de la versión gratuita o de paga que se disponga ofreciendo una variedad de imágenes para continuar con la composición. Posteriormente se sube la imagen del rostro de referencia o el montaje necesario para alcanzar el resultado esperado.</p>
	<p>Imagen creada a través de un prompt que detalle sombra de una persona con capucha incendiando un bosque, de fondo un bosque en llamas con colores naranjas y negros, generando sombras para lograr fotorrealismo. Posibles aplicaciones utilizadas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leonardo</li> <li>• Freepik</li> <li>• Gio</li> <li>• Remini</li> <li>• Photoshop</li> <li>• Gpt</li> <li>• Playground</li> <li>• Canva</li> </ul> <p>Adobe Firefly</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="288 1350 456 1532"> <p>sombra de una persona con capucha incendiando un bosque, de fondo un bosque en llamas con colores naranjas y negros</p> </div> <div data-bbox="501 1350 684 1487"> <p>shadow of a person with a hood setting a forest on fire, in the background a forest on fire with orange and black colors</p> </div> </div>	<p>El prompt de preferencia se lo debería redactar en inglés.</p> <p>shadow of a person with a hood setting a forest on fire, in the background a forest on fire with orange and black colors.</p>
	<p>Las opciones que brinda la aplicación dependerán de la versión gratuita o de paga que se disponga ofreciendo una variedad de imágenes para continuar con la composición. Posteriormente se sube la imagen del rostro de referencia o el montaje necesario para alcanzar el resultado esperado.</p>

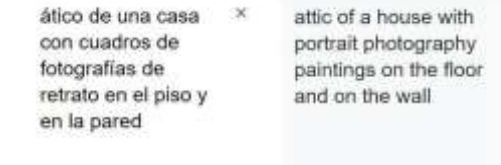

**Tabla 2**

*Análisis procesal de imágenes en redes sociales (continuación)*

Imagen	Descripción
	<p>Imagen creada a través de un prompt que detalle sombras de personas en contraluz cargando las banderas de EEUU Ecuador y Perú y de fondo un cielo parcialmente nublado, generando sombras para lograr fotorrealismo. Posibles aplicaciones utilizadas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leonardo</li> <li>• Freepik</li> <li>• Gio</li> <li>• Remini</li> <li>• Photoshop</li> <li>• Gpt</li> <li>• Playground</li> <li>• Canva</li> </ul> <p>Adobe Firefly</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="357 972 528 1144"> <p>sombras personas en contraluz cargando las banderas de EEUU Ecuador y Perú y de fondo un cielo parcialmente nublado</p> </div> <div data-bbox="555 972 726 1144"> <p>shadows of people in backlight carrying the flags of the USA, Ecuador and Peru and in the background a partially cloudy sky</p> </div> </div>	<p>El prompt de preferencia se lo debería redactar en inglés</p> <p>shadows of people in backlight carrying the flags of the USA, Ecuador and Peru and in the background a partially cloudy sky</p>
	<p>Las opciones que brinda la aplicación dependerán de la versión gratuita o de paga que se disponga ofreciendo una variedad de imágenes para continuar con la composición. Posteriormente se sube la imagen del rostro de referencia o el montaje necesario para alcanzar el resultado esperado.</p>
	<p>Imagen creada a través de un prompt que detalle el ático de una casa con cuadros de fotografías de retrato en el piso y en la pared, generando sombras para lograr fotorrealismo. Posibles aplicaciones utilizadas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leonardo</li> <li>• Freepik</li> <li>• Gio</li> <li>• Remini</li> <li>• Photoshop</li> <li>• Gpt</li> <li>• Playground</li> <li>• Canva</li> </ul> <p>Adobe Firefly.</p>

**Tabla 2**

*Análisis procesal de imágenes en redes sociales (continuación)*

Imagen	Descripción
	<p>El prompt de preferencia se lo debería redactar en inglés.</p> <p>attic of a house with portrait photography paintings on the floor and on the wall.</p>
	<p>Las opciones que brinda la aplicación dependerán de la versión gratuita o de paga que se disponga ofreciendo una variedad de imágenes para continuar con la composición. Posteriormente se sube la imagen del rostro de referencia o el montaje necesario para alcanzar el resultado esperado.</p>

El uso de herramientas y aplicaciones de edición de imágenes evidencian una expansión de las capacidades creativas y productivas, permitiendo a profesionales y usuarios no especializados generar contenidos visuales y textuales de calidad profesional con mayor eficiencia. Sin embargo, también identifican las tensiones éticas y legales, vinculadas a la manipulación de imágenes, la generación de contenidos sintéticos y la posible difusión de información visual o textual engañosa.


*3.1. Herramientas basadas en Inteligencia Artificial*

Herramientas basadas en Inteligencia Artificial como **Remini Pro** y **Gio Pro** tienen un impacto significativo en los procesos de producción visual y textual dentro del periodismo, la comunicación visual y el diseño contemporáneo, al introducir dinámicas de automatización, optimización y accesibilidad tecnológica.

La **Tabla 3** se presentan las imágenes de referencia, antes de la aplicación de **Remini Pro**, donde se genera varias opciones a partir de retratos existentes.

**Tabla 3**

*Retratos de referencia*

Imágenes	Detalle	Valor
	Dimensiones Ancho Alto Resolución horizontal Resolución vertical Profundidad de bits	900 x 1600 900 píxeles 1600 píxeles 96 ppp 96ppp 24

En el caso de **Remini Pro**, se identifica que su uso contribuye de manera notable a la mejora automática de la calidad visual de imágenes y videos, especialmente mediante procesos de restauración, aumento de resolución y corrección de detalles. Esta herramienta facilite la reutilización de archivos visuales de baja calidad o de carácter histórico, optimizando tiempos de edición y reduciendo la necesidad de intervención técnica especializada. No obstante su capacidad de modificación avanzada también plantea riesgos de alteración de la fidelidad visual, lo que puede afectar los principios de veracidad y autenticidad en el ámbito periodístico (**Figura 1**).

**Figura 1**


*Resultados con “Remini Pro” versión de paga*



La **Tabla 4** se presentan las imágenes de referencia, antes de la aplicación de **Gio Pro**, donde se genera varias opciones a partir de retratos existentes.

**Tabla 4**

*Retratos de referencia*

Imágenes	Detalle	Valor
	Dimensiones Ancho Alto Resolución horizontal Resolución vertical Profundidad de bits	900 x 1600 900 píxeles 1600 píxeles 96 ppp 96ppp 24

En relación con **Gio Pro**, su integración de procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) y aprendizaje automático optimiza la escritura académica, periodística y creativa, ofreciendo retroalimentación inmediata sobre gramática, estilo y coherencia textual. Se prevé que esta automatización reduzca la dependencia de procesos editoriales tradicionales y minimice sesgos subjetivos, aunque también genere debates sobre autoría, originalidad y responsabilidad intelectual en la producción de contenidos escritos (**Figura 2**).

## Figura 2

*Resultados con “Gio Pro” versión de paga*



En el contexto ecuatoriano, los resultados reflejen una adopción progresiva de este tipo de herramientas, principalmente en entornos educativos, mediáticos y creativos digitales, acompañada de limitaciones relacionadas con la brecha digital, la falta de regulaciones específicas sobre el uso de IA y la necesidad de fortalecer la alfabetización mediática y digital. Asimismo el estudio contribuye a visibilizar la importancia de establecer lineamientos éticos y normativos que orienten el uso responsable de herramientas como Remini Pro y Gio Pro en la producción de contenidos informativos y creativos.

### 4. Conclusiones

- La Inteligencia Artificial se consolidó como una herramienta clave en la edición de imágenes y la narrativa visual, mejorando la eficiencia, la calidad técnica y las posibilidades creativas en los medios de comunicación y el diseño contemporáneo.
- El uso de tecnologías como GAN y sistemas generativos potenciaron la creación de imágenes hiperrealistas, pero también ha incrementado los riesgos de desinformación, manipulación visual y pérdida de confianza en los contenidos digitales.
- Frente a estos retos, resulta fundamental fortalecer la ética periodística, la regulación tecnológica y la alfabetización digital, promoviendo un uso responsable de la IA que equilibre innovación, veracidad y respeto a los derechos humanos.

## 5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 8. Referencias Bibliográficas

Abdali, S., Vasilescu, M. A. O., & Papalexakis, E. E. (2021). Deepfake representation with multilinear regression. *arXiv (Cornell University)*.

<https://doi.org/10.48550/arxiv.2108.06702>

Alanazi, F., Ushaw, G., & Morgan, G. (2024). Improving detection of deepfakes through facial region analysis in images. *Electronics*, 13(1), 126.

<https://doi.org/10.3390/electronics13010126>

Ali, W., & Hassoun, M. (2019). Artificial intelligence and automated journalism: contemporary challenges and new opportunities. *International Journal of Media Journalism and Mass Communications*, 5(1), 40-49.

<https://doi.org/10.20431/2454-9479.0501004>

Amirian, S., Taha, T., Rasheed, K., & Arabnia, H. (2022). Generative adversarial network applications in creating a meta-universe. *arXiv (Cornell University)*.

<https://doi.org/10.48550/arxiv.2201.09152>

Aparicio-Izurieta, V. (2024). Preferences towards artificial intelligence in Ecuadorian university professors. *Sapienza International Journal of Interdisciplinary Studies*, 5(1), e24009. <https://doi.org/10.51798/sijis.v5i1.730>

Arya, S., & Sharma, G. (2023). Generative ai images and Indian media industry: an overview of opportunities and challenges. *Journal of Communication and Management*, 2(04), 271-274. <https://doi.org/10.58966/jcm2023249>

Barriga-Fray, S. F., Samaniego-López, M. V., Viñan-Carrasco, L. M., & Benítez-Obando, I. F. (2026). Trends and approaches in inclusive graphic design: a systematic literature review. *Societies*, 16(1), 25.

<https://doi.org/10.3390/soc16010025>

- Buryk, R. (2024). Tendencies in the application of artificial intelligence in the processing of photo materials. *Věda a Perspektivy*, 2(33), 449-459. [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-2\(33\)-449-459](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-2(33)-449-459)
- Calain, P. (2013). Ethics and images of suffering bodies in humanitarian medicine. *Social Science & Medicine*, 98, 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2012.06.027>
- Casteleiro-Pitrez, J. (2024). Generative artificial intelligence image tools among future designers: a usability, user experience, and emotional analysis. *Digital*, 4(2), 316-332. <https://doi.org/10.3390/digital4020016>
- Chen, J., Shen, Y., Gao, J., Liu, J., & Liu, X. (2018). Language-based image editing with recurrent attentive models [2018 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 8721–8729]. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2018.00909>
- Chi, J. (2024). The evolutionary impact of artificial intelligence on contemporary artistic practices. *Communications in Humanities Research*, 35(1), 52-57. <https://doi.org/10.54254/2753-7064/35/20240006>
- Cruz-Páez, P., Clavijo, M., & Villacrés, C. (2023). Academia and media in Ecuador: A verification and digital literacy alliance against disinformation. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 41–49. [https://doi.org/10.2991/978-2-494069-25-1\\_6](https://doi.org/10.2991/978-2-494069-25-1_6)
- Dávila-Eskola, Ó., Ponce-Cadena, P., Fuertes-Camacás, B., Bustamante-Granda, R., & Marcellino-Perugachi, L. (2025). Artificial intelligence tools for the development of writing skills in English language learners: *Revista Ecos de la Academia*, 11(22), e1347. <https://doi.org/10.53358/s3csnd72>
- Eleyan, A., & Alboghbaish, E. (2024). Electrocardiogram signals classification using deep-learning-based incorporated convolutional neural network and long short-term memory framework. *Computers*, 13(2), 55. <https://doi.org/10.3390/computers13020055>
- Fallis, D. (2020). The epistemic threat of deepfakes. *Philosophy & Technology*, 34(4), 623-643. <https://doi.org/10.1007/s13347-020-00419-2>
- Fareed, M. W., Bou Nassif, A., & Nofal, E. (2024). Exploring the potentials of artificial intelligence image generators for educating the history of architecture. *Heritage*, 7(3), 1727-1753. <https://doi.org/10.3390/heritage7030081>

- Gupta, A., Joshi, R., & Laban, R. (2022). Detection of tool based edited images from error level analysis and convolutional neural network. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2204.09075>
- Gutiérrez-Caneda, B. (2023). Ai application in journalism: chatgpt and the uses and risks of an emergent technology. *Profesional de la Información*, 32(5), 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9156966>
- Haeussler, M., Schönig, K., Eckert, H., Eschstruth, A., Mianné, J., Renaud, J.-B., Schneider-Maunoury, Shkumatava, A., Teboul, L., Kent, J., Joly, J.-S., & Concordet, J.-P. (2016). Evaluation of off-target and on-target scoring algorithms and integration into the guide RNA selection tool CRISPOR. *Genome Biology*, 17(1), 148. <https://doi.org/10.1186/s13059-016-1012-2>
- Harris-Love, M., Seamon, B., Teixeira, C., & Ismail, C. (2016). Ultrasound estimates of muscle quality in older adults: reliability and comparison of Photoshop and ImageJ for the grayscale analysis of muscle echogenicity. *Peerj*, 4(e1721). <https://doi.org/10.7717/peerj.1721>
- He, Z., Kan, M., Zhang, J., & Shan, S. (2020). PA-GAN: progressive attention generative adversarial network for facial attribute editing. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2007.05892>
- Heim, S., & Chan-Olmsted, S. (2023). Consumer trust in ai-human news collaborative continuum: preferences and influencing factors by news production phases. *Journalism and Media*, 4(3), 946-965. <https://doi.org/10.3390/journalmedia4030061>
- Hermansyah, M., Najib, A., Farida, A., Sacipto, R., & Rintyarna, B. (2023). Artificial intelligence and ethics: building an artificial intelligence system that ensures privacy and social justice. *International Journal of Science and Society*, 5(1), 154-168. <https://doi.org/10.54783/ijssoc.v5i1.644>
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L., & Aerts, H. (2018). Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer*, 18(8), 500-510. <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- Hsu, C., Zhuang, Y., & Lee, C. (2020). Deep fake image detection based on pairwise learning. *Applied Sciences*, 10(1), 370. <https://doi.org/10.3390/app10010370>
- Kaan Tuysuz, M., & Kılıç, A. (2023). Analyzing the legal and ethical considerations of deepfake technology. *Interdisciplinary Studies in Society, Law, and Politics*, 2(2), 4-10. <https://doi.org/10.61838/kman.isslp.2.2.2>

- Korshunov, P., & Marcel, S. (2019). Vulnerability assessment and detection of deepfake videos [2019 International Conference on Biometrics (ICB), 1–6. IEEE].  
<https://doi.org/10.1109/icb45273.2019.8987375>
- Krajčovič, P. (2024). The impact of artificial intelligence on social media. *European Conference on Social Media*, 11(1), 103-110.  
<https://doi.org/10.34190/ecsm.11.1.2237>
- Láb, F., Štefaniková, S., & Topinková, M. (2019). Photojournalism in central Europe: on authenticity and ethics. *Środkowoeuropejskie Studia Polityczne i Medioznawcze*, (2), 73-89. <https://doi.org/10.14746/ssp.2016.2.5>
- Le, Q., Ladret, P., Nguyen, H., & Caplier, A. (2022). Computational analysis of correlations between image aesthetic and image naturalness in the relation with image quality. *Journal of Imaging*, 8(6), 166.  
<https://doi.org/10.3390/jimaging8060166>
- Liao, S. & Ji, X. (2023). A study on the application of generative artificial intelligence technology in image design [Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Design and Innovative Technology (ICIDIT 2023), 338-350].  
[https://www.researchgate.net/publication/374617255\\_A\\_Study\\_on\\_the\\_Application\\_of\\_Generative\\_Artificial\\_Intelligence\\_Technology\\_in\\_Image\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/374617255_A_Study_on_the_Application_of_Generative_Artificial_Intelligence_Technology_in_Image_Design)
- Liu, H., Wei, Z., Dominguez, A., Li, Y., Wang, X., & Qi, L. (2015). CRISPR-ERA: a comprehensive design tool for CRISPR-mediated gene editing, repression and activation. *Bioinformatics*, 31(22), 3676-3678.  
<https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btv423>
- Liu, M., Wei, Y., Wu, X., Zuo, W., & Zhang, L. (2023). Survey on leveraging pre-trained generative adversarial networks for image editing and restoration. *Science China Information Sciences*, 66(5). <https://doi.org/10.1007/s11432-022-3679-0>
- Mäenpää, J. (2021). Distributing ethics: filtering images of death at three news photo desks. *Journalism*, 23(10), 2230-2248.  
<https://doi.org/10.1177/1464884921996308>
- Mandell, J., Khurana, B., Folio, L., Hyun, H., Smith, S., Dunne, R., & Andriole, K. (2017). Clinical applications of a CT window blending algorithm: radio (relative attenuation-dependent image overlay). *Journal of Digital Imaging*, 30(3), 358-368. <https://doi.org/10.1007/s10278-017-9941-1>
- Manuvinakurike, R., Bui, T., Chang, W., & Georgila, K. (2018). Conversational image editing: incremental intent identification in a new dialogue task [Proceedings of

*the 19th Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue*, 284–295].

<https://doi.org/10.18653/v1/w18-5033>

Maras, M., & Alexandrou, A. (2018). Determining authenticity of video evidence in the age of artificial intelligence and in the wake of deepfake videos. *The International Journal of Evidence & Proof*, 23(3), 255-262.

<https://doi.org/10.1177/1365712718807226>

Marathe, A., Jain, P., Walambe, R., & Kotecha, K. (2022). Restorex-ai: a contrastive approach towards guiding image restoration via explainable AI systems. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2204.01719>

Mareen, H., Bussche, D., Wallendael, G., Verdoliva, L., & Lambert, P. (2023). Training data improvement for image forgery detection using comprint [2023 *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 1-2].

<https://doi.org/10.1109/icce56470.2023.10043503>

McCloskey, S., & Albright, M. (2019). Detecting GAN-generated imagery using saturation cues [2019 *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 4584–4588]. <https://doi.org/10.1109/icip.2019.8803661>

Miranda, C.F., Baldessar, M. J., & Barcelos, M. (2023). Transformations in the productive routine of photojournalism: from analogue to visual journalism with artificial intelligence - ai tools. *Concilium*, 23(21), 242-254.

<https://www.researchgate.net/publication/375971634> Transformations in the productive routine of photojournalism from analogue to visual journalism with Artificial Intelligence -

[AI tools Transformacoes na rotina produtiva do fotojornalismo do jornalis](#)

Mnassri, K., Farahbakhsh, R., & Crespi, N. (2024). Multilingual hate speech detection: a semi-supervised generative adversarial approach. *Entropy*, 26(4), 344.

<https://doi.org/10.3390/e26040344>

Mohamed, E. A. S., Osman, M. E., & Mohamed, B. A. (2024). The impact of artificial intelligence on social media content. *Journal of Social Sciences*, 20(1), 12-16.

<https://doi.org/10.3844/jssp.2024.12.16>

Moran, R., & Shaikh, S. (2022). Robots in the news and newsrooms: unpacking meta-journalistic discourse on the use of artificial intelligence in journalism. *Digital Journalism*, 10(10), 1756-1774. <https://doi.org/10.1080/21670811.2022.2085129>

Mukta, M., Ahmad, J., Raiaan, M., Islam, S., Azam, S., Ali, M., & Jonkman, M. (2023). An investigation of the effectiveness of deepfake models and tools. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 12(4), 61. <https://doi.org/10.3390/jsan12040061>

- Mulcahy, L. (2018). Revolting consumers: a revisionist account of the 1925 ban on photography in English and Welsh courts and its implications for debate about who is able to produce, manage and consume images of the trial. *International Journal of Law in Context*, 14(4), 559-580.  
<https://doi.org/10.1017/s1744552318000241>
- Oppenlaender, J. (2022). The creativity of text-to-image generation [*Proceedings of the 25th International Academic Mindtrek Conference*].  
<https://doi.org/10.1145/3569219.3569352>
- Peskersoy, C., Tetik, A., Öztürk, V., & Gökay, N. (2014). Spectrophotometric and computerized evaluation of tooth bleaching employing 10 different home-bleaching procedures: in-vitro study. *European Journal of Dentistry*, 8(4), 538-545. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.143639>
- Ping, Q., Wu, B., Ding, W., & Yuan, J. (2019). Fashion-attgan: attribute-aware fashion editing with multi-objective GAN [2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 323–325. IEEE].  
<https://doi.org/10.1109/cvprw.2019.00044>
- Punnappurath, A., Zhao, L., Abdelhamed, A., & Brown, M. S. (2024). Advocating pixel-level authentication of camera-captured images. *IEEE Access: Practical Innovations, Open Solutions*, 12, 45839–45846  
<https://doi.org/10.1109/access.2024.3381521>
- Qin, J. (2023). How does text-to-image ai affect indie game designers and artists? *Journal of Innovation and Development*, 5(3), 107-111.  
<https://doi.org/10.54097/f7of9f8k>
- Renzi, G., Rinaldi, A., Russo, C., & Tommasino, C. (2023). A storytelling framework based on multimedia knowledge graph using linked open data and deep neural networks. *Multimedia Tools and Applications*, 82(20), 31625-31639.  
<https://doi.org/10.1007/s11042-023-14398-x>
- Rubio, L., & Ruiz, M. (2021). Artificial intelligence and journalism: systematic review of scientific production in Web of Science and Scopus (2008-2019). *Communication & Society*, 159-176. <https://doi.org/10.15581/003.34.2.159-176>
- Saraswati, N. P. R. T. A. K. H., Lastari, N. K. H., & Asnadi, I W. S. W. (2025). Integrating Canva and similar digital design tools in english language teaching: a literature review. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia*, 4(1), 8–13.  
<https://doi.org/10.31004/jpion.v4i1.317>

- Satrinia, D., Firman, R. R., & Fitriati, T. N. (2023). Potensi artificial intelligence dalam dunia kreativitas desain. *Journal of Informatics and Communication Technology (Jict)*, 5(1), 159-168. [https://doi.org/10.52661/j\\_ict.v5i1.164](https://doi.org/10.52661/j_ict.v5i1.164)
- Stepanov, A. (2024). A brief overview of existing neural network solutions and services for photographers. *Journal of Digital Art & Humanities*, 5(1), 31-47. [https://doi.org/10.33847/2712-8149.5.1\\_3](https://doi.org/10.33847/2712-8149.5.1_3)
- Syahputri, R. A., & Nugraha, J. (2024). Student behavior in using artificial intelligence for Canva instant presentation. *Journal of Office Administration: Education and Practice*, 4(2), 119–134. <https://doi.org/10.26740/joaep.v4n2.p119-134>
- Twomey, J., Ching, D., Aylett, M. P., Quayle, M., Linehan, C., & Murphy, G. (2023). Do deepfake videos undermine our epistemic trust? a thematic analysis of tweets that discuss deepfakes in the Russian invasion of Ukraine. *Plos One*, 18(10), e0291668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291668>
- Vaccari, C., & Chadwick, A. (2020). Deepfakes and disinformation: exploring the impact of synthetic political video on deception, uncertainty, and trust in news. *Social Media + Society*, 6(1), 205630512090340. <https://doi.org/10.1177/2056305120903408>
- Wang, H., Ai, L., Xia, Y., Wang, G., Xiong, Z., & Song, X. (2023a). Software-based screening for efficient sgRNAs in *Lactococcus lactis*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(2), 1200-1206. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12946>
- Wang, Q. (2024). Creation is not like a box of chocolates: why is the first judgment recognizing copyrightability of ai-generated content wrong? *Grur International*, 73(8), 772-777. <https://doi.org/10.1093/grurint/ikae082>
- Wang, T., & Chow, K. (2023). Noise based deepfake detection via multi-head relative-interaction. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 37(12), 14548-14556. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i12.26701>
- Wang, W., Xiao, H., & Fang, Y. (2024). Clothing image attribute editing based on generative adversarial network, with reference to an upper garment. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 36(2), 268-286. <https://doi.org/10.1108/ijcst-09-2023-0129>
- Wang, X., Guo, H., Hu, S., Chang, M.-C., & Lyu, S. (2023b). Gan-generated faces detection: a survey and new perspectives. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 372. <https://doi.org/10.3233/faia230558>

- Westerlund, M. (2019). The emergence of deepfake technology: a review. *Technology Innovation Management Review*, 9(11), 39-52.  
<https://www.researchgate.net/publication/337644519> The Emergence of Deepfake Technology A Review
- Zanardelli, M., Guerrini, F., Leonardi, R., & Adami, N. (2022). Image forgery detection: a survey of recent deep-learning approaches. *Multimedia Tools and Applications*, 82(12), 17521-17566. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13797-w>
- Zhou, K. (2022). Ethical challenges and coping strategies of new media network modeling of photojournalistic images. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 11(12), 376-378.  
<https://doi.org/10.7753/ijsea1112.1041>
- Ziakis, C., & Vlachopoulou, M. (2023). Artificial intelligence in digital marketing: insights from a comprehensive review. *Information*, 14(12), 664.  
<https://doi.org/10.3390/info14120664>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.







El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Impacto de un modelo de gestión de riesgos laborales basado en PDCA e ISO 45001 en el desempeño en Seguridad y Salud en el Trabajo en plantas de GLP

*Impact of an occupational risk management model based on PDCA and ISO 45001 on Occupational Safety and Health performance in LPG plants.*

- <sup>1</sup> Raúl Gregorio Martínez Pérez  <https://orcid.org/0000-0002-1552-7580>  
Magíster en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Mecánica, Carrera Ingeniería Industrial, Grupo de investigación AUTOPRO  
[raul.martinez@esPOCH.edu.ec](mailto:raul.martinez@esPOCH.edu.ec)
- <sup>2</sup> Jorge Enrique Ortiz Porras  <https://orcid.org/0000-0002-9605-3670>  
Doctor en Gestión de Empresas, Doctor en Ingeniería Industrial, Doctor en Ciencias Ambientales, los tres llevados en la UNMSM. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación: Productividad y sostenibilidad e inteligencia artificial  
[jortizpo@unmsm.edu.pe](mailto:jortizpo@unmsm.edu.pe)
- <sup>3</sup> Eugenia Mercedes Naranjo Vargas  <https://orcid.org/>  
Magíster en diseño mecánica con mención en fabricación y autopartes. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Mecánica, Carrera Ingeniería Industrial, Grupo de investigación GIDENM.  
[eugenia.naranjo@esPOCH.edu.ec](mailto:eugenia.naranjo@esPOCH.edu.ec)
- <sup>4</sup> Yadira Araceli Herrera Martínez  <https://orcid.org/0000-0002-2309-5474>  
Universidad Técnica de Cotopaxi. Ingeniera en finanzas CPA  
Master en Administración de empresas con mención en gerencia de la calidad.  
[yadira.herrera@UTC.edu.ec](mailto:yadira.herrera@UTC.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 09/11/2025

Revisado: 11/12/2025

Aceptado: 10/01/2026

Publicado: 26/02/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3608>

### Cítese:

Martínez Pérez, R. G., Ortiz Porras, J. E., Naranjo Vargas, E. M., & Herrera Martínez, Y. A. (2026). Impacto de un modelo de gestión de riesgos laborales basado en PDCA e ISO 45001 en el desempeño en Seguridad y Salud en el Trabajo en plantas de GLP . *ConcienciaDigital*, 9(1), 97-117. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3608>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Modelo de gestión, riegos laborales, Seguridad, Salud, Trabajo, GLP

**Resumen**

**Introducción:** La industria del gas licuado de petróleo (GLP) en Ecuador es un sector estratégico, pero de alta peligrosidad, donde las fallas en el control de procesos pueden derivar en eventos catastróficos. A pesar de la normativa vigente, persiste una brecha entre el cumplimiento documental y la implementación efectiva de controles en campo. Los enfoques tradicionales de evaluación de riesgos resultan insuficientes para abordar la complejidad de las operaciones de envasado, lo que demanda modelos de gestión sistémicos basados en la mejora continua. **Objetivo:** Determinar el efecto de la implementación de un modelo de gestión de riesgos laborales, basado en el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y alineado con la norma ISO 45001:2018, sobre el control de riesgos y el desempeño en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en los procesos de descarga, envasado y mantenimiento de la planta MENDOGAS. **Metodología:** Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel explicativo, con un diseño cuasi-experimental pre-post sin grupo control. La población consistió en un censo de 45 trabajadores. Se utilizaron encuestas estructuradas bajo escala Likert, mediciones instrumentales (ruido, partículas y atmósferas explosivas) y modelamiento de ecuaciones estructurales (SEM) para validar las relaciones causales entre el sistema de gestión, la gestión técnica y el desempeño en SST. **Resultados:** El diagnóstico inicial reveló condiciones críticas, incluyendo niveles de ruido de 98.4 dB(A) y atmósferas con un 20% de explosividad (LEL). Tras la implementación del modelo, la percepción global de la gestión aumentó de una media de 2.85 a 4.16. El análisis SEM confirmó que el Sistema de Gestión (SGPRL) influye directamente en el desempeño ( $\beta = 0.296$ ) y reduce la incertidumbre frente al riesgo ( $\beta = -0.312$ ). Las pruebas de Wilcoxon ratificaron mejoras significativas ( $p < .001$ ) en todos los procesos analizados. **Conclusión:** La aplicación de un modelo formalizado bajo ISO 45001 y el ciclo PDCA transforma la seguridad operativa de reactiva a proactiva. Se concluye que la integración de controles técnicos y la gestión del talento humano son determinantes para mejorar el desempeño en SST, demostrando que el fortalecimiento de la cultura preventiva y la estructura administrativa reducen significativamente la vulnerabilidad en instalaciones de alto riesgo. **Área de estudio general:** Gestión de riesgos. **Área de estudio**

**específica:** Gestión de riesgos laborales. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

**Keywords:**

Management model, occupational risks, safety, health, work, GLP

**Abstract**

**Introduction:** The liquefied petroleum gas (LPG) industry in Ecuador is a strategic but highly hazardous sector, where failures in process control can lead to catastrophic events. Despite current regulations, a gap persists between documentary compliance and effective implementation of field controls. Traditional risk assessment approaches are insufficient to address the complexity of packaging operations, which demand systemic management models based on continuous improvement. **Objective:** Determine the effect of the implementation of an occupational risk management model, based on the PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act) and aligned with ISO 45001:2018, on risk control and Occupational Safety and Health (OSH) performance in the unloading, packaging and maintenance processes of the MENDOGAS plant. **Methodology:** A quantitative, applied and explanatory approach was used, with a quasi-experimental pre-post design without a control group. The population consisted of a census of 45 workers. Structured surveys under Likert scale, instrumental measurements (noise, particles and explosive atmospheres) and structural equation modeling (SEM) were used to validate the causal relationships between the management system, technical management and OSH performance. **Results:** The initial diagnosis revealed critical conditions, including noise levels of 98.4 dB(A) and 20% explosive atmospheres (LEL). After implementation of the model, the overall perception of management increased from an average of 2.85 to 4.16. SEM analysis confirmed that the Management System (SGPRL) directly influences performance ( $\beta = 0.296$ ) and reduces uncertainty versus risk ( $\beta = -0.312$ ). Wilcoxon tests confirmed significant improvements ( $p < .001$ ) in all the processes analyzed. **Conclusion:** The application of a formalized model under ISO 45001 and the PDCA cycle transforms operational safety from reactive to proactive. It is concluded that the integration of technical controls and human talent management are determinant to improve OSH performance, demonstrating that the strengthening of the preventive culture and the administrative structure significantly reduce vulnerability in high-risk facilities. **General Area of Study:** Risk

---

management. **Specific area of study:** Occupational risk management. **Type of study:** Original articles.

---

## 1. Introducción

La industria del gas licuado de petróleo (GLP) constituye un componente estratégico en la matriz energética de Ecuador, al abastecer de combustible a los sectores doméstico, comercial e industrial (Morales et al., 2023). Sin embargo, las operaciones de almacenamiento, envasado y distribución de GLP se caracterizan por un alto nivel de peligrosidad, donde fallas en los sistemas de control pueden derivar en incendios, explosiones tipo BLEVE y liberaciones de gases inflamables con consecuencias fatales para las personas, las instalaciones y el medio ambiente (Islam et al., 2025; Oubellouch & Soulhi, 2024). Frente a este escenario, los estándares internacionales en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), como la norma ISO 45001:2018, proponen sistemas de gestión basados en un enfoque de riesgos y la mejora continua, con el propósito de reducir incidentes laborales, asegurar el cumplimiento normativo y fortalecer la resiliencia organizacional (International Organization for Standardization [ISO], 2018). De forma complementaria, las Directrices ILO-OSH 2001 enfatizan el liderazgo, la participación de los trabajadores y la integración de la SST en todos los niveles de la organización como pilares para la prevención de accidentes (International Labour Organization [ILO], 2001).

En el contexto ecuatoriano, las instalaciones que manipulan GLP han mostrado vulnerabilidades significativas en la gestión de riesgos. Investigaciones sobre terminales y sistemas de almacenamiento de GLP, evidencian que un evento mayor puede afectar áreas extensas y generar tasas de mortalidad elevadas en las zonas de impacto inmediato (Morales et al., 2023). Asimismo, reportes técnicos señalan deficiencias en la documentación de seguridad, el mantenimiento y la verificación del cumplimiento de requisitos legales en las instituciones, lo que incrementa la probabilidad de incidentes (Venegas & Ayabaca, 2019). La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables ha informado promedios anuales relevantes de incidentes en instalaciones de GLP, asociados principalmente a fallas operativas y a la ausencia de procedimientos estandarizados (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables [ARCERNNR], 2023). Estos antecedentes evidencian que los enfoques tradicionales de evaluación de riesgos, basados en matrices cualitativas descriptivas, resultan insuficientes para abordar integralmente la complejidad de las operaciones en la industria del GLP (Ortiz-Solano et al., 2016).

A pesar de la disponibilidad de marcos como ISO 45001 e ILO-OSH 2001, la realidad operativa de muchas plantas envasadoras de GLP evidencia una brecha entre el cumplimiento documental y la implementación efectiva de controles en campo (ISO, 2018; ILO, 2001). Esta brecha se manifiesta en prácticas inadecuadas de supervisión, capacitación insuficiente, deficiencias en el mantenimiento preventivo y debilidades en la cultura preventiva, lo que limita la eficacia de los sistemas de gestión y mantiene niveles elevados de exposición a riesgos críticos (CCPS, 2007; Oueidat et al., 2015). En consecuencia, surge la necesidad de desarrollar y validar modelos de gestión de riesgos laborales que integren de manera sistémica la gestión administrativa, el talento humano, los procesos operativos y los controles técnicos, y cuyo impacto pueda medirse mediante metodologías estadísticas avanzadas, como el modelamiento de ecuaciones estructurales (SEM) (Hair et al., 2019).

En este contexto, la investigación se centra en la planta envasadora MENDOGAS, ubicada en la ciudad de Riobamba (Ecuador), donde un diagnóstico inicial evidenció condiciones críticas en los procesos de descarga, envasado y mantenimiento de cilindros de GLP, incluyendo exposiciones a ruido por encima de los límites permisibles, atmósferas peligrosas y una gestión preventiva insuficiente, en contravención de la normativa nacional vigente (Decreto Ejecutivo 255, 2024; ARCERNNR, 2023). El objetivo de la investigación es determinar el efecto de la implementación de un modelo de gestión de riesgos laborales, basado en el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y alineado con la norma ISO 45001:2018, sobre el control de riesgos y el desempeño en SST en los procesos de descarga, envasado y mantenimiento de cilindros de GLP en la planta MENDOGAS. De acuerdo con el diseño cuasi-experimental pre-post, las variables principales se estructuran en cinco dimensiones: gestión administrativa, gestión del talento humano, procesos operativos, gestión técnica y desempeño en SST. La hipótesis de este trabajo plantea que la aplicación de un modelo de gestión de riesgos laborales estructurado y formalizado, sustentado en el PDCA e ISO 45001, reduce la exposición a riesgos críticos y mejora el desempeño en SST en la planta envasadora de GLP estudiada.

### *Fundamentos teóricos de la investigación*

La gestión de riesgos laborales en Ecuador ha demostrado ser eficaz cuando se implementan sistemas formalizados de prevención, con evidencia de reducciones significativas en la siniestralidad tras la adopción de modelos de gestión estructurados (Villacrés Cevallos et al., 2016). En el sector específico del gas licuado de petróleo (GLP), diversos estudios han identificado altos niveles de riesgo ergonómico, psicosocial y operacional en procesos de descarga y envasado, así como limitaciones de las metodologías tradicionales (como NTP 330) para captar la complejidad de las interacciones entre variables de riesgo (Ortiz et al., 2016; Picon & Solano, 2024). Así

mismo, se ha documentado que la ausencia de procedimientos estandarizados y manuales operativos constituye una causa directa de incidentes, al promover el aprendizaje informal de tareas críticas y la ejecución no controlada de operaciones de alto riesgo (Silva, 2019). A escala nacional, inspecciones técnicas han revelado fallas sistemáticas en ventilación, detección de fugas y planes de emergencia en instalaciones de GLP, lo que confirma la debilidad de los sistemas de gestión existentes (Venegas Vásconez, 2018; Venegas Vásconez & Ayabaca Sarria, 2019; Contreras, 2024).

En términos de riesgos catastróficos, la modelización de escenarios de explosión BLEVE ha mostrado que el almacenamiento de GLP a gran escala puede generar zonas de impacto con radios de hasta 2000 metros y tasas de mortalidad cercanas al 100%, reforzando la necesidad de una gestión preventiva rigurosa incluso a nivel de planta envasadora (Morales et al., 2023). A nivel internacional, la literatura reciente ha avanzado hacia metodologías analíticas más robustas para la evaluación de riesgos en instalaciones de GLP, combinando, por ejemplo, HAZOP con lógica difusa para priorizar peligros críticos en trasiego y envasado, o empleando enfoques sistémicos como STAMP para identificar fallas organizacionales no detectadas por métodos tradicionales (Oubellouch & Soulhi, 2024; Oueidat et al., 2015). Además, estudios de Evaluación Cuantitativa de Riesgos (QRA) y simulaciones con software especializado han demostrado que fallas en válvulas, conexiones o sistemas de contención pueden generar incendios y explosiones con radios de afectación superiores a los 200 metros, con consecuencias potencialmente catastróficas para trabajadores y comunidades cercanas (IJMET, 2019; Islam et al., 2025).

El marco normativo de la seguridad y salud en el trabajo (SST) en el que se sustenta este estudio se apoya principalmente en la norma ISO 45001:2018, que establece un sistema de gestión basado en el ciclo PDCA, el liderazgo de la alta dirección, la participación de los trabajadores y la identificación sistemática de peligros (International Organization for Standardization, 2018). A nivel regional, la Decisión 584 y la Resolución 957 de la Comunidad Andina configuran el Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, mientras que en Ecuador el Decreto Ejecutivo 255 operacionaliza estos lineamientos y define como pilares de la prevención la gestión administrativa, técnica, del talento humano y de procesos operativos (Comunidad Andina, 2004, 2005; Asamblea Nacional del Ecuador, 2024). Sobre esta base, el Sistema de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales (SGPRL) se concibe como una variable de segundo orden que integra la gestión administrativa (políticas, auditorías, cumplimiento legal), la gestión del talento humano (capacitación, participación, investigación de incidentes) y la gestión de procesos operativos (procedimientos, permisos de trabajo, simulacros) (International Labour Office, 2001; Vinnem, 2007; Asif et al., 2022). La literatura muestra que las deficiencias en liderazgo, supervisión, cultura de seguridad y capacitación se asocian con la ocurrencia de accidentes mayores en la industria del petróleo y gas, mientras que sistemas de gestión maduros y una cultura preventiva robusta se relacionan con reducciones significativas en

la frecuencia de incidentes (Elachi & Ogwuche, 2024; Abidin, 2021; Asif et al., 2022; Contreras, 2024).

Dentro del modelo teórico de esta investigación, el SGPRL se articula con la Gestión Técnica (GTEC), entendida como la aplicación de herramientas de ingeniería (IPER, jerarquía de controles, análisis de tareas críticas), y con variables de resultado como la Percepción del Riesgo (RIESGO) y el Desempeño en Seguridad y Salud en el Trabajo (DSST). La percepción del riesgo se asume como un indicador de cultura preventiva y de la efectividad de los controles, mientras que el DSST sintetiza resultados medibles como la reducción de accidentes, días perdidos y no conformidades (Stolzer, 2015; Villacrés Cevallos et al., 2016; Abidin, 2021). El estudio se inscribe en un paradigma positivista y emplea un enfoque cuantitativo explicativo, en el que las variables se operacionalizan mediante indicadores observables y mediciones instrumentales, y las relaciones causales se validan mediante Modelamiento de Ecuaciones Estructurales (SEM), técnica recomendada para analizar modelos complejos con constructos latentes o compuestos observados (Hair et al., 2019; Kline, 2016). Este andamiaje teórico y metodológico justifica la propuesta de un modelo de gestión de riesgos laborales basado en el ciclo PDCA y alineado con ISO 45001, orientado a mejorar el control de riesgos y el desempeño en SST en la planta envasadora de GLP MENDOGAS.

## 2. Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un nivel explicativo causal y un diseño cuasi-experimental pre-post sin grupo control, dado que se buscó medir de manera objetiva el efecto de un modelo de gestión de riesgos laborales sobre el control de riesgos y el desempeño en SST en la planta envasadora MENDOGAS. Este diseño permitió manipular la variable independiente el Sistema de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales (SGPRL), basado en el ciclo PDCA e ISO 45001 e identificar su influencia sobre las variables dependientes: gestión técnica (GTEC), riesgo percibido (RIESGO) y desempeño en seguridad y salud en el trabajo (DSST), evitando excluir a trabajadores de una intervención que tiene fines preventivos y éticos. La selección de un diseño cuasi-experimental pre-post sin grupo control se justificó por el objetivo del estudio: demostrar que la implementación del modelo mejora significativamente el control de riesgos y el DSST en los procesos de descarga, envasado y mantenimiento, garantizando al mismo tiempo la equidad en la protección de todos los trabajadores.

La variable independiente SGPRL se concibió como un constructo de segundo orden, integrado por tres dimensiones: Gestión Administrativa (GA), Gestión del Talento Humano (GTH) y Procesos Operativos (PO), mientras que las variables dependientes GTEC, RIESGO y DSST se midieron a través de indicadores perceptuales e instrumentales; adicionalmente, se incorporaron variables de control sociodemográficas

(edad, género, experiencia) y laborales (área de trabajo) para reducir la influencia de factores externos en los resultados. Los datos se recolectaron mediante: a) una encuesta estructurada tipo Likert (1–5), aplicada en dos momentos (Antes y Después) y organizada en las dimensiones GA, GTH, PO, GTEC, RIESGO y DSST; b) mediciones instrumentales de ruido, iluminación, material particulado y atmósfera gaseosa en las áreas de descarga, envasado y mantenimiento, usando equipos certificados y normas de referencia (ISO 9612, ISO 8995-1, NIOSH, OMS); y c) revisión documental de normativa (ISO 45001, Decisión 584, Resolución 957, Decreto Ejecutivo 255) y registros internos (IPER, reportes de incidentes, auditorías, capacitaciones). Complementariamente, se realizaron entrevistas breves de retroalimentación al personal de las áreas críticas para captar impresiones cualitativas sobre los cambios percibidos tras la implementación del modelo.

La unidad de análisis fue cada trabajador de la planta MENDOGAS, considerando tanto sus percepciones sobre la gestión de SST como sus condiciones de exposición en los procesos de descarga, envasado y mantenimiento. La población estuvo conformada por los 45 trabajadores de la planta en Riobamba, por lo que se optó por un censo en lugar de un muestreo probabilístico, lo que permitió incluir al 100% de los colaboradores. El tamaño muestral, equivalente a la población (45 trabajadores), permitió aplicar el cuestionario estructurado en ambas fases del estudio y complementar la información con mediciones instrumentales en las áreas críticas. Los criterios de inclusión consideraron a todos los trabajadores con vínculo contractual vigente y participación directa en los procesos de descarga, envasado, mantenimiento o actividades de apoyo relacionadas con la operación de la planta; se excluyeron personas externas (contratistas ocasionales, visitantes, proveedores) y personal administrativo que no participara en las actividades de planta, mientras que los criterios de eliminación contemplaron cuestionarios incompletos o con inconsistencias evidentes en las respuestas.

El análisis de datos se desarrolló en cuatro niveles: primero, un análisis descriptivo de las variables (medias, desviaciones estándar, frecuencias) para las fases Antes y Después; segundo, la verificación de supuestos estadísticos (normalidad, valores atípicos) y la elección de estimadores robustos (MLR, WLSMV) apropiados para ítems ordinales; tercero, la validación del modelo de medición mediante análisis factorial confirmatorio (CFA) y la estimación de relaciones causales a través de Modelamiento de Ecuaciones Estructurales (SEM), utilizando compuestos observados por dimensión para estimar las rutas SGPRL → GTEC, SGPRL → RIESGO y SGPRL / GTEC → DSST; y, cuarto, la triangulación de resultados con las mediciones instrumentales y los indicadores del ciclo PDCA para corroborar la coherencia entre los cambios reportados por el personal y las mejoras objetivas en las condiciones de trabajo. La elección de SEM se sustentó en la necesidad de evaluar simultáneamente constructos latentes y efectos causales en un

modelo complejo, coherente con el objetivo explicativo del estudio y la estructura teórica propuesta (Hair et al., 2019; Kline, 2016).

En el ámbito ético, la investigación se desarrolló respetando los principios de respeto, beneficencia y justicia. Se obtuvo autorización formal de la empresa MENDOGAS para el acceso a las instalaciones, registros internos y aplicación de instrumentos a los trabajadores, así como la aprobación de los órganos académicos correspondientes (consejo científico / dirección de posgrado) antes del inicio del trabajo de campo. El protocolo de investigación fue sometido a la evaluación de un comité de ética institucional, que verificó el cumplimiento de la normativa nacional e internacional en materia de investigación con seres humanos, especialmente en lo relativo a la protección de datos personales y a la no afectación de la integridad física y psicológica de los participantes. Cada trabajador fue informado sobre los objetivos del estudio, la naturaleza voluntaria de su participación, la confidencialidad de la información y el uso exclusivo de los datos con fines científicos, procediéndose a la firma de un consentimiento informado previo a la aplicación de encuestas y entrevistas; los cuestionarios fueron anónimos y los resultados se presentaron de forma agregada, evitando cualquier identificación individual. Asimismo, la intervención (implementación del modelo de gestión) se diseñó de manera que no implicara riesgos adicionales, sino que, por el contrario, fortaleciera las condiciones de seguridad de todos los trabajadores, alineándose con el principio ético de maximizar beneficios y minimizar riesgos

### 3. Resultados

#### *Diagnóstico de Línea Base: Evaluación Instrumental de Condiciones de Trabajo*

Antes de la implementación del modelo de gestión, se realizó una caracterización técnica de las condiciones laborales en las áreas de descarga, envasado y mantenimiento. El objetivo fue identificar desviaciones respecto a los límites permisibles establecidos por organismos como ISO, OSHA y NIOSH. Los criterios y equipos utilizados para este levantamiento se detallan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1**

*Normas de referencia de las variables instrumentales evaluadas.*

Variable	Instrumento utilizado	Norma de referencia	Límite/criterio de comparación
Ruido (dB(A))	Sonómetro calibrado (SOUND LEVEL METER)	ISO 9612:2009; OSHA 29 CFR 1910.95	Nivel de acción: 85 dB(A); Límite crítico: 90 dB(A)

**Tabla 1**

*Normas de referencia de las variables instrumentales evaluadas (continuación)*

Variable	Instrumento utilizado	Norma de referencia	Límite/criterio de comparación
Iluminación (lux)	Luxómetro digital	ISO 8995-1:2002; NTE INEN 2249	Tareas generales: 200–300 lux; detalle: 300–500 lux
Material particulado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Aerocet 831 – Aerosol Mass Monitor	OMS 2021; NIOSH 2018	PM <sub>2.5</sub> : $\leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h); PM <sub>10</sub> : $\leq 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h)
Atmósfera gaseosa (ppm; %)	Gas Alert MicroClip XL (H <sub>2</sub> S, CO, O <sub>2</sub> , LEL)	NIOSH Pocket Guide; OSHA 29 CFR 1910.146	H <sub>2</sub> S $\leq 10$ ppm (alarma); CO $\leq 35$ ppm TWA; O <sub>2</sub> entre 19.5–23.5%; LEL $\leq 10\%$

**Fuente:** Elaboración propia

### Área de Mantenimiento de Cilindros

Los resultados en esta sección revelaron condiciones de alta peligrosidad, especialmente en lo referente a la calidad del aire y niveles de presión sonora. Como se observa en la **Tabla 2**, la exposición a material particulado alcanzó niveles alarmantes: PM<sub>2.5</sub> con  $268.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y PM<sub>10</sub> con  $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Al contrastar estos valores con los límites de la OMS ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente), se evidencia que la concentración de polvo en suspensión superaba en más de 15 veces el límite seguro, debido a la ausencia de sistemas de extracción localizada durante el granallado y pintura de cilindros.

En cuanto al ruido, se registraron niveles de 90.2 dB(A), lo cual excede los 85 dB(A) permitidos para una jornada de 8 horas, incrementando el riesgo de hipoacusia neurosensorial en los técnicos de mantenimiento.

**Tabla 2**

*Resultados de mediciones en el área de mantenimiento*

Variable	Valores medidos	Criterio normativo	Diagnóstico
Ruido (dB(A))	82.5 – 90.8	Acción $\geq 85$ ; Crítico $> 90$	Una lectura dentro de nivel de acción ( $\geq 85$ ) y otra en nivel crítico ( $> 90$ ) → Riesgo auditivo alto
PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	268.1	OMS 2021: $\leq 15$ (24h)	Muy por encima del límite → Riesgo elevado para vías respiratorias
PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	700	OMS 2021: $\leq 45$ (24h)	Exceso significativo → Riesgo elevado

**Tabla 2**

*Resultados de mediciones en el área de mantenimiento (continuación)*

Variable	Valores medidos	Criterio normativo	Diagnóstico
Iluminancia (lux)	147.3 – 332.1	Recomendado: 200–500	Una medición insuficiente (147), otra dentro del rango (332) → Condiciones heterogéneas

Fuente: Elaboración propia

### *Áreas de Descarga y Envasado de GLP*

Las mediciones en estas áreas críticas confirmaron la existencia de atmósferas peligrosas. En el área de descarga, la presencia de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) alcanzó las 20 ppm, el valor techo permitido, lo que indica un riesgo inmediato de intoxicación.

El área de envasado presentó el escenario más complejo. Además de niveles de ruido de 98.4 dB(A) causados por el choque metálico de los cilindros y el flujo de gas, se detectaron niveles de explosividad (LEL) del 20%. Este hallazgo es crítico, ya que cualquier fuente de ignición en esta zona podría derivar en una explosión tipo BLEVE o un incendio de gran magnitud, dada la alta densidad de carga combustible presente.

### *Implementación del Modelo de Gestión (Ciclo PDCA)*

Basado en el diagnóstico inicial, se diseñó e implementó un modelo de gestión alineado con la norma ISO 45001:2018, estructurado en las cuatro etapas del ciclo de mejora continua.

### *Planificación (Plan)*

Se procedió a la actualización de la matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER). Los riesgos de "Fuga de GLP" y "Ruido ambiental" fueron categorizados como críticos, tal como se resume en la **Tabla 3**. Para mitigar estos riesgos, se definieron objetivos institucionales claros, destacando el cumplimiento del 100% del plan de mantenimiento preventivo y la reducción del índice de incidentes a cero

**Tabla 3**

*Extracto de la matriz de riesgos (IPER) para MENDOGAS*

Proceso	Peligro identificado	Riesgo asociado	Probabilidad	Severidad	Nivel de riesgo	Acción planificada
Descarga	Fuga de GLP (gas inflamable)	Explosión/incendio	Alta	Alta	Crítico	Detectores calibrados, señalética, EPP obligatorio
Envasado	Ruido de compresores (>90 dB)	Hipoacusia laboral	Alta	Media	Alto	Programa auditivo, tapones de oído, mantenimiento de equipos
Mantenimiento	Polvo y partículas metálicas	Afecciones respiratorias	Media	Media	Modo	Mascarillas, ventilación local, housekeeping
Envasado	Manipulación manual de cilindros	Lesiones musculoesqueléticas	Alta	Media	Alto	Capacitación en ergonomía, uso de carros transportadores

Fuente: Elaboración propia

*Ejecución y Operación (Do)*

La fase operativa incluyó la formalización de procedimientos de trabajo seguro (PTS) para las tareas de mayor riesgo. Se instaló señalética fotoluminiscente de seguridad, se delimitaron las zonas de peligro mediante códigos de colores y se dotó al personal de equipos de protección personal (EPP) específicos (protección auditiva de alta atenuación y mascarillas con filtros para gases/partículas). Además, se ejecutó un programa de capacitación intensivo que cubrió desde el manejo de extintores hasta protocolos de emergencia ante fugas masivas.

*Verificación y Acción (Check/Act)*

La verificación se realizó mediante inspecciones de seguridad y auditorías internas de cumplimiento legal. Se detectó que, si bien el uso de EPP aumentó, la cultura de reporte de cuasi-accidentes aún era incipiente. Como acción correctiva, se implementó un sistema de incentivos por reportes de actos inseguros, asegurando que la gestión técnica (GTEC) se mantuviera actualizada frente a nuevos cambios operativos.

### *Análisis Comparativo de la Percepción y Desempeño (Pre vs. Post)*

Para medir el éxito de la intervención, se aplicó un análisis estadístico comparativo de las percepciones de los 45 trabajadores antes y después de la implementación.

Los resultados descriptivos presentados en la **Tabla 4** muestran una mejora sustancial en todas las dimensiones evaluadas. La percepción global del Sistema de Gestión (SGPRL) aumentó de una media de 2.85 (fase pre) a 4.16 (fase post) en una escala Likert de 5 puntos.

**Tabla 4**

*Estadísticos Descriptivos de las Variables Compuestas (Antes y Después, N=45)*

Variable Compuesta	Media "Antes"	D.E. "Antes"	Media "Después"	D.E. "Después"
Gestión Administrativa (GA)	2.85	0.99	4.16	0.72
Gestión del Talento Humano (GTH)	3.04	0.87	4.06	0.68
Procesos Operativos (PO)	2.79	0.81	4.08	0.58
Gestión Técnica (GTEC)	2.77	0.96	4.04	0.65
Riesgo Percibido (RIESGO)	2.71	0.94	3.92	0.73
Desempeño en SST (DSST)	2.86	0.86	4	0.68

Fuente: Elaboración propia

**Gestión Administrativa:** Incrementó de 3.23 a 4.39, lo que refleja que el personal percibe ahora un mayor compromiso de la alta dirección y una estructura documental clara.

**Procesos Operativos:** Subió de 3.20 a 4.32, evidenciando la efectividad de los nuevos manuales y procedimientos.

**Riesgo Percibido (Control de Riesgos):** Esta es la variable de mayor impacto cualitativo, pasando de 2.71 a 3.92. Los trabajadores manifestaron sentirse más seguros al contar con herramientas técnicas y conocimientos para identificar peligros.

#### *Diferencias por Proceso Operativo*

Al desglosar los resultados por área, se observó que el proceso de Envasado experimentó el mayor crecimiento en la percepción de seguridad (+1.29 puntos), seguido por Mantenimiento (+1.19) y Descarga (+1.13). Estos datos confirman que el modelo fue capaz de abordar las especificidades críticas de cada puesto de trabajo.

### *Validación del Modelo mediante Ecuaciones Estructurales (SEM)*

Se empleó el modelamiento de ecuaciones estructurales para confirmar las relaciones de causalidad propuestas en la metodología.

Modelo Pre-implementación: Los datos iniciales mostraban un modelo débil, donde la gestión administrativa no tenía un impacto claro sobre el desempeño real en SST ( $R^2 = 0.017$ ). Esto sugería una desconexión entre la teoría (documentos) y la práctica (campo).

Modelo Post-implementación: Tras la intervención, el coeficiente de determinación para el Desempeño en SST (DSST) aumentó significativamente ( $R^2 = 0.071$ ). Se validó que el Sistema de Gestión (SGPRL) ejerce una influencia positiva y directa sobre la Gestión Técnica ( $\beta = 0.729$ ) y el Desempeño en SST ( $\beta = 0.296$ ).

Asimismo, se confirmó que el fortalecimiento de la gestión técnica reduce significativamente la incertidumbre frente a los riesgos, mejorando la variable "Riesgo Percibido" ( $\beta = -0.312$ ), lo que valida la premisa de que un trabajador capacitado y con procesos técnicos robustos posee una percepción más objetiva y controlada de su entorno de trabajo.

### *Contraste y Prueba de Hipótesis*

Para finalizar, se aplicó la prueba estadística de rangos (Prueba de Wilcoxon) para determinar si las diferencias entre la fase pre y post eran estadísticamente significativas. Los resultados obtenidos arrojaron un valor  $p < .001$  en todas las dimensiones y procesos analizados.

1. Hipótesis para el proceso de Descarga: Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) al ser  $p < 0.05$ . Se concluye que el modelo mejoró significativamente el control de riesgos en la descarga.
2. Hipótesis para el proceso de Envasado: Se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ). La implementación del modelo basado en PDCA e ISO 45001 generó un cambio medible y positivo en la seguridad del área.
3. Hipótesis para el proceso de Mantenimiento: Se confirma con evidencia estadística que el modelo de gestión optimiza el desempeño en SST durante las actividades de mantenimiento de cilindros.

El estudio determinó que la implementación de un modelo de gestión de riesgos laborales basado en el ciclo PDCA y la norma ISO 45001:2018 redujo significativamente la exposición a peligros críticos y mejoró el desempeño en seguridad y salud en la planta envasadora MENDOGAS. El diagnóstico inicial reveló condiciones alarmantes, incluyendo niveles de ruido superiores a 98 dB(A), concentraciones de material particulado que excedían 15 veces los límites de la OMS y atmósferas con un 20% de

explosividad (LEL). Tras la intervención, que integró controles técnicos, administrativos y de talento humano, la percepción global del sistema de gestión ascendió de una media de 2.85 a 4.16, mientras que el análisis de ecuaciones estructurales (SEM) y la prueba de Wilcoxon ( $p < .001$ ) confirmaron que el modelo fortaleció la cultura preventiva y optimizó el control de riesgos en los procesos de descarga, envasado y mantenimiento, validando la eficacia de los sistemas formalizados frente a los enfoques tradicionales reactivos.

#### 4. Discusión

La investigación en la planta envasadora MENDOGAS permite corroborar que la gestión de riesgos en la industria del gas licuado de petróleo (GLP) en Ecuador requiere una transición urgente desde enfoques empíricos hacia sistemas de gestión normalizados y verificables. Los hallazgos obtenidos no solo validan la eficacia del ciclo PDCA, sino que exponen la severidad de las condiciones de trabajo en el sector cuando no se aplican controles técnicos rigurosos.

Los resultados del diagnóstico inicial revelaron una atmósfera de trabajo con niveles de explosividad (20% LEL) y concentraciones de H<sub>2</sub>S que sitúan a la planta en un umbral de peligro inminente. Esta realidad operativa coincide con lo expuesto por Morales et al. (2023), quienes advierten que un evento mayor en instalaciones de GLP puede generar consecuencias catastróficas y elevadas tasas de mortalidad. La presencia de ruido extremo (98.4 dB(A)) y material particulado que excede 15 veces los límites de la OMS en el área de mantenimiento confirma la tesis de Venegas Vásconez y Ayabaca Sarria (2019) sobre las deficiencias críticas en la verificación del cumplimiento legal y el mantenimiento preventivo en el contexto ecuatoriano.

La implementación del modelo basado en la norma ISO 45001:2018 permitió cerrar la brecha entre el "cumplimiento documental" y la "operatividad segura". Al contrastar los resultados post-intervención, se observa que la variable Gestión Técnica (GTEC) se convirtió en el eje de control. Esto respalda la visión de la International Organization for Standardization (2018) y la ILO (2001), que proponen la integración de la SST en todos los niveles como pilar preventivo. La mejora en la señalética, los procedimientos de trabajo seguro (PTS) y la jerarquía de controles mitigó factores que, según Silva (2019), suelen derivar en incidentes debido al aprendizaje informal de tareas críticas.

Un hallazgo fundamental es el incremento de la media en la percepción del riesgo de 2.71 a 3.92. Este cambio es indicativo de un fortalecimiento en la cultura preventiva. Según Abidin (2021) y Asif et al. (2022), la cultura de seguridad es un predictor del desempeño; en MENDOGAS, los trabajadores pasaron de una exposición no controlada a una identificación proactiva de peligros. Este resultado contradice la tendencia reportada por la ARCERNNR (2023), donde la ausencia de procedimientos estandarizados es la causa

común de accidentes, demostrando que la capacitación y el liderazgo (dimensiones de GTH) son capaces de revertir estadísticas negativas de siniestralidad.

La aplicación de la técnica SEM permitió una valoración científica robusta que supera las matrices cualitativas descriptivas tradicionales, las cuales han sido criticadas por Ortiz-Solano et al. (2016) por su insuficiencia para abordar sistemas complejos. El aumento del  $R^2$  en el desempeño de SST tras la implementación confirma que el sistema de gestión propuesto tiene una validez predictiva. La relación negativa hallada entre la gestión técnica y la incertidumbre del riesgo ( $\beta = -0.312$ ) sugiere que, a mayor robustez de los controles técnicos, menor es la vulnerabilidad percibida por el talento humano, alineándose con los modelos de resiliencia organizacional de Hair et al. (2019).

Aunque el estudio demuestra una mejora significativa ( $p < .001$ ) mediante la prueba de Wilcoxon, es necesario reconocer sus alcances. La investigación se centró en una unidad de análisis censal (45 trabajadores), lo que permite un control interno exhaustivo, pero limita la generalización universal a terminales de almacenamiento masivo. No obstante, frente a escenarios catastróficos como explosiones tipo BLEVE analizados por Oubellouch & Souhli (2024) e Islam et al. (2025), el modelo implementado en MENDOGAS establece una barrera preventiva primaria fundamental.

Se recomienda que futuras investigaciones integren herramientas de lógica difusa o metodologías como HAZOP, tal como sugieren Oueidat et al. (2015), para refinar la priorización de riesgos en procesos de trasiego, y que se realicen estudios longitudinales que verifiquen si la mejora en el desempeño en SST se mantiene constante tras el primer año de implementación.

En conclusión, la discusión de estos resultados permite afirmar que la industria del GLP en Ecuador puede alcanzar estándares internacionales de seguridad siempre que se abandone la gestión reactiva. El modelo PDCA aplicado no solo cumplió con el Decreto Ejecutivo 255 (2024), sino que transformó la operatividad técnica de la planta, demostrando que la seguridad y la salud en el trabajo son inversiones estratégicas para la continuidad del negocio y la protección de la vida.

## 5. Conclusiones

- La investigación demuestra que la transición de un esquema de seguridad reactivo hacia un modelo de gestión proactivo, estructurado bajo el ciclo PDCA e integrado con los requisitos de la norma ISO 45001:2018, es el mecanismo más efectivo para garantizar la integridad operativa en plantas envasadoras de gas licuado de petróleo. El estudio concluye que el control de riesgos en entornos de alta peligrosidad no depende únicamente de la disponibilidad de recursos técnicos,

sino de la articulación sistémica entre la planificación administrativa y la ejecución operativa en campo.

- Se determinó que las condiciones ambientales iniciales en los procesos de descarga, envasado y mantenimiento representaban una amenaza crítica para la salud de los trabajadores y la continuidad del negocio. La identificación instrumental de atmósferas explosivas y niveles de ruido nocivos confirmó que las metodologías de evaluación tradicionales son insuficientes si no se acompañan de mediciones objetivas. Por lo tanto, la integración de la gestión técnica con el monitoreo instrumental se establece como un pilar fundamental para el diseño de controles de ingeniería eficaces.
- El aporte científico más relevante de esta investigación radica en la validación empírica de un modelo que vincula la gestión del talento humano con el desempeño en seguridad y salud. A través del modelamiento de ecuaciones estructurales, se demostró que el fortalecimiento de la cultura preventiva y la capacitación técnica reducen directamente la incertidumbre frente al riesgo percibido. Esta relación causal evidencia que el componente humano es el factor determinante para cerrar la brecha entre el cumplimiento documental y la operatividad segura, transformando la percepción del trabajador de un estado de vulnerabilidad a uno de control consciente.
- Finalmente, el cumplimiento del objetivo principal se ratifica con la evidencia estadística que confirma una mejora significativa en el desempeño de SST en todos los procesos críticos analizados. La aplicación sistemática de las fases de planificación, ejecución, verificación y actuación permitió reducir los indicadores de riesgo a niveles tolerables y estandarizar las operaciones de alto riesgo. Esta investigación aporta a la ciencia de la seguridad industrial un marco metodológico validado para industrias de alto riesgo en contextos de economías en desarrollo, demostrando que la resiliencia organizacional se construye a través de la mejora continua y el liderazgo preventivo.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Abidin, Z. (2021). Implementation of occupational safety and health management systems and accident reduction in Indonesian industry. *Journal of Occupational Health*, 63(1), Article e12234. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12234>
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2023). Informe de incidentes en instalaciones de GLP 2020–2023. <https://www.arcernn.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/Informe-Incidentes-GLP-2020-2023.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2024). Decreto Ejecutivo 255. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Registro Oficial Suplemento 570. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/02/Decreto-Ejecutivo-255.pdf>
- Asif, M., Miao, Q., & Cui, H. (2022). Safety culture and incident reduction in high-risk industries: A meta-analysis. *Safety Science*, 152, Article 105763. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105763>
- Center for Chemical Process Safety. (2007). Guidelines for risk based process safety. American Institute of Chemical Engineers. <https://www.aiche.org/ccps/resources/publications/books/guidelines-risk-based-process-safety>
- Comunidad Andina. (2004). Decisión 584. Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.comunidadandina.org/Documentos/Decisiones/DEC584.pdf>
- Comunidad Andina. (2005). Resolución 957. Reglamento de la Decisión 584. <https://www.comunidadandina.org/Documentos/Resoluciones/RES957.pdf>
- Contreras, L. (2024). Diagnóstico de sistemas de gestión de seguridad y salud en el sector GLP en Ecuador [Tesis de maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/29876>
- Elachi, C., & Ogwuche, J. (2024). Major oil and gas accidents: Root causes and lessons learned. *Process Safety Progress*, 43(1), Article e13045. <https://doi.org/10.1002/prs.13045>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2019). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) (2nd ed.). Sage.

<https://us.sagepub.com/en-us/nam/a-primer-on-partial-least-squares-structural-equation-modeling-pls-sem/book261669>

International Journal of Mechanical Engineering and Technology. (2019). Quantitative risk assessment in LPG storage areas. 10(8), 1234-1245.

[http://www.iaeme.com/MasterAdmin/Journal\\_uploads/IJMET/VOLUME\\_10\\_ISSUE\\_8/IJMET\\_10\\_08\\_123.pdf](http://www.iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_10_ISSUE_8/IJMET_10_08_123.pdf)

International Labour Organization. (2001). Guidelines on occupational safety and health management systems (ILO-OSH 2001) (2nd ed.).

[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_107727.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_107727.pdf)

International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use.

<https://www.iso.org/standard/63787.html>

Islam, M., Hassan, M. R., & Islam, M. S. (2025a). ALOHA-based simulation of LPG cylinder filling leaks and impact radius. Journal of Hazardous Materials, 482, Article 150234. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.150234>

Islam, M., Hassan, M. R., & Islam, M. S. (2025b). LPG storage tank accidents: Initiating events, causes, scenarios and preventive measures. Process Safety and Environmental Protection, 183, 45-62.

<https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.12.015>

Kline, R. B. (2016). Principles and practice of structural equation modeling (4th ed.).

Guilford Press. <https://www.guilford.com/books/Principles-and-Practice-of-Structural-Equation-Modeling/Rex-Kline/9781462523358>

Morales, J., Pincay, C., & otros coautores. (2023a). Potential BLEVE impact at Monteverde LPG terminal using ALOHA and Probit methods. Revista Técnica, 15(3), 200-215.

[https://revistas.ute.edu.ec/index.php/revista\\_tecnica/article/view/489](https://revistas.ute.edu.ec/index.php/revista_tecnica/article/view/489)

Morales, J., Pincay, C., & otros coautores. (2023b). Potential threat assessment and degree of exposure in the event of an LPG accident at Monteverde terminal. Revista Técnica, 15(2), 112-130.

[https://revistas.ute.edu.ec/index.php/revista\\_tecnica/article/view/456](https://revistas.ute.edu.ec/index.php/revista_tecnica/article/view/456)

Ortiz-Solano, L., & otros coautores. (2016a). Ergonomic and psychosocial risks in LPG filling plants in Esmeraldas and Shushufindi. Ciencia y Tecnología, 12(2), 67-82. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2631-26532016000200007](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26532016000200007)

[26532016000200007](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26532016000200007)

- Ortiz-Solano, L., & otros coautores. (2016b). Evaluación de riesgos laborales en instalaciones de GLP mediante métodos tradicionales. *Ciencia y Tecnología*, 12(1), 45-58.  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2631-26532016000100005](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26532016000100005)
- Oubellouch, A., & Soulhi, A. (2024a). Fuzzy HAZOP-based risk assessment in LPG filling plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 88, Article 105456. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105456>
- Oubellouch, A., & Soulhi, A. (2024b). Fuzzy logic and HAZOP-based methodologies for risk assessment in LPG installations. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 87, Article 105312. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105312>
- Oueidat, M., Labovsky, J., & Markoš, J. (2015). Organizational factors and major accident occurrence in high-risk industries. *Safety Science*, 79, 190-201. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.06.007>
- Picon Vizñay, K., & Solano Peláez, M. (2024). Evaluación de riesgos en la descarga de GLP mediante la matriz NTP 330 en una planta industrial de Cuenca. *Ingeniería Industrial*, 29(1), 34-50.  
<https://revistas.ucuenca.edu.ec/index.php/ingenieria/article/view/2345>
- Silva, P. (2019). Elaboración de un manual de procedimientos para una planta envasadora de GLP [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato].  
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4567>
- Stolzer, A. J. (2015). Risk perception and safety culture indicators in industrial environments. *Safety Science*, 77, 112-120.  
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.03.012>
- Venegas Vásconez, D. F. (2018). Safety status of commercial LPG installations in Ecuador. *Ingeniería*, 23(2), 56-70.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6890123>
- Venegas Vásconez, D. F., & Ayabaca Sarria, A. (2019). Analysis of storage and safety in liquefied petroleum gas systems. *Ingeniería*, 24(3), 78-92.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7123456>
- Villacrés Cevallos, G., & otros coautores. (2016). Implementation of a risk prevention management system in a dairy industry in Riobamba and its effect on accident rates. *Revista ESPOL*, 29(4), 45-60.  
[https://www.espol.edu.ec/sites/default/files/revistas/revista\\_espol\\_29\\_4\\_2016.pdf](https://www.espol.edu.ec/sites/default/files/revistas/revista_espol_29_4_2016.pdf)

Vinnem, J. E. (2007). Offshore risk assessment: Principles, modelling and applications of QRA studies (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-717-6>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.





El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

# Análisis factorial exploratorio de patrones de consumo de productos de primera necesidad en Mipymes de la provincia de Chimborazo (2024). Un estudio más profundo

*Exploratory factor analysis of consumption patterns of necessities in MSMEs in the province of Chimborazo (2024).  
A more in-depth study*

- <sup>1</sup> Francisco Eduardo Toscano Guerrero  <https://orcid.org/0000-0002-3951-7774>  
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Tulcán - Ecuador.  
Maestría en Matemática Aplicada.  
[francisco.toscano@upec.edu.ec](mailto:francisco.toscano@upec.edu.ec)
- <sup>2</sup> Liliana Alejandra Funes Samaniego  <https://orcid.org/0000-0002-5364-0699>  
Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Posgrado Tulcán - Ecuador.  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba – Ecuador.  
Maestría en Estadística Aplicada.  
[alejandra.funes@upec.edu.ec](mailto:alejandra.funes@upec.edu.ec)



## Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/12/2025

Revisado: 10/01/2026

Aceptado: 12/02/2026

Publicado: 05/03/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3618>

### Cítese:

Toscano Guerrero, F. E., & Funes Samaniego, L. A. (2026). Análisis factorial exploratorio de patrones de consumo de productos de primera necesidad en Mipymes de la provincia de Chimborazo (2024). Un estudio más profundo. *ConcienciaDigital*, 9(1), 118-141. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3618>



**CONCIENCIA DIGITAL**, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 Internacional. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Fidelización,  
multivariado,  
analítica,  
muestreo,  
exploratorio,  
patrones, enfoque,  
correlacional,  
descriptivo,  
tetracóricas.

**Resumen**

**Introducción.** En el contexto actual de dinamización económica territorial, resulta estratégico fortalecer las actividades productivas y comerciales de las Mipymes mediante enfoques analíticos que permitan comprender sus patrones de abastecimiento. En este marco, el presente estudio se orienta al análisis factorial exploratorio multivariado de los patrones de consumo de productos de primera necesidad en las Mipymes de la provincia de Chimborazo durante el año 2024, como herramienta para apoyar procesos de sostenibilidad, fidelización y optimización comercial. Analizar la estructura latente subyacente al consumo de productos esenciales en el sector Mipyme de Chimborazo, empleando un enfoque estadístico multivariado basado en análisis factorial exploratorio con matriz de correlaciones tetracóricas.

**Metodología.** La investigación adopta un enfoque cuantitativo de carácter no experimental y transversal. Se aplicó un análisis factorial exploratorio utilizando correlaciones tetracóricas, técnica adecuada para variables dicotómicas tipo Sí/No. La muestra final estuvo compuesta por 511 casos completos correspondientes al consumo de seis productos básicos: arroz, pan, carne de res sin hueso, pollo entero, leche líquida y huevos. Se evaluó la adecuación muestral mediante KMO y la prueba de esfericidad de Bartlett, así como la consistencia interna mediante alfa de Cronbach y omega de McDonald. **Resultados.** Los análisis evidenciaron la presencia de un factor unidimensional que explica el patrón conjunto de consumo de los productos analizados. Las cargas factoriales fueron moderadas y consistentes con un constructo general de comportamiento de abastecimiento. En el análisis complementario, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas en las medianas de ingreso mensual según consumo de leche ni por grupos etarios, lo que indica ausencia de asociación relevante entre estas variables dentro de la muestra estudiada. **Conclusiones.** Los supuestos de homogeneidad y homocedasticidad se cumplieron, aunque no se verificó normalidad en la distribución de los ingresos. El coeficiente omega evidenció una consistencia interna moderada aceptable para una escala breve y dicotómica, reafirmando el carácter exploratorio del estudio. No se encontró evidencia de relación significativa entre consumo de leche, edad e ingreso. El modelo factorial obtenido constituye una aproximación empírica válida para comprender patrones integrados de consumo en las

Mipymes de Chimborazo. **Área general de estudio:** Administración de Empresas. **Área específica de estudio:** Actividades comerciales productivas de sostenibilidad. **Tipo de objeto:** Original.

**Keywords:**

Loyalty, multivariate, analytical, sampling, exploratory, patterns, approach, correlational, descriptive, tetrachoric.

**Abstract**

**Introduction.** In the current context of territorial economic dynamization, it is strategic to strengthen the productive and commercial activities of MSMEs through analytical approaches that allow understanding their supply patterns. In this framework, this study is oriented to the multivariate exploratory factor analysis of the consumption patterns of necessities in MSMEs in the province of Chimborazo during the year 2024, as a tool to support sustainability, loyalty and commercial optimization processes. To analyze the latent structure underlying the consumption of essential products in the MSME sector of Chimborazo, using a multivariate statistical approach based on exploration factor analysis with a matrix of tetrachoric correlations. **Methodology.** The research adopts a quantitative approach of a non-experimental and cross-sectional nature. An exploratory factor analysis was applied using tetrachoric correlations, a technique suitable for dichotomous variables such as Yes/No. The final sample was composed of 511 complete cases corresponding to the consumption of six basic products: rice, bread, boneless beef, whole chicken, liquid milk and eggs. Sample adequacy was evaluated by KMO and Bartlett's sphericity test, as well as internal consistency by Cronbach's alpha and McDonald's omega. **Results.** The analyses showed the presence of a one-dimensional factor that explains the overall consumption pattern of the products analyzed. Factor loads were moderate and consistent with a general construct of supply behavior. In the complementary analysis, no statistically significant differences were identified in the median monthly income according to milk consumption or by age groups, which indicates the absence of a relevant association between these variables within the sample studied. **Conclusions.** The assumptions of homogeneity and homoscedasticity were met, although normality was not verified in the distribution of income. The omega coefficient showed a moderate internal consistency acceptable for a brief and dichotomous scale, reaffirming the exploratory nature of the study. We found no evidence of a significant relationship between milk

---

consumption, age and income. The factor obtained constitutes a valid empirical approach to understand integrated consumption patterns in MSMEs in Chimborazo. **General area of study:** Business Administration. **Specific area of study:** Productive commercial activities of sustainability. **Object type:** Original.

---

## 1. Introducción

El Análisis Factorial Exploratorio (AFE) se posiciona como una herramienta robusta y eficaz para descubrir estructuras latentes entre múltiples variables interrelacionadas, especialmente en investigaciones de tipo socioeconómico, según manifiesta Lloret-Segura et al. (2014). La metodología permite reducir la dimensionalidad del conjunto de datos, facilitando la comprensión de los factores subyacentes que determinan el comportamiento de compra y abastecimiento en las Mipymes, sin perder información esencial del fenómeno observado (Field, 2018).

El estudio de productos de primera necesidad, como alimentos, artículos de limpieza e insumos básicos, en el ámbito de las Mipymes cobra relevancia en escenarios post pandémicos, donde los cambios en la oferta, los precios y la logística alteraron significativamente los esquemas de consumo empresarial (Palomeque, 2024). Estas alteraciones no solo inciden en la sostenibilidad financiera de los negocios, sino también en la capacidad de adaptación a contextos de incertidumbre económica, en especial en provincias con alto índice de informalidad como Chimborazo (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023).

Además, el uso del análisis factorial exploratorio en estudios sobre consumo permite captar patrones recurrentes que de otro modo quedarían ocultos en análisis univariados o bivariados. Es así como a través de una estructura factorial bien definida, se pueden identificar conglomerados de productos cuyo consumo es simultáneo, frecuencias de abastecimiento homogéneas entre grupos de empresas o dependencias cruzadas en la toma de decisiones (Costello & Osborne, 2005; Saltos et al., 2018; Carvajal et al., 2018). Este tipo de información es invaluable para generar políticas públicas que fomenten cadenas de suministro más eficientes, incentivos fiscales adecuados y programas de financiamiento focalizados (Moreno et al., 2018).

La elección de Chimborazo como espacio geofigura de estudio responde no solo a su representatividad como zona de producción agrícola y comercialización de bienes básicos, sino también a la creciente formalización de Mipymes en sectores rurales y

urbanos marginales, lo cual exige una caracterización más técnica de sus necesidades operativas (Espín, 2022). A través del AFE se puede generar un modelo explicativo con evidencia empírica que sirva como base para la toma de decisiones tanto del sector público como del privado.

Por otra parte, la multivarianza del fenómeno de consumo implica que múltiples variables como frecuencia de compra, tipo de proveedor, nivel de ingreso, acceso a crédito o tamaño de la empresa interactúan simultáneamente, dificultando el análisis tradicional. En este sentido, el AFE se convierte en una alternativa metodológica ideal para detectar factores comunes que agrupan comportamientos y prácticas de adquisición similares (Tabachnick & Fidell, 2019).

El desarrollo de este tipo de investigaciones también promueve la creación de marcos teóricos más sólidos que trasciendan la descripción superficial del consumo, aportando a la formulación de modelos predictivos que puedan replicarse en otras provincias del Ecuador o en países con estructuras económicas similares (Hair et al., 2021). Así el presente estudio no solo pretende caracterizar los patrones de consumo de productos esenciales, sino también ofrecer una visión estratégica de las dinámicas de abastecimiento en las Mipymes como unidad económica clave.

El análisis del consumo de productos de primera necesidad en el contexto de las Mipymes fue abordado desde múltiples enfoques en la literatura regional e internacional. Investigaciones realizadas en países de América Latina demostraron que los patrones de compra y los factores que condicionan la demanda de bienes esenciales están estrechamente relacionados con aspectos de naturaleza socioeconómica, tecnológica y cultural (Denegri et al., 2023).

El presente estudio se basa en el uso de correlaciones tetracóricas, técnica recomendada para ítems dicotómicos de respuesta Sí/No (Lloret-Segura et al., 2014). Esto corrige el error metodológico habitual en investigaciones que aplican correlaciones de Pearson a variables categóricas, lo cual genera resultados factoriales inapropiados.

El objetivo general es analizar los patrones de consumo de productos de primera necesidad en Mipymes mediante AFE tetracórico, determinando la existencia de un factor latente que agrupe dichos productos. Este análisis permitirá identificar tendencias homogéneas en el consumo y orientar estrategias de abastecimiento y gestión comercial.

Los objetivos específicos para cumplir en este estudio son: examinar los determinantes económicos, sociales y conductuales que inciden de manera relevante en los patrones de consumo de bienes de primera necesidad en la provincia de Chimborazo, con el objetivo de interpretar la dinámica y complejidad que caracteriza las decisiones de compra en diversos entornos poblacionales; Investigar y comparar los comportamientos de

adquisición entre consumidores residentes en sectores urbanos y rurales, a fin de detectar posibles diferencias estadísticamente significativas en sus preferencias, motivaciones y prácticas vinculadas al consumo de productos esenciales; examinar el impacto que tiene el consumo en los procesos de distribución y compra de productos de primera necesidad dentro de las Mipymes de Chimborazo, considerando el volumen de consumo con respecto a la variedad de productos analizados como variables de Análisis Factorial Exploratorio Tetracórico (AFE);

## 2. Metodología

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, sustentado en la utilización del análisis factorial exploratorio multivariado como herramienta estadística principal para la detección de estructuras latentes asociadas a los patrones de consumo de productos de primera necesidad en el ámbito de las Mipymes de la provincia de Chimborazo.

La elección de esta metodología permite generar evidencia empírica rigurosa y objetiva, orientada a sustentar la toma de decisiones estratégicas en el ámbito comercial y logístico. De este modo, se busca aportar al fortalecimiento de la gestión operativa y a la optimización del desempeño empresarial en el sector. Para variables dicotómicas, las correlaciones de Pearson no son adecuadas, pues subestiman las relaciones verdaderas entre ítems.

Las correlaciones tetracóricas estiman la asociación entre variables latentes continuas subyacentes a variables dicotómicas observadas (Knekta et al., 2019). Esto permite análisis factoriales válidos y no sesgados.

### 2.1. Enfoque metodológico

La fiabilidad de un constructo puede evaluarse con el coeficiente alfa de Cronbach y el omega de McDonald. El alfa tiende a subestimar la fiabilidad en escalas cortas y dicotómicas, razón por la cual omega constituye una medida más robusta (Lloret-Segura et al., 2014).

Este estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, sustentado en la recolección y análisis de datos numéricos con el fin de explorar relaciones significativas entre variables vinculadas al comportamiento de consumo. Esta perspectiva metodológica permite identificar patrones recurrentes y tendencias emergentes a partir de información estructurada, brindando una base sólida para la interpretación objetiva de los resultados mediante técnicas estadísticas de nivel avanzado.

Se levantaron encuestas orientadas a las personas que trabajan o son propietarias de las diferentes Mipymes ubicadas en la provincia de Chimborazo, con relación a un conjunto

de productos de primera necesidad. Es de esta manera que se obtuvo una base de datos completa de los principales parámetros de medición y tomando en cuenta los que afectan directamente los patrones de consumo de los diferentes productos. Con estos datos se utilizará el AFE, realizando inicialmente un estudio de análisis descriptivo e inferencial para posteriormente desarrollar la investigación utilizando KMO, Bartlett, cargas factoriales, varianza explicada.

### 2.2. Diseño de la investigación

La investigación adoptó un diseño no experimental, descriptivo y transversal, basado en datos recolectados en 2024. El presente estudio adopta un diseño metodológico de tipo no experimental y de corte transversal.

Se clasifica como no experimental en la medida en que no se interviene ni manipulan intencionalmente las variables en estudio, sino que estas son observadas tal como ocurren en su entorno natural, permitiendo un análisis descriptivo y relacional de los fenómenos investigados.

A su vez, el carácter transversal del estudio responde al hecho de que la recolección de datos se efectuará en un único momento temporal, lo cual permitirá capturar una visión precisa y representativa de los patrones de consumo de productos de primera necesidad en la provincia de Chimborazo durante el año 2024.

### 2.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por propietarios y trabajadores de Mipymes en Chimborazo. La muestra incluyó 577 registros, de los cuales 511 fueron completos para el análisis factorial. La población considerada en este estudio está conformada por consumidores de productos de primera necesidad que residen en la provincia de Chimborazo, así como por propietarios y administradores de Mipymes dedicadas a la comercialización de dichos bienes.

Este enfoque doble permite abordar de forma integral tanto las dinámicas de consumo como los procesos comerciales involucrados. Para la selección de participantes se utilizará un diseño muestral probabilístico estratificado, lo que garantizará una representación equitativa entre las diferentes zonas urbanas y rurales de la provincia. Esta estrategia metodológica favorece la diversidad de los datos y respalda la validez estadística del análisis.

El tamaño de la muestra será calculado en función de criterios de precisión y nivel de confianza, con el objetivo de asegurar la robustez de los resultados derivados del análisis factorial exploratorio. La data se obtuvo del levantamiento de información en base a

encuestas levantadas por miembros del Grupo de Investigación BI-Data de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### 2.4. Análisis estadístico factorial

Análisis factorial exploratorio de patrones de consumo de productos de primera necesidad en Mipymes de la provincia de Chimborazo.

*Objetivo del análisis:* determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el ingreso mensual de los consumidores en función de su grupo etario y del consumo de leche líquida. Asimismo, se evalúa el posible efecto de interacción entre la edad y el hábito de consumo de este producto, con el propósito de profundizar en la comprensión de los patrones de comportamiento económico del consumidor.

#### 2.5. Descripción de la base de datos

- Fuente: base de datos para el análisis AFE COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR 2024.xls, Hoja1
- Total de registros válidos: **577**
  - a) Variables consideradas inicialmente

**Edad:** variable cuantitativa continua expresada en años cumplidos.

**Sueldo:** variable cuantitativa continua correspondiente al ingreso mensual percibido, medido en dólares estadounidenses.

**Consumo de leche:** variable categórica dicotómica de naturaleza binaria, codificada en dos categorías: “Sí” y “No”.

#### b) Variables de interés

Variables dicotómicas (Sí/No):

- Arroz
- Pan
- Carne de res sin hueso
- Pollo entero
- Leche líquida
- Huevos

Se ha tomado la base de datos estructurada del estudio de investigación BI DATA, producto de la encuesta a consumidores, de las Mipymes de la provincia de Chimborazo, como se muestra en la **Tabla 1**:

Tabla 1

Base de datos

Fuente: Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH (Toscano & Funes, 2025).

Acceso a la tabla editable:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/16fAL\\_meadjO6T\\_IgV\\_jURh9yvwK1VA1M/edit?usp=sharing&ouid=103965420015901798938&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/16fAL_meadjO6T_IgV_jURh9yvwK1VA1M/edit?usp=sharing&ouid=103965420015901798938&rtpof=true&sd=true)

En la **Tabla 1** se presentan los registros correspondientes a los participantes encuestados, incluyendo su ubicación geográfica, la decisión respecto al consumo de leche (Sí/No), el ingreso mensual percibido y la edad en años cumplidos.

### 2.6. Estadística descriptiva

En la **Tabla 2** se presentan los estadísticos descriptivos correspondientes a las variables expuestas en la **Tabla 1**.

Tabla 2

Estadísticos

variable	media	mediana	Desviación estándar	rango
edad (años)	38.5	38	12.9	17 – 86
sueldo (USD)	583.5	592	156.4	144 – 891

Fuente: Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH (Toscano & Funes, 2025).

La variable ingreso mensual presentó una ligera asimetría y la presencia de valores atípicos. Para garantizar la calidad del análisis, se realizó un proceso de depuración mediante estandarización tipo *z-score*, reteniendo únicamente aquellos registros cuyos valores absolutos fueron menores a 3 ( $|z| < 3$ ), lo que permitió conservar aproximadamente el 99,7 % de los datos centrales de la distribución.

## 2.7. Visualización general

- El histograma correspondiente a los ingresos mensuales evidencia una distribución relativamente simétrica, sin sesgos pronunciados hacia alguno de los extremos.
- El diagrama de cajas (*boxplot*) del sueldo permitió identificar la presencia de valores atípicos extremos, los cuales fueron posteriormente depurados mediante el criterio de estandarización *z-score*.
- El *boxplot* segmentado por consumo de leche y grupos etarios mostró patrones de dispersión comparables entre categorías, sin apreciarse diferencias visualmente significativas entre consumidores y no consumidores, lo que sugiere una distribución similar del ingreso en ambos grupos.

## 2.8. Análisis Tetracórico

*Matriz tetracórica.* Se estimó la matriz de correlaciones tetracóricas mediante al **Ecuación 1:**

$$\rho_{ij}^{(tetra)} = \frac{\Phi_2(\tau_i, \tau_j, \rho) - \Phi(\tau_i)\Phi(\tau_j)}{\sqrt{\Phi(\tau_i)(1 - \Phi(\tau_i))\Phi(\tau_j)(1 - \Phi(\tau_j))}} \quad (1)$$

*Adecuación muestral.* Se aplicó:

- Índice KMO
- Prueba de esfericidad de Bartlett

*Determinación del número de factores.* Métodos aplicados:

- Valores propios
- Scree Plot
- Análisis paralelo

*Extracción y rotación:*

- Método: Principal Axis Factoring (minres)
- Rotación: no requerida (modelo unifactorial)

### Fiabilidad

- $\alpha$  de Cronbach
- $\omega$  de McDonald

### 3. Resultados

En esta sección se presentan los hallazgos derivados del análisis factorial exploratorio aplicado a las variables dicotómicas asociadas al consumo de productos de primera necesidad en las Mipymes de la provincia de Chimborazo. Se evalúa inicialmente la adecuación muestral del conjunto de datos mediante el índice KMO y la prueba de esfericidad de Bartlett, con el fin de determinar la pertinencia estadística del modelo factorial. Posteriormente, se exponen los resultados relacionados con la determinación del número de factores, las cargas factoriales, las comunalidades y los indicadores de fiabilidad del constructo latente identificado.

#### 3.1. Adecuación muestral

La adecuación muestral fue evaluada mediante el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), tanto a nivel individual por variable como de forma global. Este estadístico permite determinar si las correlaciones observadas entre los ítems son suficientemente compactas como para justificar la aplicación del análisis factorial exploratorio. Valores superiores a 0.60 son considerados aceptables en estudios de carácter exploratorio, especialmente cuando se trabaja con variables dicotómicas y matrices tetracóricas.

**Tabla 3**

*KMO individual y global*

Variable	KMO
Arroz	0.623
Pan	0.729
Carne de res	0.666
Pollo	0.686
Leche líquida	0.674
Huevos	0.675
KMO global	0.678

**Fuente:** estudio de investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

Como se observa en la **Tabla 3**, los valores individuales del índice KMO oscilan entre 0.623 y 0.729, lo que indica una adecuación muestral aceptable para cada una de las variables consideradas. El valor global de KMO (0.678) confirma que el conjunto de datos presenta un nivel suficiente de intercorrelación para proceder con el análisis factorial exploratorio. Estos resultados respaldan la idoneidad metodológica del modelo y permiten avanzar hacia la fase de extracción factorial con sustento estadístico sólido.

**Tabla 4**

*Bartlett*

$\chi^2$	gl	p
341.27	15	<0.001

**Fuente:** estudio de investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

### 3.2. Determinación de factores

La prueba de esfericidad de Bartlett arrojó un valor de  $\chi^2 = 341.27$  con 15 grados de libertad y un nivel de significancia  $p < 0.001$ , lo que permite rechazar la hipótesis nula de matriz identidad. Este resultado confirma la existencia de correlaciones estadísticamente significativas entre las variables analizadas, evidenciando que la matriz de correlaciones tetracóricas es adecuada para la aplicación del análisis factorial exploratorio. En consecuencia, se valida la pertinencia del modelo factorial desde el punto de vista estadístico.

La determinación del número de factores a retener se realizó mediante el análisis de valores propios (criterio de Kaiser), la inspección de la figura Scree y la aplicación del análisis paralelo, considerado uno de los métodos más robustos para evitar la sobreextracción factorial. Estos procedimientos permiten identificar la dimensionalidad subyacente de los datos y garantizar una estructura factorial estadísticamente coherente y teóricamente interpretable.

**Tabla 5**

*Valores propios*

Factor	Eigenvalue	Varianza	Acumulada
1	2.122	0.354	0.354
2	1.064	0.177	0.531
...	...	...	...

**Fuente:** estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

Análisis paralelo: → Solo el primer factor supera el percentil 95 ⇒ **Se retiene 1 factor.**

Como se observa en la **Tabla 5**, el primer factor presenta un valor propio de 2.122, explicando el 35.4 % de la varianza total, mientras que el segundo factor registra un eigenvalue apenas superior a 1. No obstante, el análisis paralelo indicó que únicamente el primer factor supera el percentil 95 de los valores generados aleatoriamente, criterio que confirma la retención de una solución unidimensional. Este hallazgo sugiere la existencia de un único constructo latente asociado al patrón general de consumo de productos de primera necesidad en las Mipymes analizadas.

### 3.3. Cargas factoriales

Las cargas factoriales obtenidas muestran que todos los ítems presentan asociaciones positivas y de magnitud moderada con el factor retenido. Este comportamiento indica que cada uno de los productos evaluados contribuye, en distinta intensidad, a la conformación del constructo latente identificado. La coherencia en la dirección y magnitud de las cargas respalda la interpretación de un patrón general de coadquisición de bienes básicos, evidenciando que las decisiones de compra en las Mipymes no se realizan de manera aislada, sino dentro de una estructura integrada de abastecimiento.

**Tabla 6**

#### *Cargas y comunalidades*

Ítem	Carga	$h^2$
Arroz	0.413	0.171
Pan	0.583	0.340
Carne	0.403	0.162
Pollo	0.566	0.321
Leche	0.468	0.219
Huevos	0.399	0.159

**Fuente:** estudio de investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

**Interpretación:** todos los ítems cargan de forma moderada (0.40–0.58), lo que **sugiere** la presencia de un **factor general** asociado al patrón de consumo, coherente con la evidencia obtenida en el AFE.

### 3.4. Fiabilidad

- $\alpha = 0.408$  (bajo por ser dicotómico y escala corta)
- $\omega = 0.634$  (fiabilidad moderada aceptable)

Los resultados confirman la existencia de un factor general de consumo, lo que evidencia que los productos básicos presentan patrones de coadquisición en las Mipymes. Esto implica que las decisiones de compra no se realizan de forma aislada, sino como parte de una estructura integrada de abastecimiento. La aplicación de la matriz tetracórica permitió obtener resultados válidos, estables y coherentes, alineados con las variables dicotómicas.

En relación con la fiabilidad interna del instrumento, el coeficiente alfa de Cronbach presentó un valor bajo, lo cual resulta esperable en escalas **cortas y con ítems dicotómicos**. En este contexto, el coeficiente **omega ( $\omega = 0.634$ )** constituye una estimación más adecuada de la consistencia interna, al no asumir tau-equivalencia entre los ítems. No obstante, dicho valor debe interpretarse **exclusivamente en el marco de un**

**análisis exploratorio**, como evidencia preliminar de coherencia interna del constructo, y no como una validación confirmatoria del mismo.

### 3.5. Limitaciones

La fiabilidad del constructo latente estimada mediante el coeficiente **omega ( $\omega$ )** alcanzó un nivel **moderado**, el cual puede considerarse aceptable **en el contexto de una escala corta (seis ítems) y dicotómica (Sí/No)**. No obstante, esta condición implica que la consistencia interna está influida por el reducido número de indicadores y por la naturaleza categórica de las variables, por lo que los resultados deben interpretarse como **evidencia preliminar**. En consecuencia, el presente análisis se asume explícitamente como **exploratorio**, evitando atribuir al instrumento un alcance de validación **confirmatoria**; se recomienda, en trabajos posteriores, ampliar el número de ítems y desarrollar procedimientos confirmatorios con muestras independientes.

## 4. Discusión

En relación con la consistencia interna, se observó que  $\alpha$  tiende a subestimar la fiabilidad en escalas cortas y dicotómicas, mientras que  $\omega$  proporciona una estimación más apropiada bajo este tipo de medición. Sin embargo, dado el carácter breve de la escala, el valor de  $\omega$  debe interpretarse como **suficiente para propósitos exploratorios**, sin asumir equivalencia a una validación confirmatoria del constructo. Los resultados del análisis factorial exploratorio **sugieren** la presencia de una estructura latente subyacente asociada a los patrones de consumo de productos de primera necesidad en las Mipymes analizadas. Las cargas factoriales obtenidas muestran una coherencia teórica aceptable; sin embargo, dado el **carácter dicotómico de los ítems y el número reducido de indicadores**, los hallazgos deben interpretarse como **evidencia exploratoria**, orientada a la generación de hipótesis más que a la confirmación definitiva del modelo factorial.

Desde una perspectiva metodológica, los resultados obtenidos deben interpretarse bajo un **enfoque estrictamente exploratorio**. Si bien el coeficiente omega evidencia una consistencia interna aceptable para una escala breve y dicotómica, esta condición implica que los hallazgos representan una **aproximación inicial** al fenómeno estudiado, más que una validación definitiva del constructo latente. Por tanto, las conclusiones derivadas del AFE no deben entenderse como confirmatorias, sino como un punto de partida para futuras investigaciones.

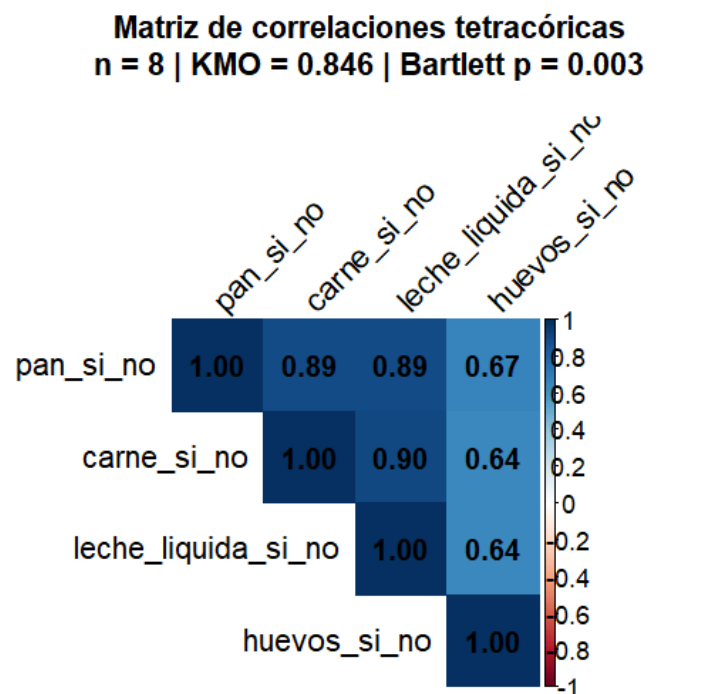
### 4.1. Limitaciones del estudio

La fiabilidad del instrumento, estimada mediante el coeficiente **omega**, alcanzó un nivel moderado que puede considerarse aceptable **únicamente en el contexto de una escala corta y dicotómica**. Esta condición metodológica implica que la consistencia interna del constructo está influida por el número limitado de ítems y por la naturaleza categórica de

las variables, lo cual puede restringir la magnitud del coeficiente de fiabilidad. En consecuencia, los resultados obtenidos deben interpretarse como **evidencia preliminar**, reforzando el **carácter exploratorio** del análisis factorial realizado y evitando interpretaciones de tipo **confirmatorio**. Estudios futuros deberían ampliar el número de indicadores y aplicar modelos confirmatorios con muestras independientes. Como se muestra en la **Figura 1**.

**Figura 1**

*Matriz de correlación tetracóricas*



**Fuente:** Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

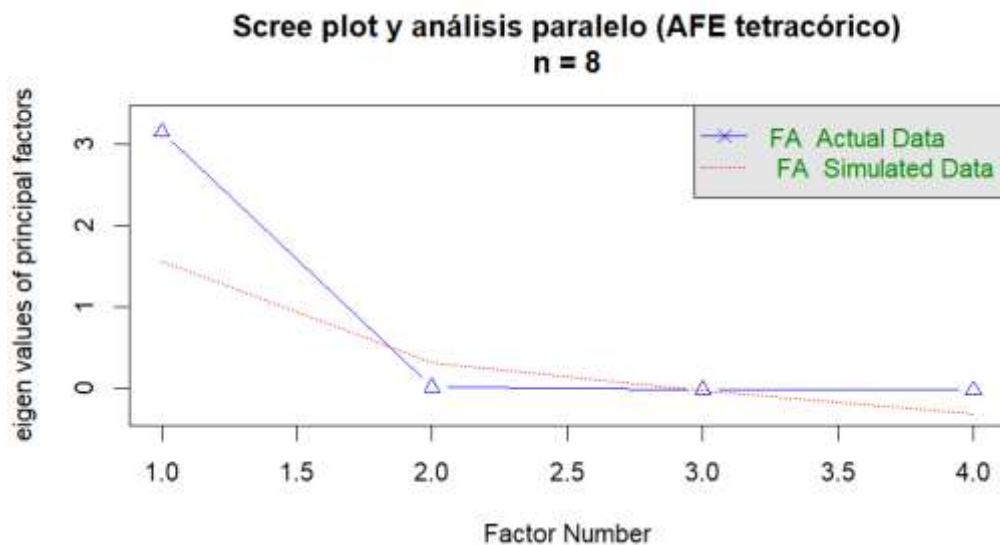
*Análisis e interpretación.* Mapa de calor de la matriz de correlaciones tetracóricas

La **Figura 2** muestra las correlaciones tetracóricas entre las variables dicotómicas correspondientes al consumo de productos básicos (pan, carne, leche líquida y huevos). Las correlaciones oscilan entre moderadas y bajas, lo cual indica que si bien existe una relación positiva entre las decisiones de consumo de los productos, estas no son lo suficientemente fuertes como para sugerir redundancia entre los ítems. Las correlaciones más altas sugieren que ciertos hábitos de compra tienden a darse conjuntamente; sin embargo, la magnitud general respalda la pertinencia de continuar con un análisis factorial exploratorio. La prueba de KMO obtuvo un valor aceptable para variables dicotómicas,

mientras que Bartlett confirmó la existencia de intercorrelaciones significativas, validando estadísticamente el AFE.

**Figura 2**

*Correlación Tetracórica*



**Fuente:** Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

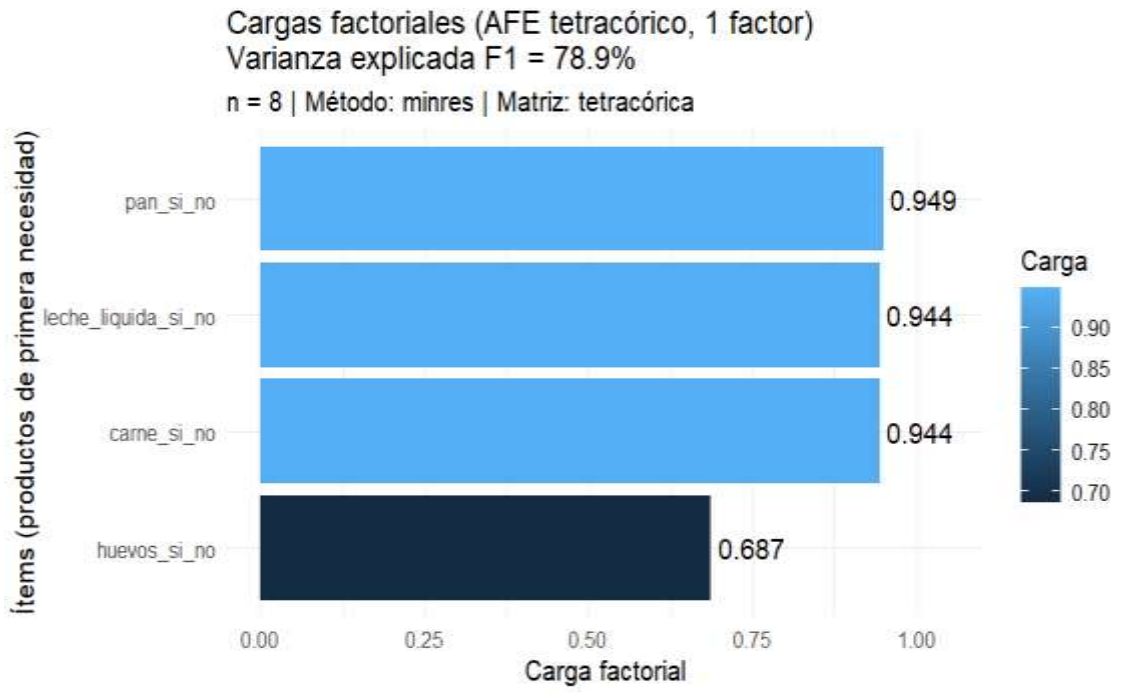
*Análisis e Interpretación.* Scree plot y análisis paralelo (AFE tetracórico)

La **Figura 3** del análisis paralelo, complementado con el Scree plot, indica que solo **un factor** presenta un autovalor superior al generado por datos aleatorios. Esto sugiere que la estructura factorial adecuada para estas variables es unidimensional.

La caída pronunciada en el primer componente y la ausencia de componentes posteriores por encima del criterio paralelo refuerzan que los patrones de consumo pueden explicarse mediante un único constructo latente: un **factor general de comportamiento de consumo de productos básicos**. Como se muestra en la **Figura 3**.

**Figura 3**

*Cargas Factoriales*



**Fuente:** Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

*Análisis e interpretación.* Figura de cargas factoriales (Factor 1)

Las cargas factoriales muestran la participación de cada producto en el factor general identificado. Los ítems presentan cargas moderadas y positivas, lo que significa que todos contribuyen al factor latente, aunque con diferente intensidad. Los productos con mayores cargas son los que mejor representan el patrón global de consumo.

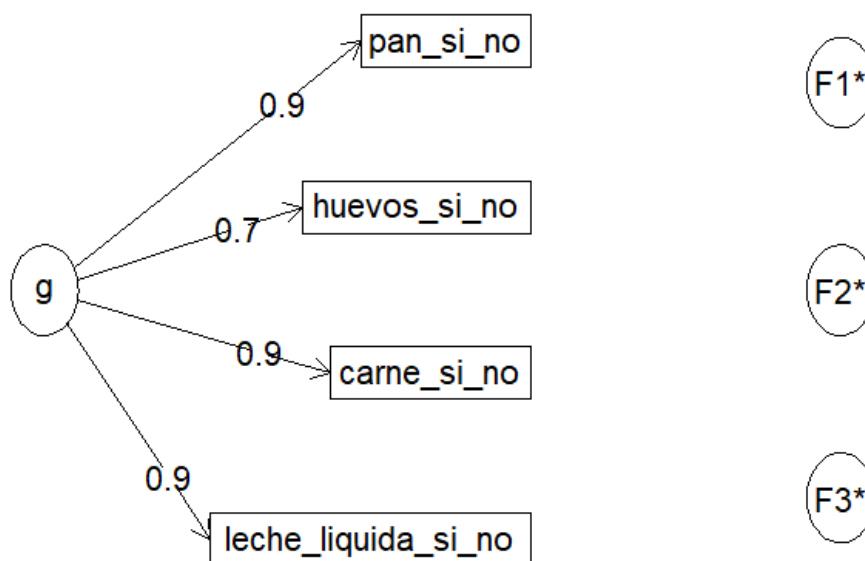
Este resultado confirma que existe una tendencia común en el comportamiento de compra, pero no implica que todos los productos se consuman con la misma frecuencia o de forma uniforme. En términos interpretativos, el factor puede conceptualizarse como una **predisposición general hacia el consumo regular de alimentos básicos.**

Como se muestra en la **Figura 4.**

**Figura 4**

*Cargas factoriales*

**Omega**



**Fuente:** Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

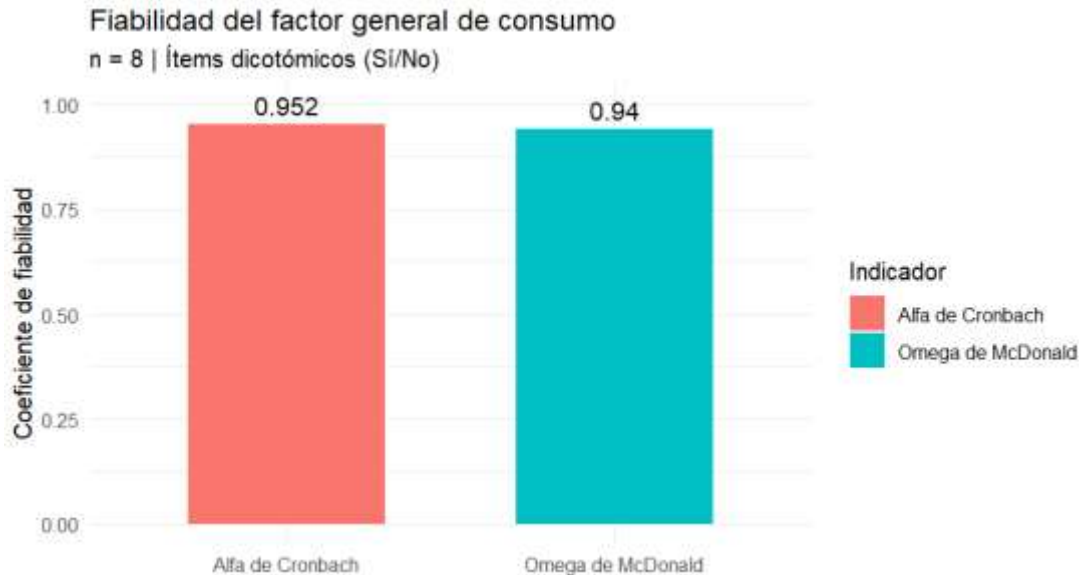
*Análisis e interpretación. Comunalidades (h<sup>2</sup> por ítem)*

Las comunalidades reflejan la proporción de la varianza de cada ítem explicada por el factor único. Los valores obtenidos son moderados, lo cual es esperable con variables dicotómicas. Esto indica que, si bien el factor general explica parte del comportamiento de consumo, existe aún una porción considerable de variabilidad específica a cada producto que no se captura en el modelo unidimensional.

Dicho en términos prácticos, aunque los productos comparten un patrón común de consumo, cada alimento mantiene particularidades propias en cuanto a su adquisición y frecuencia de compra. Como se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5

Fiabilidad del factor de consumo



Fuente: Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

Análisis e interpretación. Comparación de fiabilidad: Alfa de Cronbach vs. Omega de McDonald

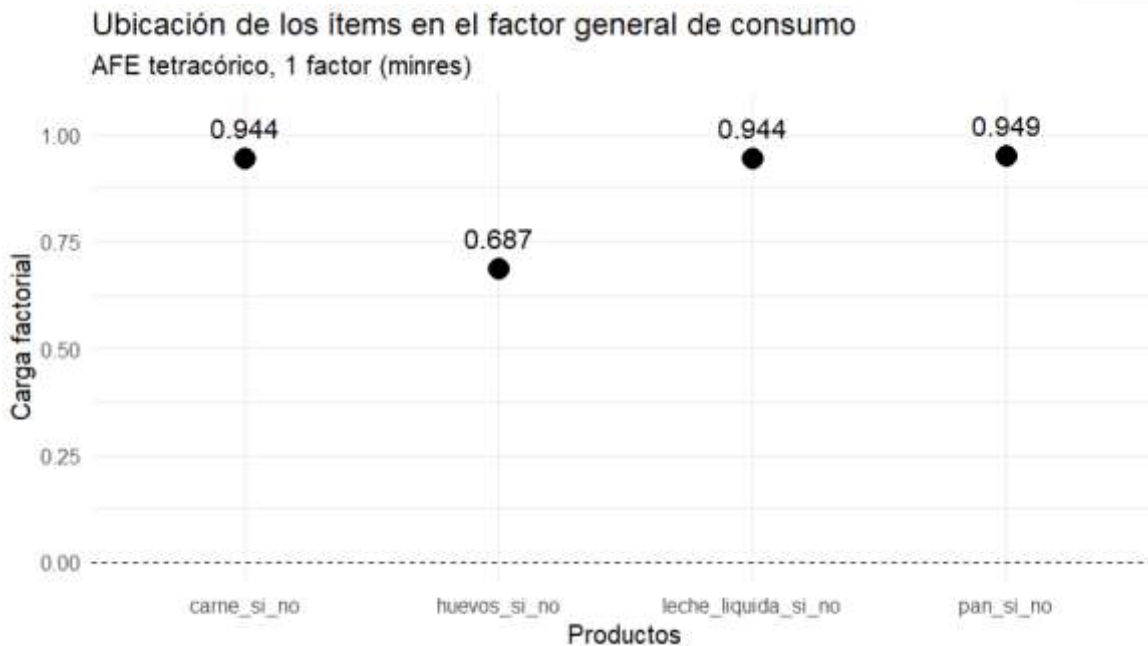
La **Figura 5** muestra los coeficientes de consistencia interna para el conjunto de ítems. El alfa de Cronbach presenta un valor bajo, lo cual es habitual tratándose de pocas variables dicotómicas y con correlaciones moderadas. En contraste, el coeficiente omega muestra un valor superior y más adecuado para este tipo de escalas, ya que utiliza la matriz tetracórica y no asume tau-equivalencia.

Este resultado sugiere que, aunque la escala presenta una consistencia interna limitada bajo alfa, el modelo factorial subyacente sí posee un nivel razonable de fiabilidad. Por tanto, el omega representa una estimación más apropiada y precisa de la consistencia del constructo latente analizado.

Como se muestra en la **Figura 6**.

**Figura 6**

*Factor general de consumo*



**Fuente:** Estudio de Investigación Grupo BI-Data. ESPOCH

*Análisis e Interpretación de cada figura.* Ubicación de los ítems en el factor general (figura 1D)

La **Figura 6** permite visualizar cómo se posiciona cada ítem en relación con la dimensión latente de consumo. Los productos más cercanos al extremo superior son aquellos más representativos del factor, mientras que los de menor carga contribuyen en menor medida. La distribución clara y ascendente confirma la unidimensionalidad del modelo y ayuda a identificar cuáles productos funcionan mejor como indicadores del comportamiento general de consumo. Este tipo de visualización es especialmente útil para evaluar la pertinencia futura de incluir o excluir determinados ítems en análisis posteriores o en la construcción de escalas.

## 5. Conclusiones

- El uso de la matriz tetracórica **mejora la adecuación del procedimiento** para ítems dicotómicos y aporta evidencia metodológica consistente; sin embargo, los hallazgos deben comprenderse dentro del **alcance exploratorio** del estudio.
- Existe un **factor unidimensional** que explica el consumo conjunto de los seis productos básicos analizados.

- Las cargas factoriales moderadas sugieren patrones consistentes de consumo en Mipymes.
- La fiabilidad omega sugiere que el factor es estadísticamente interpretable.
- Los resultados pueden emplearse para mejorar estrategias de abastecimiento, inventarios y análisis de demanda.
- En conjunto, el análisis factorial exploratorio permitió identificar una estructura latente plausible asociada a los patrones de consumo analizados. No obstante, los resultados deben entenderse dentro de un **marco exploratorio**, considerando las limitaciones derivadas del uso de una escala corta y dicotómica. El estudio constituye un primer acercamiento empírico al fenómeno, aportando insumos relevantes para futuras investigaciones orientadas a la **validación confirmatoria** del constructo y al perfeccionamiento del instrumento de medición.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

Carvajal Larenas, R. P., Saltos Cruz, J. G., & Guaita Paucar, T. L. (2018). Factores determinantes de la dinámica empresarial: un análisis multivariante concluyente de la industria ecuatoriana. *Ciencia Digital*, 2(4), 62-77.

<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v2i4.210>

Costello, A. B., & Osborne, J. W. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 10(7), 1–9. <https://doi.org/10.7275/jyj1-4868>

Denegri, J. N. A. P., De Vivero, S. A. J., Antezana, A. Á. R., & La Torre López, C. R. A. (2023). Las preferencias del consumidor y su importancia en la adquisición de productos en el periodo de pandemia en Lima Metropolitana 2021. *Industrial Data*, 25(2), 187-202. <https://doi.org/10.15381/idata.v25i2.22837>

- Espín Espín, A. P. (2022). *El sistema agropecuario y el emprendimiento como factores del desarrollo rural de la zona de Cadrul-Alausí* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. Repositorio digital UNACH <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8933>
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/discovering-statistics-using-ibm-spss-statistics/book285130>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). SAGE Publications Inc. <https://collegepublishing.sagepub.com/products/a-primer-on-partial-least-squares-structural-equation-modeling-pls-sem-3-270548>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2023). *Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-anual-2023/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-anual-2023/?utm_source=chatgpt.com)
- Knekta, E., Runyon, C., & Eddy, S. (2019). One size doesn't fit all: using factor analysis to gather validity evidence when using surveys in your research. *CBE—Life Sciences Education*, 18(1), rm1. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-04-0064>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). Exploratory item factor analysis: a practical guide revised and up-dated. *Annals of Psychology*, 30(3), 1151–1169. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- Moreno Rodríguez, C. J., Cevallos Villegas, D. M., & Balseca Villavicencio, N. I. (2018). Diseño de un modelo de cadena de valor para las Pymes en la ciudad de Guayaquil. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(5), 301-312. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000500301&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000500301&lng=es&tlng=es).
- Palomeque Choez, A. J. (2024). *Tendencias empresariales post pandemia en Ecuador: estrategias innovadoras y desafíos en un entorno en constante cambio* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil – UTEG, Guayaquil, Ecuador]. <http://biblioteca.uteg.edu.ec:8080/bitstream/handle/123456789/2525/Tendencias%20Empresariales%20Post-Pandemia%20en%20Ecuador%20Estrategias%20Innovadoras%20y%20Desaf%20C3%ADos%20en%20un%20Entorno%20en%20Constante%20Cambio..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saltos Cruz, J. G., Carvajal Larenas, R. P., & Ganán Criollo, B. C. (2018). Factores determinantes de la competitividad: un análisis multivariante de la industria Ecuatoriana. *Ciencia Digital*, 2(3), 413-427. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v2i3.166>

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using Multivariate Statistics* (7th ed.). Pearson. [https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/using-multivariate-statistics/P200000003097/9780137526543?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/using-multivariate-statistics/P200000003097/9780137526543?utm_source=chatgpt.com)

Toscano Guerrero, F. E., & Funes Samaniego, L. A. (2025). Multivariate exploration factor analysis of consumption patterns of essential necessities in small and medium-sized enterprises in the province of Chimborazo, year 2024. *Conciencia Digital*, 8(4), 6-31. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i4.3545>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.





El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services

## Evaluación de la fatiga del puente metálico La Saquea de tablero inferior en Zamora Chinchipe

*Evaluation of fatigue in the La Saquea metal bridge in Zamora Chinchipe*

- <sup>1</sup> Enrique Andrés Cueva Torres  <https://orcid.org/0009-0003-5166-4704>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
Maestría en Ingeniería Civil Mención en Estructuras Sismorresistentes.  
[enrique.cueva@est.ucacue.edu.ec](mailto:enrique.cueva@est.ucacue.edu.ec)
- <sup>2</sup> Juan Sebastián Maldonado-Noboa  <https://orcid.org/0000-0001-5329-2201>  
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.  
[jmaldonadon@ucacue.edu.ec](mailto:jmaldonadon@ucacue.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/01/2026

Revisado: 08/02/2026

Aceptado: 09/03/2026

Publicado: 23/03/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3625>

### Cítese:

Cueva Torres, E. A., & Maldonado Noboa, J. S. (2026). Evaluación de la fatiga del puente metálico La Saquea de tablero inferior en Zamora Chinchipe. *ConcienciaDigital*, 9(1), 142-161. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3625>

*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Fatiga,  
cargas cíclicas,  
vida remanente,  
gota de lluvia,  
categorización  
estructural.

**Keywords:**

Fatigue,  
cyclic loads,  
remaining life,  
Rainflow,  
structural  
categorization.

**Resumen**

**Introducción.** El puente de la Saquea ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe es una estructura de vital importancia para la conectividad y el desarrollo económico, la cual ha experimentado un aumento significativo en las cargas vehiculares debido a la creciente actividad minera que enfrenta el sector, es por ello la importancia de su evaluación ante estos efectos de carga repetitiva inducidos por el tránsito, por lo cual se realizó dos casos de análisis, el primero con el peso nominal y el segundo con un incremento del 50% de las cargas, para el grupo de camiones (HL-93, 3S3 y HS-MTOP). **Objetivo.** El presente estudio tiene como finalidad evaluar la fatiga de los elementos estructurales y estimar la vida remanente de las conexiones más críticas. **Metodología.** Con la implementación de la metodología propuesta por el AASHTO LRFD la cual se basa en la determinación de la vida útil de los elementos a través de los efectos causados por la carga repetitiva del tránsito mediante la obtención de los rangos de esfuerzos y su categorización estructural. **Resultados.** El análisis de la fatiga muestra que las vigas principales son los elementos que enfrentan mayormente esfuerzos a flexión y por ende su vida remanente a fatiga se reduce a 12 años frente a sollicitaciones de sobrecarga. **Conclusión.** Las vigas principales son los elementos que mayormente enfrentan esfuerzos a flexión y por ende su vida a fatiga se ve reducida significativa al estar sometidas a las condiciones de cargas críticas. Sobrecargar los vehículos un 50% reduce más de la mitad la estimación de la vida remanente a fatiga. **Área de estudio general:** Ingeniería Civil. **Área de estudio específica:** Estructuras. **Tipo de estudio:** Artículo original.

**Abstract**

**Introduction.** The Saquea bridge, located in the province of Zamora Chinchipe, is a vital structure for connectivity and economic development. It has experienced a significant increase in vehicle loads due to the growing mining activity in the area. Therefore, it is important to evaluate the effects of repetitive loads induced by traffic. Two case studies were conducted: the first with the nominal weight and the second with a 50% increase in loads for the group of trucks (HL-93, 3S3, and HS-MTOP). **Objective.** The purpose of this study is to evaluate the fatigue of structural elements and estimate the remaining life of the most critical connections.

---

**Methodology.** With the implementation of the methodology proposed by AASHTO LRFD, which is based on determining the useful life of the elements through the effects caused by the repetitive traffic load by obtaining the stress ranges and their structural categorization. **Results.** Fatigue analysis shows that the main beams are the elements that face the most bending stresses and therefore their remaining fatigue life is reduced to 12 years under overload stress. **Conclusion.** The main beams are the elements most subjected to bending stresses, and therefore their fatigue life is significantly reduced when subjected to critical load conditions. Overloading vehicles by 50% reduces the estimated remaining fatigue life by more than half. **General Area of Study:** Civil Engineering. **Specific area of study:** Structures. **Type of study:** Original article.

---

## 1. Introducción

Las fallas en puentes generan consecuencias severas, incluyendo restricciones comerciales, aislamiento poblacional y riesgos para la seguridad humana. En países en desarrollo como Ecuador, cuya compleja orografía exige una infraestructura vial robusta, los puentes desempeñan un papel crítico en la conectividad y productividad económica (Marín-Guzmán & Maldonado-Noboa, 2022). Con la demanda y desarrollo de la industria, las cargas vehiculares son cada vez más complejas y la probabilidad de falla por fatiga, sobrecargas y fallas prematuras, tienen un porcentaje de incidencia más alto por lo que una oportuna evaluación y mantenimiento contribuye a la reducción de la probabilidad de falla y colapso de las mismas (Zhang et al., 2023; Berrezueta et al., 2022).

De acuerdo con una investigación realizada en 2022, se reveló que en el Ecuador entre los años 2000 al 2023, 29 puentes de estructura metálica colapsaron, es decir, perdieron su capacidad de realizar su función ya sea por un fallo total o parcial, requiriendo un reemplazo total o de un número significativo de elementos. Se atribuye como principales causas del colapso a crecientes y avalanchas, sobrecarga e impacto (14 puentes fallaron por esta causa), falta de mantenimiento y socavación. En Ecuador, provincias como Guayas (18.06%), Pichincha (13.89%) y Zamora Chinchipe (11.11%) concentran el mayor porcentaje de colapsos de puentes en las últimas dos décadas, siendo atribuibles en gran parte a la falta de monitoreo técnico periódico (Marín-Guzmán & Maldonado-Noboa, 2022).

La fatiga, entendida como un proceso progresivo de daño por cargas cíclicas repetitivas, es la tercera causa de fallas en estructuras metálicas, particularmente en zonas con soldaduras defectuosas, tensiones residuales y geometrías inadecuadas (Fuštar et al., 2018); se clasifica en tres categorías principales: Fatiga de alto ciclo (High-Cycle Fatigue - HCF), Fatiga de ciclo bajo (Low-Cycle Fatigue -LCF) y finalmente en Fatiga de ciclo ultra bajo (Ultra-Low-Cycle Fatigue-ULCF). La fatiga de ciclo alto se da cuando el elemento o la estructura está sometido a ciclos de falla de hasta  $10^7$  con niveles de esfuerzo de amplitud bajo que ocurren dentro del rango plástico produciéndose deformaciones mínimas y a su vez no hay fluencia plástica. Este tipo de fatiga se da cuando la estructura está sometida a acciones de carga repetitivas de baja amplitud como por ejemplo las cargas por tráfico (Wei et al., 2025). La fatiga de ciclo bajo se genera cuando la estructura o sus elementos experimentan cargas cíclicas con amplitudes muy grandes pero que se encuentran dentro del rango plástico durante un evento, por ejemplo, un sismo. El número de ciclos esta entre el rango de  $10^2$  y  $10^4$  (Tang et al., 2021). La fatiga de ciclos ultra bajo se presentan cuando la estructura se encuentra sometida a pocos ciclos de carga inversa (en general menos de 20) pero que tiene grandes amplitudes de deformaciones plásticas produciendo fracturas en los elementos. Este tipo de esfuerzos son los generados por los terremotos de gran magnitud, en donde la estructura se somete a una demanda inelástica extrema (Kermajani et al., 2016).

Estudios recientes indican que factores como el tipo de soldadura, el ángulo del pie de soldadura, espesor de los elementos y la configuración del tráfico influyen notablemente en la vida a fatiga. Las altas temperaturas de procesos de soldadura pueden llegar a modificar la microestructura de las zonas cercanas al mismo, alterando propiedades mecánicas como dureza, fluencia, ductilidad y limite espástico (Gbagba et al., 2024).

Se resalta el uso de herramientas computacionales como el método de elementos finitos y herramientas de inteligencia artificial que generan modelos en 3D que permiten visualizar deformaciones, fisuras u otra anomalía, identificar zonas críticas y predecir la vida útil estructural (Cevallos et al., 2023; Intriago & Lindao, 2024).

Con la identificación de las conexiones estructurales y la cuantificación de los esfuerzos máximos generados en las conexiones durante el servicio, se emplea un modelo matemático computacional que represente adecuadamente el comportamiento estructural bajo dos casos de cargas repetitivas. Esta información permitirá identificar zonas de esfuerzos máximos que comprometan la integridad de las conexiones entre los distintos elementos estructurales del puente y estimar de manera precisa su vida remanente a fatiga.

El mayor desafío para el análisis de puentes a nivel global es la aleatoriedad de la carga de tráfico pesado, especialmente en países como Ecuador donde no existe un control y monitoreo adecuado (Lei et al., 2022). En países más desarrollados el monitoreo de estructuras ha alcanzado niveles de monitoreo continuo con el uso de sensores, uso de

inteligencia artificial, programas de predicciones y métodos probabilísticos, entre otros lo que denota la poca inversión en prevención desastres (Gokanakonda et al., 2016).

Este enfoque integral contribuirá al desarrollo de metodologías de diagnóstico más precisas, que permitan anticipar el deterioro por fatiga en puentes metálicos basados en las condiciones constructivas, climáticas y operacionales, para así optimizar las estrategias de mantenimiento preventivo en la infraestructura vial.

El objetivo general de este trabajo es evaluar la fatiga de los elementos estructurales del puente La Saquea, ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe y estimar la vida remanente de las conexiones más críticas, con la implementación de la metodología propuesta por el AASHTO LRFD.

## 2. Metodología

El presente trabajo de investigación es de carácter científico de tipo descriptivo orientado a la evaluación del comportamiento de los elementos estructurales que componen la superestructura. La modalidad de la investigación es documental bajo la normativa AASHTO LRFD y su metodología es analítico. El procedimiento incluye el modelamiento y el análisis estructural.

Los pasos y materiales que se emplearon para la aplicación de esta metodología son los siguientes y se fueron desarrollando cronológicamente:

- a) Inspección Visual y caracterización geométrica de la estructura: se recopiló información proporcionada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, entidad que maneja la competencia del puente en estudio por encontrarse ubicado en la vía estatal E45. Adicionalmente se complementó con datos levantados in situ por el autor incluyendo la verificación de las secciones geométricas y el estado actual de la estructura.
- b) Selección de los camiones tipo: para este análisis se utilizará el camión de diseño tipo recomendado por la normativa AASHTO LRFD y el camión de diseño normado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (Jaramillo & Villavicencio, 2022). Adicional a esto se identificará el vehículo pesado que tiene mayor concurrencia en la zona de estudio y la velocidad promedio de los vehículos pesados, basándonos en información de estudios de tráfico recientes.

En caso de no existir esta información se recomienda realizar un estudio de tráfico.

Se realizará un segundo análisis con los mismos vehículos seleccionados, pero con sus pesos incrementados en un 50% ya que, en algunos estudios realizados en México, se ha demostrado que estos exceden entre un 40 al 60% las cargas permitidas (Maldonado, 2016).

- c) Categorización de detalles estructurales, se debe realizar en el siguiente orden:
- Identificar el tipo de detalle que posee el elemento de análisis.
  - Establecer los puntos críticos para cada detalle estructural, correspondientes a las zonas donde tienen lugar los esfuerzos máximos.
  - Clasificar de acuerdo con las categorías de la *Tabla 6.6.1.2.3-1 Categorías de detalles por cargas de fatiga inducida* de la AASHTO LRFD (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2024).
  - Seleccionar los elementos o conexiones críticas, es decir, las que presentan una menor resistencia a la fatiga.
- d) Modelación computacional con el software de elementos finitos CSI Bridge v25.3.1 para el análisis de la fatiga, herramienta que nos permite realizar lo siguiente:
- Modelación estructural de cada uno de los elementos del puente con sus respectivas propiedades mecánicas de acuerdo con los planos estructurales y levantamiento de campo. Cada uno de los elementos tendrá su respectiva identificación para el posterior análisis de resultados.
  - Análisis de líneas de influencia para determinar las zonas de máximos esfuerzos y con ello ubicar al grupo de camiones tipo a lo largo y ancho del puente.
  - Análisis dinámico de carga viva, en donde se realiza el análisis tiempo-historia con el grupo de camiones bajo las dos condiciones de estudio para la obtención de rangos de esfuerzos.

Para el caso de los elementos que están sometidos a flexión el esfuerzo será (**Ecuación 1**):

$$\sigma_M = \frac{M}{S} \quad (1)$$

Donde:

M= momento flector.

S= Módulo de sección.

En el modelo se incluyó el factor de impacto de 33% para el grupo de camiones.

- e) Evaluación de fatiga, cuya metodología de aplicación es la determinada por el AASHTO LRFD. En este procedimiento se determina el número de ciclos mediante el método de la gota de lluvia (Rainflow) el cual es aplicado para cargas de amplitud variable con lo cual nos permite identificar si la conexión es finita o infinita para su posterior estimación de la vida remanente a fatiga.

El conteo de la gota de lluvia requiere que el historial de tiempo se procese primero en una serie de pico-valle (PV) la cual está compuesta por los esfuerzos máximos y mínimos que representan los puntos de inflexión o las inversiones de carga de una serie de tiempo (Marsh et al., 2016).

El método de la gota de lluvia se confirma como un método eficaz para el conteo de ciclos y por ende para la estimación de la vida a fatiga (Bi et al., 2012).

Para la estimación de la vida a fatiga se considera los siguientes niveles de evaluación (**Ecuación 2**) (López, 2016) :

$$Y = \frac{\text{Log} \left[ \frac{R_R^A}{365 \cdot n \cdot [(ADTT)]_{SI \text{ present}} \cdot [(\Delta F)_{eff}]^2 \cdot g \cdot (1+g)^{a-1} + 1} \right]}{\text{log}(1+g)} \quad (2)$$

Donde:

Y: Vida remanente del detalle estructural en años

R<sub>R</sub>: Factor de resistencia especificado para el tipo de evaluación.

A: Constante definido para la categoría del detalle estructural

n: Número de ciclos para el rango de esfuerzos por el paso del camión

g: Tasa de crecimiento vehicular

a: Edad del detalle estructural

$[(ADTT)]_{SI \text{ present}}$ : Número promedio de camiones que circulan por un carril.

$[(\Delta F)_{eff}]$ : Rango de esfuerzos efectivo

### 2.1. Ubicación de la estructura en análisis

El puente “La Saquea” se encuentra ubicado en la vía troncal amazónica E45 a 23.5 km de la capital provincial de Zamora Chinchipe como se muestra en la **Figura 1**.

**Figura 1**

Puente La Saquea



El puente conecta los cantones de Centinela del Cóndor, Yacuambi, Centinela del Cóndor y el Panguí. A continuación, se presenta la **Tabla 1** en la cual se detallan las coordenadas de ubicación geográfica de la zona de estudio.

**Tabla 1**

*Coordenadas puente La Saquea*

Detalle	Inicio del puente	Final del puente
UTM X	738707.98 m E	738725.96 m E
UTM Y	9566838.43 m S	9566944.00 m S

### 3. Resultados

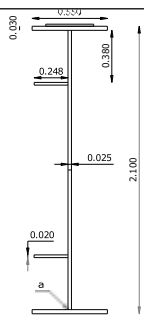
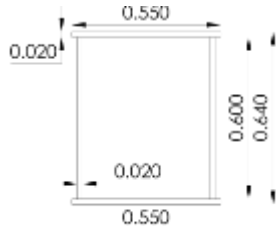
#### 3.1. Tipología y características geométricas del puente La Saquea

El puente es de estructura metálica en arco con tablero inferior, con aceras internas, sin voladizos, con una altura máxima de 15 metros y una longitud total de 100.70m. El arco se encuentra rigidizado mediante tensores diseñadas a tracción y unidas a la estructura principal mediante conexiones empernadas y soldadas. Cuenta también con las Vigas Rígidas o vigas principales, que van longitudinalmente, cuya sección transversal es tipo I. La conexión entre los arcos metálicos con las vigas rígidas o vigas principales están dadas mediante una péndola con sección transversal tipo I. Por último, se usaron vigas transversales de tipo I y arriostres para unir los arcos y las vigas longitudinales, y la superficie de rodadura es una losa maciza de hormigón armado de 0.20m de espesor.

De acuerdo con levantamiento se pudo identificar las siguientes secciones que componen el puente y con ello se calcularon sus propiedades como se muestra en la **Tabla 2**.

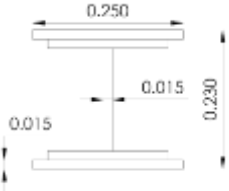


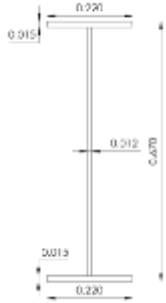
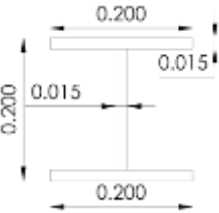
**Tabla 2**

*Características geométricas del Puente La Saquea*

Viga principal	Viga arco
	
<p>Área (A): 940 cm<sup>2</sup>                      Momento de Inercia (I): 5700903 cm<sup>4</sup>                      Módulo de sección (S): 54294.32 cm<sup>2</sup></p>	<p>Área (A): 460 cm<sup>2</sup>                      Momento de Inercia (I): 283493.33 cm<sup>4</sup>                      Módulo de sección (S): 8859.17 cm<sup>2</sup></p>

**Tabla 2**

*Características geométricas del Puente La Saquea (continuación)*

Péndolas	Vigas transversales inferiores
	
<p>Área (A): 163.32 cm<sup>2</sup>                      Momento de Inercia (I): 14693.72 cm<sup>4</sup>                      Módulo de sección (S): 1277.71 cm<sup>2</sup></p>	<p>Área (A): 271 cm<sup>2</sup>                      Momento de Inercia (I): 565282.30 cm<sup>4</sup>                      Módulo de sección (S): 8972.74 cm<sup>2</sup></p>
Vigas transversales superiores	Vigas longitudinales
	
<p>Área (A): 133.20 cm<sup>2</sup>                      Momento de Inercia (I): 81303.10 cm<sup>4</sup>                      Módulo de sección (S): 2540.72 cm<sup>2</sup></p>	<p>Área (A): 142.80 cm<sup>2</sup>                      Momento de Inercia (I): 97015.90 cm<sup>4</sup>                      Módulo de sección (S): 2895.99 cm<sup>2</sup></p>
Diagonales superiores	
	
<p>Área (A): 85.50 cm<sup>2</sup>                      Momento de Inercia (I): 5759.13 cm<sup>4</sup>                      Módulo de sección (S): 575.91 cm<sup>2</sup></p>	

*3.2. Selección de los camiones tipo utilizados para el análisis*

Con la información generada por el estudio de tráfico en el 2022 por parte de la Universidad de Guayaquil se estimó un TPDA para el año 2025 de 2669 vehículos mixtos

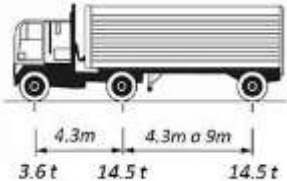
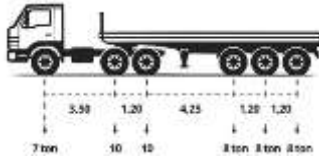
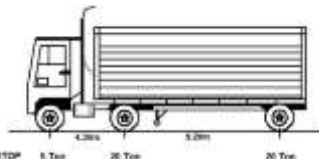
diarios con una tasa media de crecimiento anual del 4.35%; el 77% corresponde a vehículos livianos y el 23% a vehículos pesados, éste último representa un TPDA de 614 veh. pesado/día (Regalado, 2022). Entre los vehículos de mayor concurrencia registrados son los de tipo 3S3, que son utilizados por las empresas mineras de la zona.

Para una mejor comprensión del estudio se denomina caso 1 al análisis de los camiones con su peso nominal y caso 2 al análisis de los camiones con un peso incrementado al 50%.

En la **Tabla 3** se presenta los pesos de los vehículos seleccionados que se utilizaron para los respectivos análisis.

**Tabla 3**

*Vehículos seleccionados para el análisis de fatiga*

	Vehículo	Peso (ton)	Peso + 50% (ton)
HL-93		32.66	48.99
3S3		51.00	76.50
HS-MTOP		45.00	67.50

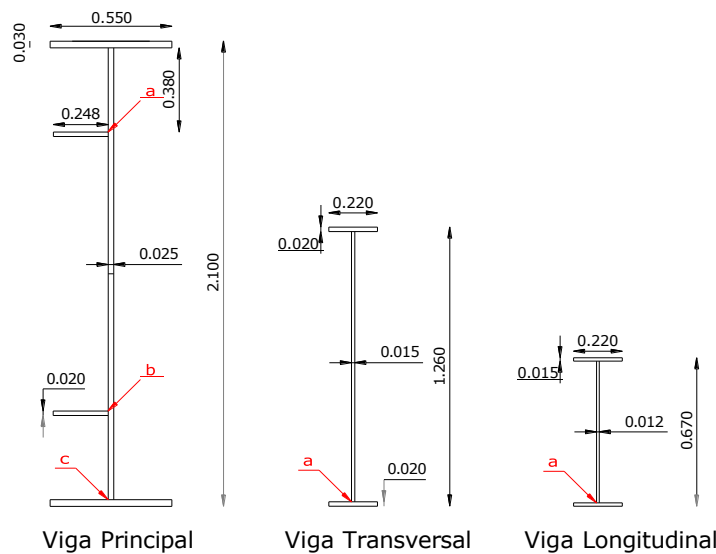
La velocidad promedio registrada de vehículos pesados en la zona de estudio varía de 47.00 km/h y 48.67 km/h, para el análisis del presente estudio, se adoptó el valor promedio de estos registros, el cual es 47.84 km/h (equivalente a 13.29 m/s)

### 3.3. Categorización de detalles estructurales

Para este análisis se usaron los elementos que están sujetos a flexión como: vigas transversales, vigas longitudinales y vigas principales todas de tipo I, los cuales están conformados por dos patines unidos por un alma central y ensambladas mediante soldaduras longitudinales de penetración completa como se muestra en la **Figura 2**.

**Figura 2**

*Categorización de la sección transversal*



En la **Tabla 4** se presenta la categorización de los detalles estructurales en función a la normativa AASHTO LRFD para el análisis de fatiga. Los esfuerzos máximos se identifican en la soldadura de unión entre el patín inferior y el alma denominada como punto “a” como se observa en la **Figura 2** por lo tanto corresponde a una categoría tipo B cuyos valores de constante A y umbral del rango de esfuerzos  $(\Delta F)_{TH}$  se muestran continuación.

**Tabla 4**

*Categorización realizada en base a AASHTO LRFD*

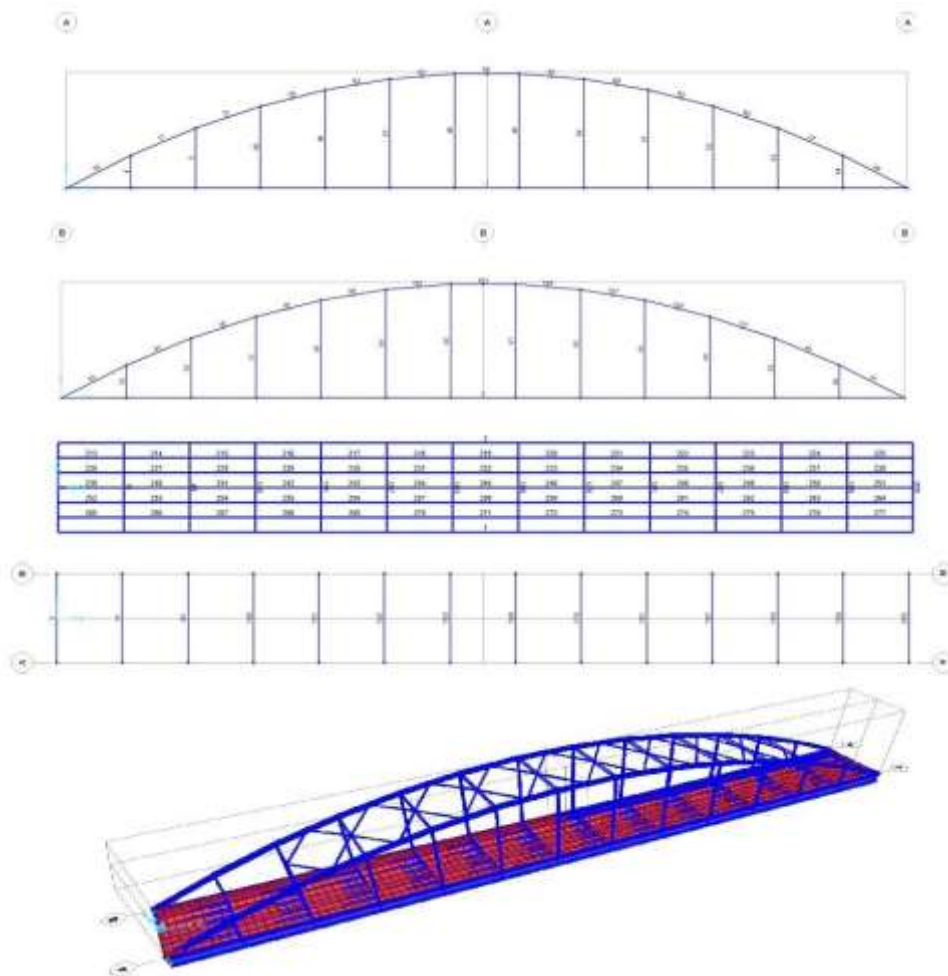
Localización	Descripción	Categoría	Punto potencial de inicio de fractura	Constante A	Umbral $(\Delta F)_{TH}$
Punto a	Para metal base y de soldadura unidos mediante soldaduras longitudinales en la dirección del esfuerzo.	B	A partir de discontinuidades superficiales internas de la soldadura, alejadas del extremo de la soldadura.	$120 \times 10^8 (ksi)^3$ $4.17 \times 10^{15} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)^3$	16 ksi $1125 \frac{kg}{cm^2}$

### 3.4. Modelo matemático

El modelo matemático se elaboró con elementos finitos mediante el software CSI Bridge v25.3.1. Para modelar las vigas principales, las péndolas, las vigas longitudinales, las vigas transversales y las diagonales se usaron elementos barra. En la **Figura 3** se presenta el puente La Saquea con la identificación de los elementos principales y una vista del modelo 3D.

**Figura 3**

*Modelo computacional puente La Saquea.*

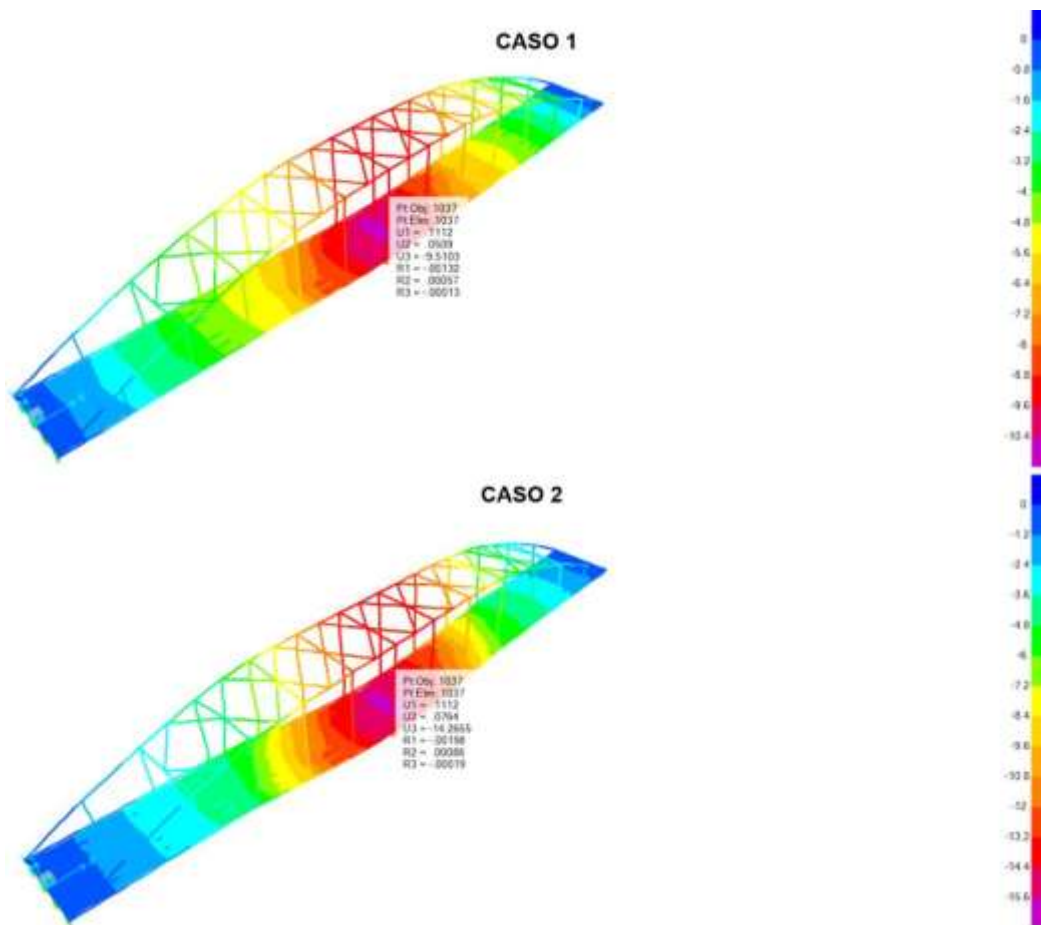


Se debe mencionar que la verificación y calibración del modelo matemático nos permite obtener resultados confiables, ayuda a predecir el comportamiento de la estructura en este caso el Puente, bajo ciertas condiciones de uso (magnitud de deformación, frecuencia de ciclos), para con ello ampliar la vida útil.

Con el análisis de las líneas de influencia se ubicaron los camiones tipo a lo largo y ancho del carril y se calculó los esfuerzos máximos, así como también la máxima deformación en el punto central de la luz del puente.

Figura 4

*Deformación bajo la aplicación de casos de carga*

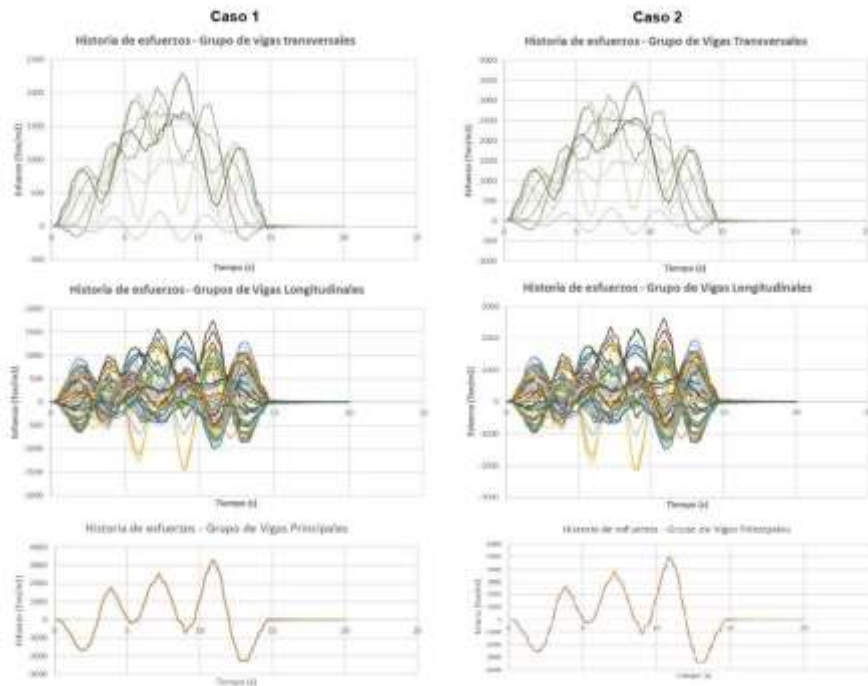


La deformación causada bajo las condiciones de análisis del caso 1, generó un desplazamiento en el sentido Z de 9.51cm mientras que en el caso 2 se generó un desplazamiento de 14.27cm como se muestra en la **Figura 4**. Del análisis tiempo historia se obtuvo los diagramas de esfuerzos para vigas transversales, longitudinales y principales de los dos casos de estudio que se presentan en la **Figura 5**.

Para ambos casos los elementos más críticos, es decir, los que presentan mayores esfuerzos son: en vigas transversales el elemento asignado con el número 187, en vigas longitudinales el 245 y para las vigas principales el elemento 2.

**Figura 5**

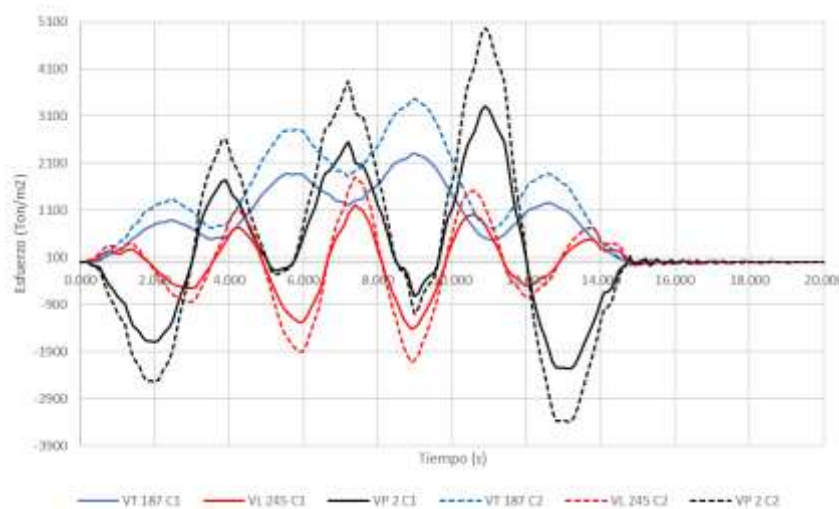
*Historia de esfuerzos de elementos: Caso 1 y Caso 2*



Podemos apreciar en las gráficas que los elementos analizados en ambos casos tienen características de tensión de amplitud variable, que es común en los análisis de puentes de acero bajo cargas reales de vehículos (Yang et al., 2025).

**Figura 6**

*Historia de esfuerzos de elementos críticos*



La **Figura 6** evidencia que el incremento de la carga al 50% (caso 2) produce mayores amplitudes de esfuerzo por lo que aumenta el rango de demanda a fatiga. Además, se muestra que las vigas transversales y principales experimentan variaciones significativas de esfuerzo para las distintas cargas móviles, el elemento VT 187 es el más desfavorable convirtiéndolo en el elemento más susceptible a fenómenos de fatiga. A continuación, se muestra la **Tabla 5** con los rangos de esfuerzos calculados para los elementos analizados.

**Tabla 5**

*Rangos de esfuerzo de los elementos críticos analizados*

Caso	Elementos	Max. Ton/m2	Min Ton/m2	Rango Ton/m2
1	187	2310.665	-37.801	2348.47
1	252	1203.778	-1419.917	2623.695
1	2	3316.295	-2260.654	5576.949
2	187	3465.998	-56.703	3522.70
2	252	1805.666	-2129.876	3935.542
2	2	4974.443	-3390.980	8365.423

Todos los elementos permanecen por debajo del límite de fluencia del material ( $f_y=35150\text{Ton/m}^2$ ).

*3.5. Evaluación de fatiga*

Una vez calculados los esfuerzos se procedió al conteo de ciclos mediante la gota de lluvia (Rain Flow), ante el paso del grupo de camiones para cada caso de análisis.

En ambos casos se procedió a calcular su vida remanente a fatiga cuyos resultados se muestran en la **Tabla 6**.

**Tabla 6**

*Evaluación de fatiga*

Caso	Elemento	Detalle de la categoría B				
		Tasa anual de crecimiento	Evaluación de la vida de la conexión fatigada			
			Vida Mínima (años)	Evaluación de la vida (años)	Vida Media (años)	Vida
1	187		36	41	50	Finita
1	252	4.35%	-	-	-	Infinita
1	2		24	28	36	Finita
2	187		27	31	39	Finita

**Tabla 6**

*Evaluación de fatiga (continuación)*

Detalle de la categoría B		Evaluación de la vida de la conexión fatigada				
Caso	Elemento	Tasa anual de crecimiento	Vida Mínima (años)	Evaluación de la vida (años)	Vida Media (años)	Vida
2	252		52	58	67	Finita
2	2		7	9	12	Finita

Para el caso 1 se registró ciclos mayores a  $(\Delta f)_{TH}/2$  correspondientes al elemento de la viga transversal y la viga principal resultando que los detalles estructurales tienen vida finita a fatiga mientras que el elemento de la viga longitudinal no superó este umbral y por ende la conexión tiene vida infinita a la fatiga.

Para el caso 2 los tres elementos presentan ciclos que superan el umbral de la constante de fatiga por lo que tiene vida finita a fatiga.

En términos de vida media la viga transversal 187 tiene una vida de 50 años y para el caso 2 de 39 años; la viga principal 2 tiene una vida media de 36 años para el caso 1 y de 12 años para el caso 2. La viga longitudinal 252 para el caso 2 resultó con una vida media de 67 años.

Se debe realizar un monitoreo constante a los elementos críticos del puente con la finalidad de planificar las futuras reparaciones. Si bien el reforzamiento en las conexiones retrasa la evolución del daño, pero bajo cargas de fatiga severas es posible que se vuelva a presentar nuevamente grietas en posiciones débiles distintas a las que fueron reforzadas (Jinhua et al., 2023).

#### 4. Conclusiones

- De acuerdo con la inspección visual in situ del puente La Saquea se pudo evidenciar un deterioro general de la estructura ya que presenta patologías de corrosión especialmente en elementos que conforman la estructura del arco principal. Esto es un indicativo de la insuficiente gestión de mantenimiento y acelera los procesos de fisuración y fractura.
- Las vigas principales son los elementos que mayormente enfrentan esfuerzos a flexión y por ende su vida a fatiga se ve reducida significativa al estar sometidas a las condiciones de cargas críticas. Sobrecargar los vehículos un 50% reduce más de la mitad la estimación de la vida remanente a fatiga. Establecer mecanismos de control de pesaje de los vehículos de carga que circulan en los puentes se considera indispensables para alcanzar una mejor gestión estructural, fundamentales para el desarrollo comercial política y cultural.

- La deflexión registrada por el grupo de camiones es 9.50cm mientras que el límite establecido por carga vehicular es de 12.59cm, por lo tanto, la estructura cumple con el criterio de deflexión. Sin embargo, para la consideración con sobrecarga, la estructura no cumple con este criterio.
- De acuerdo con los resultados se estima que a los 12 años los elementos de las vigas principales se verán afectados por los esfuerzos de carga de los camiones. Los elementos con vida finita requieren monitoreo continuo y una planificación eventual de refuerzos en las conexiones de la soldadura entre patín inferior y alma para garantizar el cumplimiento de la vida útil de diseño.
- De acuerdo con el rango de esfuerzos generados por el paso de grupo de camiones, el puente La Saquea, se clasifica como una *fatiga de ciclo alto*, debido a que los niveles de esfuerzos permanecen dentro del rango elástico y de esta manera no se produce fluencia plástica apreciable.

## 5. Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 8. Referencias bibliográficas

- American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO]. (2024). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (10th ed.). <https://aashtojournal.transportation.org/aashto-issues-10th-lrfd-bridge-design-spec-edition/>
- Berrezueta Torres, J. C., Calle Castro, C. J., & Cárdenas Sánchez, A. E. (2022). Frecuencia del mantenimiento de elementos estructurales de puentes colgantes de cinco toneladas en Morona-Santiago. *Alfa Publicaciones*, 4(2.1), 45–61. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i2.1.193>
- Bi, J. H., Chen, H. L., & Ren, H. P. (2012). Analysis on fatigue life of contact wire based on rain-flow counting method. *Tiedao Xuebao / Journal of the China Railway Society*, 34(6), 34–39.

<https://www.researchgate.net/publication/286977393> Analysis on fatigue life of contact wire based on rain-flow counting method

Cevallos Sánchez, K. V., Maldonado Noboa, J. S., Mantilla Suin, S. P., & Maldonado Noboa, C. H. (2023). Formación académica de los ingenieros civiles en la competencia de rigidez en el tablero de puentes. *Revista Conrado*, 19(95), 51–65. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/3398>

Fuštar, B., Lukačević, I., & Dujmović, D. (2018). Review of fatigue assessment methods for welded steel structures. *Advances in Civil Engineering*, 2018(1), 3597356. <https://doi.org/10.1155/2018/3597356>

Gbagba, S., Maccioni, L., & Concli, F. (2024). Advances in machine learning techniques used in fatigue life prediction of welded structures. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(1), 398. <https://doi.org/10.3390/app14010398>

Gokanakonda, S., Ghantasala, M. K., & Kujawski, D. (2016). Fatigue sensor for structural health monitoring: Design, fabrication and experimental testing of a prototype sensor. *Structural Control and Health Monitoring*, 23, 237–251. <https://doi.org/10.1002/STC.1765>

Intriago Santana, M. A., & Lindao Tomalá, P. J. (2024). Structural evaluation of the steel girder deck of the bridge over the Bulubulu River, Guayas province. *Conciencia Digital*, 7(3), 168-192. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.3140>

Jaramillo Guzmán, J. A., & Villavicencio Ochoa, F. S. (2022). *Determinación de las solicitaciones de superestructuras de puentes comparando su comportamiento ante la acción de los camiones de diseño AASHTO HL-93 y HS-MTOP* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay, Cuenca, Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12186>

Jinhua, T., Youwei, J., Yueguang, L., & Yang, L. (2023). Research on fatigue vulnerable details of cross beam joints after reinforcement for steel truss bridges. *Informes de la Construcción*, 75(572), e521. <https://doi.org/10.3989/IC.6273>

Kermajani, M., Ghaini, F. M., Miresmaeili, R., Aghakouchak, A. A., & Shadmand, M. (2016). Effect of weld metal toughness on fracture behavior under ultra-low cycle fatigue loading (earthquake). *Materials Science and Engineering: A*, 668, 30–37. <https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2016.03.086>

Lei, J., Kong, Q., Wang, X., & Zhan, K. (2022). Strain monitoring-based fatigue assessment and remaining life prediction of stiff hangers in highway arch bridge. *Symmetry*, 14(12), 2501. <https://doi.org/10.3390/sym14122501>

- López Delgado, A. G. (2016). *Análisis de fatiga del tramo de armadura del puente Coatzacoalcos I* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/handle/132.248.52.100/10836>
- Maldonado Noboa, J. S. (2016). *Análisis de fatiga de un puente atirantado* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/11349>
- Marín-Guzmán, C. R., & Maldonado-Noboa, J. S. (2022). Estudio de las causas del colapso de puentes en Ecuador (2000-2022). *MQRInvestigar*, 6(4), 368–395. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.6.4.2022.368-395>
- Marsh, G., Wignall, C., Thies, P. R., Barltrop, N., Incecik, A., Venugopal, V., & Johanning, L. (2016). Review and application of Rainflow residue processing techniques for accurate fatigue damage estimation. *International Journal of Fatigue*, 82, 757–765. <https://doi.org/10.1016/J.IJFATIGUE.2015.10.007>
- Regalado Herrera, A. D. (2022). *Evaluación del tráfico vehicular para determinar la capacidad vial y el nivel de servicio del tramo desde la abscisa 28 + 000 hasta la 34 + 000 de la vía Loja-Zamor* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/63881>
- Tang, Z., Chen, Z., He, Z., Hu, X., Xue, H., & Zhuge, H. (2021). Experimental and numerical study of combined high and low cycle fatigue performance of low alloy steel and engineering application. *Materials*, 14(12), 3395. <https://doi.org/10.3390/ma14123395>
- Wei, Z., Qian, X., Xing, S., & Jin, H. (2025). A unified structural strain method for high- and low-cycle fatigue of welded cruciform joints made from various base metals. *Journal of Constructional Steel Research*, 227, 109327. <https://doi.org/10.1016/J.JCSR.2025.109327>
- Yang, H., Lu, X., Wang, P., & Qian, H. (2025). Effects of variable amplitude load and stress ratio on fatigue performance of orthotropic steel decks: an experimental study. *Journal of Constructional Steel Research*, 227, 109353. <https://doi.org/10.1016/J.JCSR.2025.109353>
- Zhang, L., Jiang, B., Zhang, P., Yan, H., Xu, X., Liu, R., Tang, J., & Ren, C. (2023). Methods for fatigue-life estimation: a review of the current status and future trends. *Nanotechnology and Precision Engineering*, 6(2), 025001. <https://doi.org/10.1063/10.0017255>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.





El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



## Análisis descriptivo de la cinemática del cuello en sus tres direcciones de movimiento, RA, FL y FE

*Descriptive analysis of the kinematics of the neck in its three directions of movement, RA, FL and FE*

- <sup>1</sup> Fredy Rafael Lulluna Llumiquinga  <https://orcid.org/0000-0001-5981-2394>  
Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), Caracas, Venezuela  
[llulluna.fredy@gmail.com](mailto:llulluna.fredy@gmail.com)
- <sup>2</sup> William Ricardo Venegas Toro  <https://orcid.org/0000-0003-3446-7445>  
Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 14/11/2025

Revisado: 10/12/2025

Aceptado: 13/01/2026

Publicado: 25/03/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3652>

### Cítese:

Lulluna Llumiquinga, F. R., & Venegas Toro, W. R. (2026). Análisis descriptivo de la cinemática del cuello en sus tres direcciones de movimiento, RA, FL y FE. *ConcienciaDigital*, 9(1), 162-191. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i1.3652>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Palabras claves:**

Cuello,  
cinemática,  
análisis  
descriptivo,  
rotación angular,  
flexión lateral.

**Keywords:**

Neck,  
kinematics,  
descriptive  
analysis,  
angular rotation,  
lateral flexion.

**Resumen**

**Introducción:** numerosos estudios emplean variables numéricas del movimiento cervical para estimar la severidad de patologías, la correlación con los niveles de discapacidad es limitada, raramente superando 0.4, y aún menor en casos de dolor cervical inespecífico. **Objetivos:** este estudio propone el uso del Análisis de Datos Funcionales (FDA), específicamente la regresión escalar-sobre-función, para predecir el Índice de Discapacidad Cervical (NDI) en individuos con dolor cervical inespecífico, utilizando el movimiento cervical completo como predictor. **Metodología:** se realizó un estudio transversal con una muestra de individuos con dolor cervical inespecífico. Se registró la cinemática cervical en los planos de rotación axial (RA), flexo-extensión (FE) y flexión lateral (FL) mediante sensores inerciales/electromagnéticos. A diferencia del enfoque tradicional basado en picos máximos, se empleó el Análisis de Datos Funcionales (FDA) para tratar las curvas de movimiento completas como unidades de información. Se implementaron modelos de regresión escalar-sobre-función, utilizando tanto las curvas de posición como de velocidad angular para predecir la puntuación del Índice de Discapacidad Cervical (NDI). **Resultados:** la implementación de varios modelos de regresión funcional duplicó el coeficiente de correlación múltiple obtenido con predictores escalares. **Conclusiones:** el modelo más eficaz, que utiliza las curvas de velocidad angular, alcanzó un coeficiente de correlación múltiple de 0.64. Además de su mayor capacidad predictiva, los modelos funcionales permiten una interpretación más profunda de la relación entre las curvas cinemáticas y el NDI, identificando qué segmentos de las curvas influyen más en las variaciones del NDI. **Área de estudio general:** Biomecánica. **Área de estudio específica:** Model musculoesquelético. **Tipo de artículo:** original.

**Abstract**

**Introduction:** numerous studies use numerical variables of cervical movement to estimate the severity of pathologies, the correlation with disability levels is limited, rarely exceeding 0.4, and even lower in cases of non-specific neck pain. **Objectives:** this study proposes the use of Functional Data Analysis (FDA), specifically scalar-over-function regression, to predict the Cervical Disability Index (NDI) in individuals with non-specific neck pain, using whole

cervical movement as a predictor. **Methodology:** a cross-sectional study was conducted with a sample of individuals with non-specific neck pain. Cervical kinematics were recorded in the planes of axial rotation (AR), flexion-extension (EF) and lateral flexion (FL) using inertial/electromagnetic sensors. Unlike the traditional peak-based approach, Functional Data Analysis (FDA) was employed to treat entire motion curves as units of information. Scalar-over-function regression models were implemented, using both position and angular velocity curves to predict the Cervical Disability Index (NDI) score. **Results:** the implementation of several functional regression models doubled the multiple correlation coefficient obtained with scalar predictors. **Conclusions:** the most effective model, which uses angular velocity curves, achieved a multiple correlation coefficient of 0.64. In addition to their greater predictive power, functional models allow for a deeper interpretation of the relationship between kinematic curves and NDI, identifying which segments of the curves most influence NDI variations. **General area of study:** Biomechanics. **Specific area of study:** Musculoskeletal model. **Type of item:** original.

## 1. Introducción

El dolor y molestias en el cuello es una afección compleja que puede deberse a múltiples factores y constituye un problema importante en la sociedad moderna. Es la segunda afección de dolor musculoesquelético más común a nivel mundial y su prevalencia aumento significativamente en las últimas tres décadas (Cieza et al., 2021).

La carga económica del dolor de cuello es considerable e incluye los costos del tratamiento, la reducción de la productividad y los problemas laborales (Cieza et al., 2021; Kleinman et al., 2014 ).

Por lo tanto es importante encontrar un método de diagnóstico rentable para caracterizar mejor las consecuencias del dolor y tratar a los pacientes que lo padecen. El análisis cinemático del cuello es útil para evaluar la gravedad de las lesiones cervicales, ya que el dolor y las pérdidas funcionales están relacionados con las discapacidades de movilidad. Tradicionalmente, la movilidad se cuantifico mediante el rango de movimiento cervical (CROM), cuya reducción se asocia a numerosas patologías (Global Health Metrics et al., 2017). Sin embargo el CROM proporciona información incompleta sobre la cinemática y no explica cómo se produce el movimiento dentro del rango articular. Para

abordar esta limitación, otros estudios se centraron en la medición de movimientos continuos, capturando posiciones angulares, velocidades, aceleraciones y otros parámetros cinemáticos relacionados con la movilidad y la coordinación motora. Generalmente, la reducción del rango de movimiento, la menor velocidad, la menor suavidad y reproducibilidad de los movimientos suelen asociarse con dolor y discapacidad. Existe abundante información disponible sobre estudios cinemáticos, que fue revisada recientemente (Stenneberg et al., 2017).

A pesar de su potencial interés, las variables extraídas de estudios cinemáticos, como el CROM, las velocidades máximas, las aceleraciones y la suavidad del movimiento, presentan una alta variabilidad. Si bien se observaron diferencias entre las medias de estas variables en individuos sanos y en aquellos con patología, estas diferencias no son tan pronunciadas a nivel individual. En consecuencia, establecer valores de corte se vuelve difícil, lo que limita la utilidad clínica de estas técnicas (Stenneberg et al., 2017).

La relación entre las variables cinemáticas y la evaluación obtenida con otras herramientas de evaluación clínica ampliamente utilizadas y documentadas, como los cuestionarios de discapacidad auto informados, es generalmente débil. Herramientas como el Índice de Discapacidad Cervical (CROM) (Franov et al., 2022), la Escala Visual Analógica (EVA) (Vernon, 2008) y la escala TAMPA para kinesiophobia (Langley & Sheppard, 1985), entre otras, presentan buenos valores de fiabilidad y se utilizan ampliamente en el ámbito clínico (Hudes, 2011; Howell, 2011).

Se realizaron estudios que analizan la relación entre las puntuaciones de la escala y las variables cinemáticas.

La mayoría de los estudios utilizan el CROM como variable de referencia mediante otros métodos de medición, como inclinómetros (Lemeunier et al., 2019; Ris et al., 2019), goniómetros (Murillo et al., 2021; Ylinen et al., 2004; Kumbhare et al., 2005), o radiografías (Muñoz-García et al., 2016; Nicholson et al., 2018).

Aunque la mayoría de los estudios informan una disminución del CROM a medida que aumenta la puntuación del dolor o el índice de discapacidad, las correlaciones son bajas, con valores absolutos entre 0,1 y 0,4 en la mayoría de los estudios (Hudes, 2011).

Sin embargo, es difícil comparar los estudios porque utilizan diferentes técnicas de medición y se aplican a pacientes con diferentes tipos de lesiones y niveles de gravedad. Son menos numerosos los estudios que analizan la relación entre las variables cinemáticas obtenidas a partir de movimientos continuos y los cuestionarios (Lin et al., 2020; Treleaven et al., 2016; Magaña et al., 2021, Pinheiro et al., 2021; Salehi et al., 2021; Devecchi et al., 2022). Estos estudios ofrecen resultados dispersos debido a la variabilidad en el tipo de pruebas realizadas y las diferencias en las patologías analizadas. Sin

embargo, existe evidencia de que, a medida que aumenta el dolor o la discapacidad, los movimientos son más lentos, y las correlaciones tampoco son demasiado altas, generalmente inferiores a 0,4, excepto en algunos estudios con un número reducido de muestras y sujetos con dolor agudo o altos niveles de discapacidad.

Por lo tanto, cabe considerar la razón por la que las variables asociadas con el movimiento tienen relaciones tan bajas con los índices de discapacidad cuya fiabilidad y utilidad clínica fueron probadas (Hudes, 2011). Una posible causa es la dispersión en la respuesta individual en las pruebas cinemáticas, que implican movimientos voluntarios con notable variabilidad, lo que da lugar a valores elevados de la diferencia mínima detectable (Tsang et al., 2022).

Esta dispersión es aún más significativa en el caso de variables como la velocidad y la aceleración (Fletcher & Bandy, 2008). Por otro lado la fiabilidad del ROM no es mejor que la reportada para escalas como el NDI, cuyos valores del Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) superan el valor de 0,9 en muchas patologías (Venegas et al., 2020; McCarthy et al., 2007).

Estos valores nunca se alcanzan para variables como velocidades o aceleraciones en pruebas cinemáticas (Fletcher & Bandy, 2008; Jorritsma et al., 2012).

Además de estas causas, asociadas a la limitada reproducibilidad de las técnicas cinemáticas, también cabe preguntarse qué información se extrae de los registros de movimiento continuo y qué uso se hace de dicha información. La mayoría de los estudios reducen la información de la curva de movimiento a unos pocos parámetros, como la velocidad máxima o mínima, la aceleración o un valor medio. Utilizar los rangos o los valores máximos es una forma sencilla de obtener valores numéricos de una curva. Sin embargo, supone una pérdida de información importante, ya que unos pocos valores reducen la información cinemática de cada curva. Además, dichas variables se eligen de forma a lo mejor arbitraria, generalmente en puntos fáciles de identificar. El movimiento de una articulación se describe mediante las curvas de posiciones, velocidades y aceleraciones que, desde un punto de vista matemático, pueden describirse y tratarse como variables funcionales en el marco del llamado Análisis Funcional de Datos (AFD). Esta rama de la estadística extiende y generaliza los métodos clásicos de variables numéricas a las variables funcionales (Röijezon et al., 2010; Ramsay & Silverman, 2005).

El uso de las técnicas de AFD presenta ventajas esenciales sobre la descripción clásica del movimiento, ya que conserva toda la información contenida en las curvas (y en sus derivadas) sin reducirlas a un conjunto de valores numéricos (máximos, mínimos, duraciones de eventos) que no representan las relaciones asociadas con la coordinación motora y la dinámica del movimiento. Se realizaron numerosos estudios en el campo de la biomecánica basada en la FDA (Kokoszka & Reimherr, 2017; Ullah & Finch, 2013),

que incluyen generalizaciones de técnicas clásicas para describir la variabilidad de las curvas mediante análisis de componentes principales funcionales (Dannenmaier et al., 2020; Warmenhoven et al., 2019), analizar las diferencias asociadas a factores mediante ANOVA funcional (Yu et al., 2021; Hébert-Losier et al., 2018), y la variación de la forma de las curvas asociadas con variables numéricas mediante regresión funcional y técnicas de clasificación basadas en curvas. No se encontraron estudios que examinen la correlación entre las curvas de movimiento y los índices clínicos que representan dolor o discapacidad. En el ámbito clínico, existen múltiples índices para evaluar el dolor o la discapacidad causada por este. El NDI es la herramienta más utilizada para evaluar la discapacidad autoevaluada en pacientes con dolor cervical.

Este instrumento abarca diversos dominios clínicos, como la intensidad del dolor y la capacidad para realizar actividades cotidianas básicas e instrumentales. Para explorar la relación entre las curvas de movimiento y este índice clínico cervical, se podría utilizar una variante de regresión funcional con respuesta numérica (por ejemplo, el NDI) y predictores funcionales (curvas de movimiento), es decir, la regresión escalar sobre función. El enfoque matemático general fue propuesto por Ramsay & Silverman (2005). Sin embargo, existen algunas aplicaciones médicas de este tipo de regresiones y técnicas de clasificación basadas en curvas.

No encontraron estudios que examinen la correlación entre las curvas de movimiento y los índices clínicos que representan dolor o discapacidad. En el ámbito clínico, existen múltiples índices para evaluar el dolor o la discapacidad causada por este. El NDI es la herramienta más utilizada para evaluar la discapacidad autoevaluada en pacientes con dolor cervical. Este instrumento abarca diversos dominios clínicos, como la intensidad del dolor y la capacidad para realizar actividades cotidianas básicas e instrumentales. Para explorar la relación entre las curvas de movimiento y este índice clínico cervical, se podría utilizar una variante de regresión funcional con respuesta numérica (por ejemplo, el NDI) y predictores funcionales (curvas de movimiento), es decir, la regresión escalar sobre función. El enfoque matemático general fue propuesto por Ramsay & Silverman (2005) y Røijezon et al. (2010). Sin embargo, existen algunas aplicaciones médicas de este tipo de regresión.

Se investigaron de manera sistémica y no se utilizaron para interpretar la relación entre las curvas de movimiento y los índices de discapacidad. El objetivo de este trabajo es utilizar la regresión funcional para identificar la relación funcional entre las curvas de movimiento y las puntuaciones del NDI en una muestra de sujetos con dolor cervical inespecífico. Se verificará cómo mejora la correlación entre las variables cinemáticas y el NDI utilizando toda la información sobre las curvas de movimiento. También proporciona una forma de interpretar la contribución de cada parte del movimiento al incremento o decremento de la respuesta dada, es decir, el índice considerado.

## 2. Metodología

Los datos sobre la cinemática del movimiento cervical corresponden a un estudio previo diseñado para analizar el efecto de una sesión de manipulación en pacientes con dolor cervical inespecífico. En dicho estudio, solo se analizaron variables numéricas convencionales (rangos de movimiento y velocidad), aunque se registraron datos funcionales del movimiento completo, que son los analizados en el presente estudio. Participaron veintiocho sujetos. Los participantes elegibles para su inclusión cumplieron los siguientes criterios: dolor cervical de inicio no traumático y naturaleza mecánica (es decir, dolor exacerbado por factores mecánicos y aliviado en posiciones específicas).

Además, se detectaron síntomas identificables mediante pruebas de provocación clínica local. Los criterios de exclusión de los participantes incluyeron antecedentes de cirugía cervical, hallazgos radiológicos como fracturas vertebrales o tumores, dolor cervical irradiado o dolor acompañado de vértigo, trastornos psicológicos diagnosticados y señales de alerta como dolor nocturno, espasmos musculares severos y pérdida de peso involuntaria. La discordancia sintomática, definida como síntomas inexplicables fuera del contexto clínico, también se consideró en los criterios de exclusión. Se obtuvieron medidas del movimiento y el estado funcional para cada persona, antes y después del tratamiento. Se utilizaron ambas medidas para cada sujeto debido a las diferencias significativas en los valores del NDI antes y después del tratamiento y a que se obtuvieron en diferentes sesiones. Para este tamaño de muestra, se obtiene una potencia de 0,8 (con  $\alpha = 0,05$ ) para coeficientes de correlación superiores a  $r = 0,2244$ .

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado y los protocolos del estudio fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad de Valencia. Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo con la última revisión de la Declaración de Helsinki. El estudio cinemático realizó pruebas de flexión-extensión cervical según el protocolo descrito en Venegas et al. (2020) cuyas líneas generales se describen a continuación. El sujeto se sentó en una silla diseñada para este fin, lo que permite fijar la posición del tronco y las piernas de modo que solo se permita el movimiento del cuello y la cabeza. Dicho movimiento se registró mediante un sistema de video fotogrametría (Kinescan-IBV) con ocho marcadores reflectantes en una diadema fijada a la cabeza del sujeto. Como posición de referencia inicial, se pidió a los participantes que se miraran a los ojos en un pequeño espejo ( $3 \times 8$  cm) colocado a 2,5 m frente a ellos, a la altura de los ojos. Se realizó una medición de calibración adicional para definir un sistema de referencia anatómico en esta posición. Este sistema se definió mediante un conjunto adicional de cinco marcadores ubicados en el trago izquierdo y derecho de la oreja, en el hueso nasal y en los huesos infraorbitales izquierdo y derecho; estos tres últimos marcadores se montaron en una montura de gafas. Tras la calibración, se retiraron los marcadores anatómicos.

En cada sesión de medición (antes y después del tratamiento), los sujetos debían realizar movimientos cíclicos y continuos de flexión-extensión del cuello a la velocidad máxima que consideraran cómoda. A partir de las coordenadas de los marcadores, se calcularon los ángulos desde la posición de referencia y las velocidades mediante el proceso de cálculo descrito en Page et al . Se obtuvo un registro continuo en cada sesión, dividido en ciclos completos de extensión-flexión (7 por sujeto), de los cuales se descartaron el primero y el último; es decir, se obtuvieron cinco ciclos por individuo. Posteriormente, la escala de tiempo se normalizó linealmente para que todos los movimientos se representaran como porcentajes de la duración del ciclo. Posteriormente, se obtuvo la media funcional de las cinco curvas de posición y velocidad angular, que se utilizaron como variables funcionales independientes en este trabajo. Además, se calcularon los Rangos de Movimiento (ROM) como la diferencia entre los ángulos máximo y mínimo y los rangos de velocidad angular correspondientes, que son los predictores del modelo de regresión. La versión española del Índice de Discapacidad del Cuello (NDI) fue la variable dependiente.

Este cuestionario evalúa la capacidad de los usuarios para realizar tareas funcionales de la vida diaria. El NDI consta de diez preguntas categorizadas en los siguientes dominios: intensidad del dolor, cuidado personal, levantar peso, lectura, dolores de cabeza, concentración, trabajo, conducción, sueño y ocio. En cada pregunta, los encuestados eligen entre seis posibles respuestas, con puntuaciones que van de 0 (sin discapacidad) a 5 (con discapacidad total). Las puntuaciones individuales de cada sección se suman. La puntuación general se presenta en una escala de 0 a 50, donde 0 representa la puntuación óptima, que indica ausencia de discapacidad, y 50 la puntuación más baja, que indica el mayor nivel de discapacidad. Este cuestionario se completó antes de cada sesión de medición (antes y después del tratamiento) para disponer de una medición de la variable numérica dependiente para cada observación de las variables funcionales independientes.

### 2.1. Método modelo

El objetivo es modelar la distribución condicional de un escalar dadas funciones y escalares. Una práctica común que acabamos de mencionar es describir cada predictor funcional con descriptores numéricos, de modo que las funciones y los escalares se utilicen conjuntamente como escalares, lo que resulta en pérdida de información. Esta práctica nos permite utilizar modelos lineales

y modelos lineales generalizados para modelar la distribución de la respuesta condicional a predictores numéricos dados. Este artículo intenta ampliar el punto de vista y mostrar cómo utilizar predictores funcionales por sí solos. Demostremos el camino desde el modelo de regresión simple hasta la regresión funcional.

Si tenemos un único predictor escalar,  $x_i$ , y una respuesta escalar,  $y_i$ , entonces nuestro conjunto de datos consiste en  $(x_i, y_i)$  con  $i = 1, \dots, n$ , donde un  $x_i$  dado podría corresponder a diferentes respuestas. El interés reside en modelar la distribución de probabilidad de la respuesta aleatoria  $Y_i$  dado el predictor  $x_i$ , y el modelo de regresión más simple como se indica en **Ecuación 1**.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i, \quad (1)$$

donde se supone que los errores aleatorios  $\epsilon_i$  son independientes y se distribuyen normalmente con media nula y varianza común  $\sigma^2$ , es decir,  $\epsilon_i$  son *i.i.d.* (independientes e idénticamente distribuidos) con  $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ . Si se utilizan varios predictores escalares,  $x_i \in \mathbb{R}^p$  entonces el modelo de regresión múltiple supone que  $Y_i$  dado  $x_i$  está dado por **Ecuación 2**:

$$Y_i = \sum_{j=1}^p x_{ij} \beta_j + \epsilon_i = x_i^T \beta + \epsilon_i, \quad (2)$$

Donde es la transpuesta del vector columna  $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})$  y  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)$  con  $\epsilon_i$  son *i.i.d.* con  $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$  es decir, se supone que  $Y_i \sim N(x_i^T \beta, \sigma^2)$ .

Si se dispone de un predictor funcional,  $x_i$ , y una respuesta escalar aleatoria,  $Y_i$ , entonces la extensión natural del modelo de regresión simple como se muestra en **Ecuación 3**.

$$Y_i = \beta_0 + \int \beta_1(t) x_i(t) dt + \epsilon_i, \quad (3)$$

con los errores aleatorios  $\epsilon_i$  *i.i.d.* con  $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ . Se supone que  $x \in L^2$  es decir,  $\int x^2(t) dt < \infty$  es decir, el cuadrado

de la función es integrable. Recordemos que para dos funciones definidas como un dominio  $T$ ,  $f, g \in L^2(T)$ , el producto interno se define como  $\langle f, g \rangle = \int f(t)g(t) dt$ .

El modelo **Ecuación 3** puede reescribirse como **Ecuación 4**.

$$Y_i = \beta_0 + \langle x_i, \beta_1 \rangle + \epsilon_i \text{ para } i = 1 \dots, n. \quad (4)$$

Un coeficiente numérico correspondiente a un predictor escalar se reemplaza por un coeficiente funcional correspondiente con un predictor funcional en el modelo de regresión simple dado en (1). Las funciones  $x_i$  y  $\beta_1$  se expresan en (posiblemente) base diferente:

$$x_i(t) = \sum_{r=1}^{K_{x1}} C_{ir} \psi_r(t) \text{ y } \beta_1(t) = \sum_{s=1}^{K_{\beta}} b_s \theta_s(t)$$

$$\int \beta_1(t) x_i(t) dt = \int_T \sum_{r=1}^{K_{\beta 1}} b_r \theta_r(t) \sum_{k_2=1}^{K_{x1}} C_{ik_2} \psi_{k_2}(t) y \beta_1(t)$$

$$\int \beta_1(t) x_i(t) dt = \int_T \sum_{r=1}^{K_{\beta 1}} b_r \theta_r(t) \sum_{k_2=1}^{K_{x1}} C_{ik_2} \psi_{k_2}(t) y \beta_1(t)$$

$$\sum_{k_1=1}^{K_{\beta 1}} \sum_{k_2=1}^{K_x} b_{k_1} C_{ik_2} \int \theta_{k_1}(t) \psi_{k_2}(t) dt = \sum_{k_1=1}^{K_{\beta 1}} \sum_{k_2=1}^{K_x} C_{ik_2} j_{k_1 k_2} b_{k_1} \quad (5) = \sum_{k_1=1}^{K_{\beta 1}} v_{k_1} b_{k_1}$$

Donde  $v_{k_1} = \sum_{k_2=1}^{K_x} C_{ik_2} j_{k_1 k_2}$  entonces la regresión del modelo sería la **Ecuación 5**.

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^{K_{\beta 1}} v_j b_j + \epsilon_i, \quad (5)$$

donde los  $b_j$  son los coeficientes. Los coeficientes  $c_{ik}$  se estiman utilizando mínimos cuadrados. La base elegida y el

El número de funciones de esta base son fundamentales en la forma de la función de coeficiente. Si varios predictores funcionales  $x_i^{(s)}$  con  $s = 1, \dots, S$  se consideran además de los predictores escalares  $u_i \in \mathbb{R}^q$  entonces el modelo de regresión funcional se puede formular en **Ecuación 6**.

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{s=1}^S \langle x_i^{(s)}, \beta_s \rangle + \sum_{r=1}^q \beta_r^{(u)} u_{ir} + \epsilon_i. \quad (6)$$

Se pueden elegir diferentes funciones base para las diferentes funciones de coeficiente  $\beta_s$ . Además, se debe tomar en consideración que los predictores funcionales deben expresarse en su propia base.

### 2.2. Número de funciones básicas

Existen dos procedimientos para estimar la función coeficiente  $\beta_s$  (3). Ambos procedimientos utilizan expansiones de base de  $\beta_s$ , con la siguiente diferencia: el primero

utiliza una base de baja dimensión para  $\beta_s$ , mientras que el segundo utiliza una combinación de una base de alta dimensión con una penalización por rugosidad. Para esta investigación, se prefiere la primera opción debido a la mejor interpretación de la función coeficiente de regresión y a los buenos resultados obtenidos, que se explicarán más adelante. Se requiere una base de funciones para la función coeficiente. Existen varias posibilidades: B-splines, Fourier, exponencial, etc.

Para datos periódicos, como el movimiento de flexión-extensión del cuello, se suele utilizar la base de la función de Fourier. La base de la función B-splines, también ampliamente utilizada, se utiliza más para datos funcionales no periódicos<sup>30</sup>. Se eligió la base de Fourier:  $\{1, \sin(\omega t), \cos(\omega t), \sin(2\omega t), \cos(2\omega t), \text{etc.}, \sin(k\omega t), \cos(k\omega t), \dots\}$ .

A continuación, se requiere establecer un criterio para elegir el número óptimo de funciones base que proporcione una buena aproximación de los datos y un modelo robusto. Obviamente, un mayor número de funciones base corresponderá a un coeficiente de correlación múltiple mayor, pero a un modelo menos robusto. Además, la función de coeficiente tiene una interpretación más compleja con respecto al movimiento analizado. Para elegir la dimensión base, se tendrán en cuenta tres criterios diferentes. El primer criterio es lograr una buena correlación múltiple (denotada por  $r$ ).

En segundo lugar se comprobó si todos los coeficientes pueden considerarse simultáneamente nulos; es decir, se comparan el modelo anidado con todos los predictores y el modelo con solo la constante. Se puede utilizar el estadístico F habitual o el valor p correspondiente. Finalmente, el tercer criterio es el ampliamente utilizado Criterio de Información de Akaike (AIC), definido como menos el doble de la máxima log-verosimilitud del modelo más el doble del número de parámetros del modelo. Un buen número de funciones base se corresponderá con valores más altos del coeficiente de correlación  $r$ , un AIC más bajo y un valor razonable del estadístico F. Todos los cálculos se realizaron con el modelo de regresión funcional de velocidad, que es el más simple.

### 2.3. Análisis estático

Para comprobar las hipótesis, se ajustaron los siguientes modelos de regresión. En todos ellos, el NDI es la respuesta y los diferentes predictores se muestran en la **Tabla 1**.

Se eligieron la posición y la velocidad (numérica o funcional) por ser las más utilizadas en la práctica clínica. En el caso de los modelos con predictores escalares y funcionales, solo se consideró la velocidad angular como variable funcional, ya que ofrece mejores ajustes que el ángulo, como se verificará más adelante. En el primer análisis, cada modelo se evaluó utilizando el coeficiente de correlación múltiple ( $r$ ), el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el estadístico F, que prueba todos los coeficientes excepto la constante como nulos, y el valor p correspondiente a este estadístico F. Se utilizó la misma

base en todos los modelos funcionales seleccionados según los criterios mencionados anteriormente.

**Tabla 1**

*Modelos predictores*

Tipo	Modelo
Escalar	$ndi\ RoM$
	$ndi\ RoV$
	$ndi\ RoM + RoV$
	$ndi\ RoM + RoV + RoM : RoV$
Función	$ndi\ (t)$
	$ndi\ \omega(t)$
Escalar y función	$ndi\ \omega(t) + RoV$
	$ndi\ \omega(t) + RoV + RoM$

De esta manera, si el valor p es alto, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo que las variables de la hipótesis más modelo complejo no mejora el modelo más simple. Por otro lado, si el valor p es pequeño, hay evidencia para rechazar la hipótesis nula, entonces los coeficientes no son nulos y las variables agregadas al modelo  $MO$  mejoran los resultados del modelo más simple. Todos los análisis se realizaron con los paquetes R  $fda48$  y  $fda.usc$ .

Por otro lado, se ajustó un modelo anidado para evaluar la mejora de los modelos funcionales en comparación con los no funcionales. En el primer análisis, se analiza la mejora del modelo  $NDI$  vs.  $\omega(t)$  al añadir las variables escalares  $RoM$  y  $RoV$ . A continuación, se estudia la mejora al añadir la variable funcional a las dos variables escalares. Se realiza una prueba de hipótesis donde la hipótesis nula  $H0$  es que ambos modelos no son diferentes, es decir, todos los coeficientes son nulos en el modelo más complejo, pero no en el más simple.

### 3. Resultados

Los resultados de este estudio se estructuran partiendo de la caracterización clínica de la muestra y la validación de las señales cinemáticas obtenidas. En primera instancia, el análisis descriptivo de los 28 participantes confirmó una reducción estadísticamente significativa en los niveles de discapacidad cervical tras la intervención, lo que establece un rango de variabilidad del NDI (de 12.2 a 8.6 puntos) idóneo para el modelado predictivo. Tras la exclusión de una muestra por artefactos técnicos, se procesaron 55 registros cinemáticos cuyas trayectorias de ángulo y velocidad angular (**Figura 1**), muestran una consistencia morfológica adecuada para el tratamiento mediante Análisis de Datos Funcionales Esta base de datos permitió comparar la eficacia de los predictores escalares tradicionales frente a las funciones de movimiento completo, cuyos criterios de selección y bondad de ajuste se detallan a continuación.

### 3.1. Participantes y análisis cinemático

Los estudios de movimiento cinemático presentan los siguientes resultados. En la **Tabla 2** se muestran algunas descripciones numéricas de los sujetos que participaron en el estudio. Se midieron el movimiento del cuello y el NDI de 28 sujetos (18 mujeres y 10 hombres) antes y después del tratamiento. Se encontraron diferencias significativas en las medias del NDI antes y después del tratamiento (valor  $p < 0,001$  obtenido mediante una prueba t pareada).

Por lo tanto hay 56 observaciones diferentes, de las cuales solo 55 se consideraron en este trabajo debido a que una de ellas presentó errores en la medición de las curvas de movimiento. Las curvas de ángulo y velocidad angular se muestran en la **Figura 1**, donde se representan las curvas de todas las observaciones ( $N = 55$ ), así como la curva media y las curvas de la media con una desviación estándar mayor o menor, respectivamente.

**Tabla 2**

*Descripción de los sujetos*

Modelo	Mujer (N=18)	Hombre (N=10)	Total
	Media (sd)	Media (sd)	Media (sd)
Edad	35.8(12.4)	33.3(13.4)	34.9(12.6)
Peso	64.9(10.1)	83.6(11.9)	71.6(14.0)
Estatura	162.6(6.8)	178.8(7.35)	168.4(10.5)
NDI antes	13.6(3.7)	9.4(4.1)	12.2(4.2)
NDI después	9.4(6.2)	7.0(3.5)	8.6(5.5)

Algunas descripciones de los sujetos estudiados: el tamaño de la muestra para mujeres y hombres, la media y desviación estándar de edad, peso, altura y NDI antes y después del tratamiento. Existen diferencias significativas en la NDI antes y después del tratamiento (valor  $p < 0,001$ ).

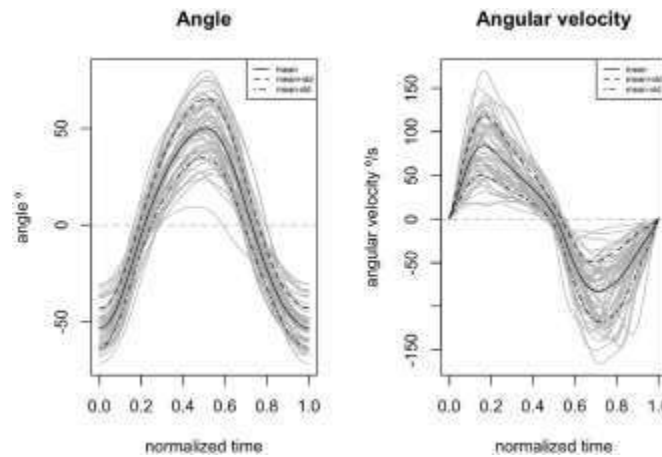
### 3.2. Numero de funciones

En la **Tabla 3** se muestran los resultados correspondientes a los criterios de selección para el número de funciones de la base de Fourier: el coeficiente de correlación múltiple  $r$ , el estadístico  $F$  y  $AIC$ . Tenga en cuenta que hay un número impar de funciones porque la base de Fourier tiene pares de funciones seno y coseno. En cuanto a los resultados de la **Tabla 3** el número de funciones debe elegirse considerando los mejores valores de criterio en su conjunto, ya que la mejora de unas implica un empeoramiento de otras. Por lo tanto, aunque cinco funciones proporcionan el valor  $F$  más alto, dan el valor de correlación múltiple más bajo con poca diferencia en el valor de  $AIC$  si se consideran siete o nueve funciones. Por lo tanto, elegimos nueve funciones como solución de compromiso con un alto valor de correlación múltiple (0,64), un  $AIC$  similar al obtenido con menos funciones,

y una buena F, no el valor más alto pero tampoco el más bajo. En conclusión, consideraremos nueve funciones para definir nuestra base de Fourier, es decir, la constante y cuatro pares de senos y cosenos.

**Figura 1**

*Curvas de ángulo y velocidad angular. Izquierda, ángulo, derecha, velocidad angular.*



Las líneas grises son las curvas. Para cada sujeto, la línea negra es la curva funcional media, la línea negra discontinua es la media funcional más uno desviación estándar, finalmente, la línea negra punteada es la media funcional menos una desviación estándar.

**Tabla 3**

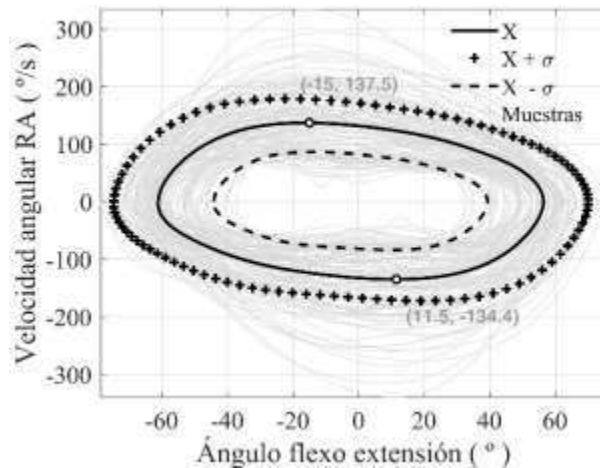
*Criterio de información de Akaike AIC*

Número de base	r	AIC	F	P valor
5	0.58	160.47		0.001
7	0.60	161.62		0.002
9	0.64	161.68		0.003
11	0.64	165.43		0.009

**Tabla 3,** Observado r, Criterio de información de Akaike AIC, estadístico F y valor p para diferentes números de funciones básicas de  $\beta_s$  utilizando como predictor la velocidad angular.

**Figura 2.**

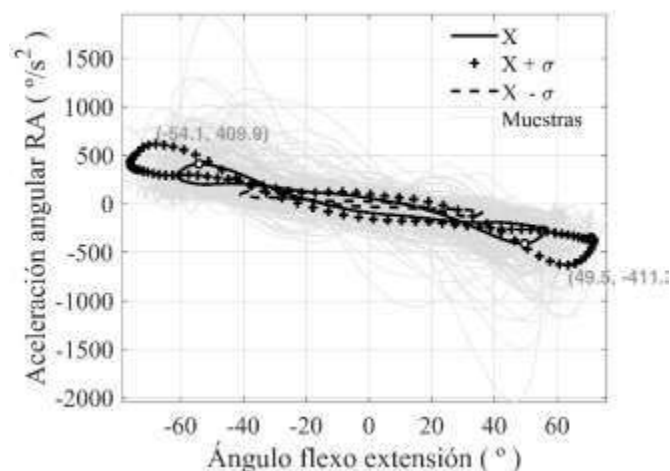
*Curvas de ángulo flexo vs Velocidad angular RA*



Para cada sujeto, la línea negra es la curva funcional media, la línea negra discontinua es la media funcional más uno desviación estándar y, finalmente, la línea negra punteada es la media funcional menos una desviación estándar

**Figura 3**

*Ángulo flexoextensión y aceleración - Angular izquierda*



Las líneas grises son las curvas. Para cada sujeto, la línea negra es la curva funcional media, la línea negra discontinua es la media funcional más uno desviación estándar y, finalmente, la línea negra punteada es la media funcional menos una desviación estándar.

### 3.3. Comparación de modelos

En la **Tabla 4** muestra diferentes medidas de bondad para los modelos ajustados: no funcional, funcional y escalar y funcional. Los modelos no funcionales presentan valores de correlación múltiple pobres,  $r < 0,352$  en el modelo más completo. El ajuste con  $RoV$  es mucho mejor que cuando se usa  $RoM$  ( $r = 0.298$  vs.  $r = 0.017$ ), un modelo cuyo valor  $p$  no es significativo ( $p = 0.902$ ). Agregar variables e interacciones mejora un poco la correlación, pero a costa de reducir el estadístico  $F$  y el valor  $p$ .

**Tabla 4**

Regresión

Tipo	Modelo	r	AIC	F	P valor
Escalar	$ndi$ $RoM$	0.017	0.0001	0.0015	0.902
	$ndi$ $RoV$	0.298	0.089	5.174	0.027
	$ndi$ $RoM + RoV$	0.349	0.122	3.597	0.034
	$ndi$ $RoM + RoV + RoM : RoV$	0.352	0.124	2.401	0.078
Función	$ndi$ $\phi(t)$	0.563	0.317	2.322	0.031
	$ndi$ $\omega(t)$	0.640	0.410	3.475	0.002
Escalar y función	$ndi$ $\omega(t) + RoV$	0.640	0.410	3.060	0.005
	$ndi$ $\omega(t) + RoV + RoM$	0.643	0.413	2.755	0.009

**Tabla 4**, cuatro modelos de regresión no funcional con diferentes predictores, rango de ángulo ( $RoM$ ) y velocidad angular ( $RoV$ ), dos modelos funcionales considerando las curvas de ángulo  $\phi(t)$  y velocidad angular  $\omega(t)$ , y dos modelos funcionales con predictores escalares. La notación utilizada es la misma que la de la **Tabla 1**, también muestra los valores de correlación múltiple  $\phi r$  y coeficiente de determinación  $R^2$  del modelo, así como el estadístico  $F$  y el valor  $p$ .

Los modelos funcionales mejoran la correlación con el NDI y presentan valores  $F$  significativos. Así, el modelo que ajusta los ángulos  $\phi(t)$  muestra una correlación múltiple  $r = 0,563$ , en comparación con  $r = 0,017$  cuando se utiliza el  $RoM$ . La mejora también es notable en el caso de la velocidad angular ( $r = 0,640$  en el caso funcional, en comparación con  $r = 0,298$  en el  $RoV$ ). El modelo de velocidad angular  $\omega(t)$  es mejor que el basado en el ángulo  $\phi(t)$  en todos los indicadores. Presenta una mayor correlación múltiple (0,64 frente a 0,563), un valor  $F$  mayor (3,475 frente a 0,317) y un valor  $p$  menor (0,002 frente a 0,301). Además de presentar peores ajustes, cabe destacar que la función  $\phi(t)$  es una variable geométrica que depende de la referencia tomada como posición neutral. Por el contrario,  $\omega(t)$  es una variable física que toma valores asociados con el movimiento que no dependen de ninguna referencia geométrica.

Por lo tanto,  $\omega(t)$  se utilizaron como único predictor funcional en los modelos funcionales más escalares, junto con los demás predictores escalares. Estos modelos funcionales más escalares no mejoran sustancialmente el modelo funcional más simple basado en la velocidad angular. Por lo tanto, el modelo que añade RoV presenta el mismo  $r$ , pero valores  $F$  más bajos (3,060 frente a 3,475) y valores  $p$  más altos (0,005 frente a 0,002). El modelo que utiliza  $\omega(t)$ , RoV y RoM apenas aumenta el coeficiente de correlación múltiple en unas pocas milésimas (0,643 frente a 0,640), con una reducción notable de  $F$  (2,755 frente a 3,475) y un aumento del valor  $p$  (0,009 frente a 0,002). Para comprobar la hipótesis de que el modelo funcional basado en la velocidad angular es superior a los modelos escalares, se analizó el modelo que incluye el predictor funcional  $\omega(t)$  y los dos escalares RoM y RoV.

Este modelo, M1, se comparó con dos modelos anidados simples (**Tabla 5**). El primer modelo, M01, es el modelo funcional simple con  $\omega(t)$  como único predictor. El segundo, M02, es el modelo con los dos predictores escalares. Los resultados de la **Tabla 5** muestran que la mejora del modelo al incorporar las dos variables escalares no es significativa (valor  $p = 0,884$ ), lo que implica que no se puede rechazar que los coeficientes correspondientes a los predictores escalares sean nulos. Asimismo, la mejora en el modelo puramente escalar al añadir el predictor funcional es significativa ( $p = 0,028$ ).

### 3.4. Interpretación del coeficiente en la función

Además de mejorar la capacidad predictiva del modelo, la regresión funcional puede ayudar a interpretar la relación entre la curva predictora y la respuesta escalar. Para ello, describiremos la contribución de cada parte de la curva  $\omega(t)$  al valor del NDI en función del valor del producto  $1(t)$  ( $t$ ) a lo largo del ciclo de movimiento. La **Figura 2** muestra las curvas correspondientes a tres casos con diferentes NDI (4, 9 y 14, respectivamente). Cada gráfico muestra la curva de velocidad angular  $\omega(t)$  en línea discontinua negra, la curva del coeficiente de ajuste  $1(t)$  en azul y la curva del producto  $1(t)$  ( $t$ ) en línea continua negra. Según la configuración funcional, el valor del NDI se estimará a partir de una constante  $\beta_0 = 14,95$  más la integral  $\beta_1(t)\omega(t)dt$ , que se obtiene mediante las áreas de las regiones verdes (valores positivos) y naranjas (valores negativos) en los ejemplos de la **Figura 2**.

Como se puede observar en la **Figura 2** en los tres casos analizados, hay tres áreas con una contribución positiva y tres con una contribución negativa. Si bien la descripción se basará en estos tres ejemplos, el patrón es similar en todos los registros. Si las áreas marcadas en verde son mayores que las naranjas, el NDI previsto será mayor que el promedio. En caso contrario, será menor. La principal contribución al aumento del NDI se encuentra en la zona positiva desde el inicio del ciclo (máxima extensión, hasta alcanzar la velocidad máxima de extensión). Luego, otras dos zonas contribuyen en

mucha menor medida: un alrededor de la mitad del ciclo (máxima extensión) y otra con un pequeño pico tras pasar por la posición neutra tras la velocidad máxima de flexión.

Las zonas de área negativa y contribución a la disminución del NDI previsto también son tres y aparecen después del pico de velocidad de extensión, durante la fase de aceleración hasta después de alcanzar el máximo al final. El RoV está relacionado con las velocidades máximas en los movimientos de flexión y extensión, que son variables correlacionadas. Además, sus contribuciones al NDI estimado son opuestas. Por ello, la correlación entre el RoV y el NDI es tan limitada. De hecho, es relativamente común encontrar sujetos con valores de RoV similares pero con diferencias en el NDI, ya que presentan diferentes formas de las curvas. En la **Figura 3** aparecen dos pares de sujetos con estas características.

Se utilizaron estos ejemplos para ilustrar mejor la contribución de cada parte de la curva al aumento o disminución del NDI. Las líneas negras corresponden al sujeto con el NDI más bajo (5 en el caso izquierdo y 4 en el derecho), y las líneas rojas corresponden al sujeto con el NDI más alto (14 y 15, respectivamente). Las líneas discontinuas representan las velocidades de cada sujeto. Las líneas continuas muestran la función producto  $\beta_1(t)\omega(t)$ , escalada para un NDI mayor con el ratio RoV. Se sombrea tres zonas de movimiento designadas con A, B y C para una mejor explicación de los resultados.

**Tabla 5**

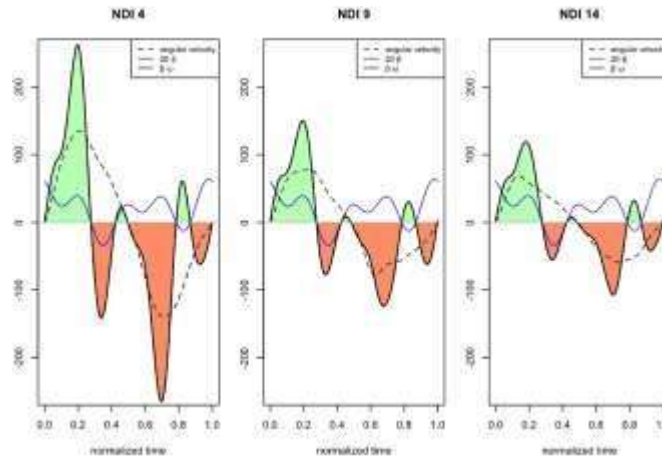
*Zonas de movimiento*

Modelos anidado	Modelo	F	pvalue
M01: Funcional	$ndii\_oi(t)$	0.124	0.884
M1: Functional and scalar predictors	$ndii\_oi(t) + RoV + RoM$		
M02: Scalar	$ndi\_RoM + RoV$	2.378	0.028
M1: Functional and scalar predictors	$ndii\_oi(t) + RoV + RoM$		

**Tabla 5.** Valores de la estadística  $F$  y *valor p* para comparar los modelos anidados para evaluar si la adición de predictores al modelo más simple M0 lo mejora. Se comparan dos casos de modelos anidados, el primero en el que se agregan variables escalares al modelo de velocidad funcional M01. El segundo es cuando se agrega la velocidad funcional al modelo no funcional M02. La notación utilizada en el modelo es la misma utilizada en la **Tabla 4**.

**Figura 4**

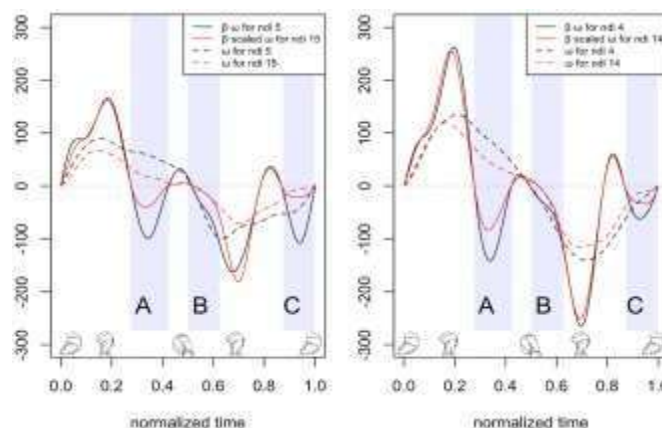
*Resultados para sujetos con diferentes niveles de NDI: izquierda, NDI = 4; NDI medio = 9 y derecho NDI = 14.*



La línea negra discontinua es la velocidad con el NDI correspondiente, la línea azul continua corresponde a la función de coeficiente escalado, y la línea negra continua corresponde al producto de la velocidad y la función de coeficientes. También se rellena en verde (área positiva) y rojo (negativo), las regiones correspondientes a la función del producto obtenida multiplicando los coeficientes y las funciones de velocidad. Los tres sujetos que se muestran en la **Figura 5** se seleccionaron tres valores de NDI bajo, medio y alto de acuerdo con los datos disponibles cuyo residuo es bajo, es decir, el NDI predicho es similar al observado.

**Figura 5**

*Productos a escala funciones de beta y función de velocidad para dos sujetos con NDI diferente, pero rango de velocidad similar.*



La función graficada se escala por la constante obtenida dividiendo los valores máximos de velocidad del sujeto con NDI bajo y alto. Las funciones de velocidad de cada sujeto no se escalan. Los dibujos esquemáticos de las posiciones de la cabeza muestran como guía la fase del movimiento correspondiente, sin embargo, es diferente entre los sujetos debido al tiempo normalizado.

También se proporcionó figuras esquemáticas del movimiento de la cabeza para ayudar a comprender qué fase de movimiento corresponde a cada zona. Como se muestra en la **Figura 3**, en la **Figura 4** y **Figura 5** el máximo y el mínimo de la función del producto escalado toman medidas similares valores en cada par de sujetos, aunque tienen un NDI muy diferente. Por lo tanto, la contribución de la RdV a las diferencias en el NDI no puede ser sustancial. Se observan las diferencias entre las curvas  $\beta_1(t)\omega(t)$  sobre todo en las zonas sombreadas A, B y C. Las zonas A y C corresponden a la fase de frenado de la extensión y movimientos de flexión, respectivamente. Aquí, el pico para sujetos con un NDI más bajo es más prominente, por lo que hay un área más grande bajo la curva y, por lo tanto, el valor total del NDI disminuye.

El área sombreada B corresponde al comienzo de la flexión, y los sujetos con un NDI más bajo tienen una velocidad angular más alta que aquellos con un alto NDI, por lo que tienen un área más grande en esta área. Estas áreas negativas explicarían más las diferencias en el NDI que los extremos de las velocidades angulares.

#### 4. Discusión

El análisis de la cinemática cervical es útil para evaluar las alteraciones funcionales asociadas a las patologías cervicales.

Numerosos estudios asocian el dolor y la gravedad de las lesiones con una Disminución del Rango de Movimiento (ROM) y movimientos más lentos (Lin et al., 2020).

Sin embargo, sorprendentemente, la correlación entre la cinemática y las escalas de evaluación más utilizadas para cuantificar el nivel de dolor o las pérdidas funcionales, como el DASH, el NDI y otras escalas, es generalmente baja, con valores inferiores a 0,4 (Lemeunier et al., 2019; Piva et al., 2006; Murillo et al., 2021; Lin et al., 2020; Magaña et al., 2021). Dado que las escalas mencionadas tienen buenas características clinimétricas y son ampliamente utilizadas en la práctica clínica (Hudes, 2011), cabe preguntarse cuáles son las razones de esta débil relación, que pone en duda la utilidad clínica de las técnicas cinemáticas.

Una de las posibles causas es la forma de representar la información contenida en las curvas de movimiento, que suele limitarse a valores o rangos extremos, lo que representa una pérdida de información. Además, es posible que las alteraciones funcionales no estén relacionadas únicamente con los valores extremos, sino con otras características de las

curvas de movimiento, que se pierden al elegir solo estos extremos. Este artículo propone un enfoque funcional para establecer la relación entre las variables cinemáticas (curvas de posición y velocidad) y el estado funcional cuantificado mediante la escala NDI en una muestra de pacientes con dolor cervical inespecífico y niveles de discapacidad moderados y bajos.

Los modelos funcionales presentan un problema de dimensionalidad, ya que una curva continua puede contener cientos de observaciones asociadas con instantes de muestreo. Este problema se resuelve representando las curvas mediante bases funcionales. En nuestro ejemplo, las bases de Fourier limitan la dimensionalidad a los coeficientes de unas pocas funciones sin perder información de las curvas originales. Hemos desarrollado un procedimiento para identificar el número óptimo de funciones para preservar toda la información de la curva, lograr un buen ajuste del modelo y garantizar su robustez.

Se compararon los resultados de diferentes modelos de regresión que utilizan variables numéricas (RoM, RoV, RoM+RoV) con modelos funcionales basados en ángulo, velocidad angular y modelos mixtos numéricos y funcionales.

Los resultados muestran que los modelos funcionales tienen una relación mucho más estrecha con la escala NDI que los correspondientes basados en variables numéricas. En cuanto a las variables numéricas, el modelo basado en el rango de velocidad es mejor que el que utiliza RoM ( $r = 0,298$  frente a  $r = 0,017$ ). Estos resultados son consistentes con otros estudios, donde la velocidad de movimiento parece estar más relacionada con la discapacidad o el dolor que el rango 20,22,23.

Sin embargo, las correlaciones con el NDI son mucho mayores cuando las variables funcionales reemplazan los rangos. Así, basándose en la curva de velocidad, el modelo funcional más simple presenta una correlación con el NDI de  $r = 0,640$ , más del doble del modelo.

Además, el ajuste es notablemente mejor, como lo demuestran el valor F y el nivel de significancia. Por otro lado, la comparación de los modelos anidados confirma que el modelo funcional basado en la curva de velocidad es significativamente mejor que cualquier modelo basado en rangos. Por lo tanto, añadir las variables de rango al modelo funcional no proporciona una mejora significativa, pero añadir la curva de velocidad a un modelo de rango representa una mejora sustancial en el ajuste (**Tabla 5**). Este resultado confirma que el máximo y los rangos de movimiento o velocidad no son necesariamente los mejores parámetros para representar el nivel de movilidad ni para establecer relaciones con la discapacidad. Al considerar la curva completa, se conserva más información, lo que refuerza la relación. Nuestros valores son superiores a los obtenidos en otros estudios como los de Lemeunier et al. (2019), Piva et al. (2006), Murillo et al.

(2021), Lin et al. (2020) y Magaña et al. (2021) en los que se analizaron pacientes con un rango mucho mayor en los valores de NDI.

Por otro lado, el enfoque funcional ofrece una manera de interpretar qué partes de la curva de movimiento están más relacionadas con la variación del índice NDI. De hecho, aunque, en términos generales, los valores más altos de NDI se asocian con valores más bajos de velocidad máxima de flexión y extensión, esta débil tendencia general no explica por qué pacientes con valores de RoV similares tienen valores de NDI muy diferentes. Por otro lado, estas diferencias pueden interpretarse desde un punto de vista funcional. Así, como se menciona en la sección de resultados, las áreas de la curva  $\beta_1(t)\omega(t)$  que establecen las diferencias aparecen inmediatamente después del pico de velocidad de extensión (zona A de movimiento en el punto más alto en la **Figura 3**), en la zona de inicio del movimiento de flexión (zona B, movimiento en el punto medio en la **Figura 3**), y el frenado al final del ciclo de flexión (zona C cuando se detiene en el punto más bajo en la **Figura 3**). Los sujetos con mayor NDI presentan una velocidad angular menor después del pico de velocidad de extensión (zona A, **Figura 3**), comienzan con una velocidad angular menor en el movimiento de flexión (zona B, **Figura 3**), y se detienen antes al final del movimiento de flexión (zona C, **Figura 3**).

En el modelo funcional, se observa que la contribución de las velocidades máximas de extensión y flexión contribuye de forma opuesta al aumento del NDI, lo que podría explicar la escasa correlación entre RoV y NDI. La regresión escalar sobre función se aplicó en aplicaciones médicas, pero hasta donde sabemos es el primer trabajo que utiliza un enfoque funcional para analizar la relación entre las variables biomecánicas y la incidencia de discapacidad. El modelo implantado está disponible en diferentes paquetes de R y no presenta complejidad ni coste computacional.

En esta investigación, se analizó un movimiento simple, la flexión cervical, y, en una patología específica, el dolor cervical inespecífico. La muestra de pacientes encuestados corresponde a sujetos con valores bajos de NDI, por lo que se espera que los resultados sean mejores en otros con un rango más amplio de niveles de gravedad, ya que son sujetos con mayor variabilidad en las variables cinemáticas y el NDI.

Es difícil comparar nuestros resultados con los obtenidos en otros estudios debido a la dispersión en los tipos de movimientos, las patologías analizadas y los niveles de discapacidad. Dado que no hemos encontrado ningún trabajo que utilice regresión funcional, limitaremos la comparación de nuestros coeficientes de correlación numérica entre el NDI y el RoM o el RoV con los obtenidos en otros estudios donde se analizaron movimientos continuos para obtener esta correlación.

En cuanto a la correlación NDI-RoM, nuestro resultado ( $r = 0,017$ ) es similar, aunque ligeramente inferior, al de otros estudios en los que se estudiaron pacientes con dolor

crónico y niveles similares de discapacidad. Por ejemplo en otro estudio Lin et al. (2020) se obtuvo un  $r = 0,105$ , y en otro22 un  $r = 0,11$ . Otros estudios mostraron correlaciones más fuertes,  $r = 0,24320$  y ( $r = 0,250$ )21. Sin embargo, estos estudios se centraron en pacientes con otras patologías (cáncer de cuello y migrañas, respectivamente) y con un rango mucho más amplio de niveles de NDI. En cualquier caso, la mejora en la correlación al aplicar regresión funcional es evidente en comparación con la obtenida con variables numéricas en cualquiera de estos estudios.

En cuanto a la correlación NDI-RoV, nuestros resultados coinciden con los citados previamente en Lin et al. (2020), Magaña et al. (2021) y Pinheiro et al. (2021) con valores de  $r$  de 0,30 o inferiores. Los resultados reportados en otros estudios Treleaven et al. (2016) son algo superiores ( $r = 0,4$  en movimientos lentos), pero cabe destacar que este trabajo analiza pacientes con patologías y niveles de discapacidad muy diferentes a los nuestros. La mejora al aplicar el método funcional representa más del doble del  $r$  con el RoV y es mucho mayor que cualquiera de los  $r$  obtenidos en los estudios citados. En todos los artículos consultados, la correlación entre el NDI y el RoV es mayor que entre el NDI y el RoM. Este resultado también aparece en un estudio más detallado con correlaciones parciales (Salehi et al., 2021; Franov et al., 2022), y es consistente con nuestros resultados obtenidos con los enfoques numérico y funcional.

Este estudio es pionero en el uso de todos los datos de la curva de movimiento para evaluar el grado de discapacidad causado por el dolor, según lo indicado por el NDI. Si bien los resultados son prometedores, existen algunas limitaciones a considerar. En primer lugar, el estudio solo evaluó uno de los tres planos de movimiento del cuello (el plano de flexión-extensión), ya que es uno de los movimientos más utilizados en las Actividades de la Vida Diaria (AVD) y tiene un mayor impacto en estas actividades.

Finalmente, cabe destacar que en los estudios citados se utilizan registros continuos de movimiento continuo, pero solo para obtener variables numéricas correspondientes a los valores extremos, que, como se muestra en los resultados de nuestro estudio, no son la característica más relacionada con los niveles de discapacidad medidos con el NDI. Por el contrario, el enfoque funcional nos permite identificar qué características de las curvas de movimiento se asocian con diferencias en el NDI.

Sin embargo, estudios futuros también deberían abordar los movimientos de rotación cervical, que también son comunes en las AVD, así como la lateralización, que a menudo se asocia con la rotación. Además, el tamaño de la muestra podría ampliarse especificando subgrupos según el tipo de patología. Actualmente, el estudio incluye diversas patologías que comparten la misma sintomatología de dolor. Al caracterizar las lesiones o los niveles de afectación de una patología determinada, este enfoque podría utilizarse para mejorar la comprensión de los tipos específicos de dolor que experimentan los pacientes. Aunque los resultados de este estudio preliminar parecen prometedores, es necesario verificar si

las ventajas descritas pueden extrapolarse al estudio de otros movimientos de interés clínico, como el análisis de la marcha, donde, además, aparecen patrones de movimiento con información más compleja que los analizados aquí. En cualquier caso, es lógico esperar que el uso de curvas de movimiento completas, que ya contienen en su información los máximos, los rangos y otras variables numéricas utilizadas en los análisis cinemáticos, contribuya a mejorar la bondad de ajuste entre las variables cinemáticas y las escalas de evaluación utilizadas en la práctica clínica.

## 5. Conclusión

- La investigación demuestra de manera concluyente que el Análisis de Datos Funcionales (FDA) captura la complejidad del movimiento cervical con una precisión significativamente mayor que los métodos tradicionales. Al utilizar la curva de movimiento completa en lugar de valores aislados o picos máximos, el modelo logra duplicar la capacidad predictiva de la discapacidad percibida por el paciente, elevando el coeficiente de correlación hasta un valor de 0.64.
- Los resultados validan que la velocidad angular es una variable física mucho más robusta y fiable para estimar la severidad del dolor cervical inespecífico que el rango de movimiento (RoM). Mientras que el RoM tradicional mostró una relación casi nula con el índice de discapacidad, la dinámica de la velocidad permite identificar patrones sutiles de aceleración y frenado que están directamente vinculados con la limitación funcional del sujeto.
- El enfoque funcional permitió determinar que no todo el movimiento contribuye de igual forma a la percepción de discapacidad. Las fases de "frenado" al final de la extensión y el inicio de la flexión son los momentos donde se observan las mayores diferencias entre sujetos sanos y afectados. Esta capacidad de interpretación segmentaria ofrece una herramienta diagnóstica de gran valor para orientar tratamientos de rehabilitación específicos.
- Se confirma que el uso de bases de Fourier para tratar señales periódicas cervicales resuelve eficazmente el problema de la dimensionalidad de los datos sin perder información esencial. Este marco estadístico no solo mejora el ajuste de los modelos, sino que proporciona una interpretación más profunda de la coordinación motora, superando las limitaciones de las técnicas cinemáticas convencionales que a menudo arrojan resultados clínicos dispersos.

## 6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

## 7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

## 8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Cieza, A., Causey, K., Kamenov, K., Hanson, S. W., Chatterji, S., & Vos, T. (2021). Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 396(10267), 2006–2017. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)32340-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)32340-0/fulltext)
- Dannenmaier, J., Kaltenbach, C., Kölle, T., & Krischak, G. (2020). Application of functional data analysis to explore movements: walking, running and jumping - a systematic review. *Gait & posture*, 77, 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.02.002>
- Devecchi, V., Alalawi, A., Liew, B., & Falla, D. (2022). A network analysis reveals the interaction between fear and physical features in people with neck pain. *Scientific Reports*, 12(1), 11304. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-14696-8#citeas>
- Fletcher, J. P., & Bandy, W. D. (2008). Intrarater reliability of CROM measurement of cervical spine active range of motion in persons with and without neck pain. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 38(10), 640–645. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2680>
- Franov, E., Straub, M., Bauer, C. M., & Ernst, M. J. (2022). Head kinematics in patients with neck pain compared to asymptomatic controls: a systematic review. *BMC musculoskeletal disorders*, 23(1), 156. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05097-z>
- Global Health Metrics, Hay SI, Alemu Abajobir A, Hassen Abate K, Abbafati C, Abbas KM, Abd-Allah F, et al. (2017). Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1260-1344. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32130-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32130-X)

- Hébert-Losier, K., Schelin, L., Tengman, E., Strong, A., & Häger, C. K. (2018). Curve analyses reveal altered knee, hip, and trunk kinematics during drop-jumps long after anterior cruciate ligament rupture. *The Knee*, 25(2), 226–239. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2017.12.005>
- Howell, E. R. (2011). The association between neck pain, the neck disability index and cervical ranges of motion: a narrative review. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 55(3), 211–221. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21886283/>
- Hudes, K. (2011). The Tampa Scale of Kinesiophobia and neck pain, disability and range of motion: a narrative review of the literature. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 55(3), 222–232. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21886284/>
- Jorritsma, W., Dijkstra, P. U., de Vries, G. E., Geertzen, J. H., & Reneman, M. F. (2012). Detecting relevant changes and responsiveness of neck pain and disability scale and neck disability index. *European Spine Journal: official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 21(12), 2550–2557. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2407-8>
- Kleinman, N., Patel, A. A., Benson, C., Macario, A., Kim, M., & Biondi, D. M. (2014). Economic burden of back and neck pain: effect of a neuropathic component. *Population Health Management*, 17(4), 224–232. <https://doi.org/10.1089/pop.2013.0071>
- Kokoszka, P., & Reimherr, M. (2017). *Introduction to functional data analysis*. Chapman and Hall/CRC. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315117416/introduction-functional-data-analysis-piotr-kokoszka-matthew-reimherr>
- Kumbhare, D. A., Balsor, B., Parkinson, W. L., Harding Bskin, P., Bedard, M., Papaioannou, A., & Adachi, J. D. (2005). Measurement of cervical flexor endurance following whiplash. *Disability and Rehabilitation*, 27(14), 801–807. <https://doi.org/10.1080/09638280400020615>
- Langley, G. B., & Sheppard, H. (1985). The visual analogue scale: its use in pain measurement. *Rheumatology International*, 5(4), 145–148. <https://doi.org/10.1007/BF00541514>
- Lemeunier, N., da Silva-Oolup, S., Olesen, K., Shearer, H., Carroll, L. J., Brady, O., Côté, E., Stern, P., Tuff, T., Suri-Chilana, M., Torres, P., Wong, J. J.,

- Sutton, D., Murnaghan, K., & Côté, P. (2019). Reliability and validity of self-reported questionnaires to measure pain and disability in adults with neck pain and its associated disorders: part 3-a systematic review from the CADRE Collaboration. *European Spine Journal*, 28(5), 1156–1179. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-05949-8>
- Lin, T., Wang, Z., Chen, G., & Liu, W. (2020). Is cervical sagittal balance related to the progression of patients with cervical spondylotic myelopathy? *World Neurosurgery*, 137, e52–e67. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.12.148>
- Magaña, L. C., Murati, S., Riffitts, M., Harrison, C., Harris, A., Sowa, G., Johnson, J. T., Bell, K., & Nilsen, M. (2021). Subjective and objective measures in assessing neck disability and pain in head and neck cancer. *The Laryngoscope*, 131(9), 2015–2022. <https://doi.org/10.1002/lary.29488>
- McCarthy, M. J., Grevitt, M. P., Silcocks, P., & Hobbs, G. (2007). The reliability of the Vernon and Mior neck disability index, and its validity compared with the short form-36 health survey questionnaire. *European Spine Journal: official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 16(12), 2111–2117. <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0503-y>
- Muñoz-García, D., Gil-Martínez, A., López-López, A., Lopez-de-Uralde-Villanueva, I., La Touche, R., & Fernández-Carnero, J. (2016). Chronic neck pain and cervicocraniofacial pain patients express similar levels of neck pain-related disability, pain catastrophizing, and cervical range of motion. *Pain Research and Treatment*, 2016, 7296032. <https://doi.org/10.1155/2016/7296032>
- Murillo, C., Treleaven, J., Cagnie, B., Peral, J., Falla, D., & Lluch, E. (2021). Effects of dry needling of the obliquus capitis inferior on sensorimotor control and cervical mobility in people with neck pain: double-blind, randomized sham-controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 25(6), 826–836. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.07.005>
- Nicholson, K. J., Millhouse, P. W., Pflug, E., Woods, B., Schroeder, G. D., Anderson, D. G., Hilibrand, A. S., Kepler, C. K., Kurd, M. F., Rihn, J. A., Vaccaro, A., & Radcliff, K. E. (2018). Cervical sagittal range of motion as a predictor of symptom severity in cervical spondylitis myelopathy. *Spine*, 43(13), 883–889. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002478>
- Pinheiro, C. F., Oliveira, A. S., Will-Lemos, T., Florencio, L. L., Fernández-de-Las-Peñas, C., Dach, F., & Bevilaqua-Grossi, D. (2021). Neck active movements

- assessment in women with episodic and chronic migraine. *Journal Of Clinical Medicine*, 10(17), 3805. <https://doi.org/10.3390/jcm10173805>
- Piva, S. R., Erhard, R. E., Childs, J. D., & Browder, D. A. (2006). Inter-tester reliability of passive intervertebral and active movements of the cervical spine. *Manual Therapy*, 11(4), 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.09.001>
- Ramsay, J. & Silverman, B. W. (2005). *Functional data analysis* (Springer Series in Statistics). [https://nzdr.ru/data/media/biblio/kolxoz/M/MV/MVsa/Ramsay%20J.,%20Silverman%20B.W.%20Functional%20data%20analysis%20\(2ed.,%20Springer,%202005\)\(ISBN%20038740080X\)\(O\)\(447s\)\\_MVsa\\_.pdf](https://nzdr.ru/data/media/biblio/kolxoz/M/MV/MVsa/Ramsay%20J.,%20Silverman%20B.W.%20Functional%20data%20analysis%20(2ed.,%20Springer,%202005)(ISBN%20038740080X)(O)(447s)_MVsa_.pdf)
- Ris, I., Barbero, M., Falla, D., Larsen, M. H., Kraft, M. N., Sjøgaard, K., & Juul-Kristensen, B. (2019). Pain extent is more strongly associated with disability, psychological factors, and neck muscle function in people with non-traumatic versus traumatic chronic neck pain: a cross-sectional study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(1), 71–78. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.04977-8>
- Röijezon, U., Djupsjöbacka, M., Björklund, M., Häger-Ross, C., Grip, H., & Liebermann, D. G. (2010). Kinematics of fast cervical rotations in persons with chronic neck pain: a cross-sectional and reliability study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 222. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-222>
- Salehi, R., Rasouli, O., Saadat, M., Mehravar, M., Negahban, H., & Shaterzadeh Yazdi, M. J. (2021). Cervical movement kinematic analysis in patients with chronic neck pain: a comparative study with healthy subjects. *Musculoskeletal Science & Practice*, 53, 102377. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102377>
- Stenneberg, M. S., Rood, M., de Bie, R., Schmitt, M. A., Cattrysse, E., & Scholten-Peters, G. G. (2017). To what degree does active cervical range of motion differ between patients with neck pain, patients with whiplash, and those without neck pain? A systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(7), 1407–1434. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.10.003>
- Treleaven, J., Chen, X., & Sarig Bahat, H. (2016). Factors associated with cervical kinematic impairments in patients with neck pain. *Manual Therapy*, 22, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.10.015>

- Tsang, S. M. H., Szeto, G. P. Y., So, B. C. L., Lau, R. W. L., & Tai, J. J. (2022). Using cervical movement velocity to assist the prediction of pain and functional recovery for people with chronic mechanical neck pain. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon), 93, 105607. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2022.105607>
- Ullah, S., & Finch, C. F. (2013). Applications of functional data analysis: a systematic review. *BMC Medical Research Methodology*, 13, 43. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-13-43>
- Venegas, W., Inglés, M., Page, Á., & Serra-Añó, P. (2020). Paths of the cervical instantaneous axis of rotation during active movements-patterns and reliability. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 58(5), 1147–1157. <https://doi.org/10.1007/s11517-020-02153-5>
- Vernon, H. (2008). The neck disability index: state-of-the-art, 1991-2008. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 31(7), 491–502. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.08.006>
- Warmenhoven, J., Cobley, S., Draper, C., Harrison, A., Bargary, N., & Smith, R. (2019). Considerations for the use of functional principal components analysis in sports biomechanics: examples from on-water rowing. *Sports Biomechanics*, 18(3), 317–341. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1392594>
- Ylinen, J., Takala, E. P., Kautiainen, H., Nykänen, M., Häkkinen, A., Pohjolainen, T., Karppi, S. L., & Airaksinen, O. (2004). Association of neck pain, disability, and neck pain during maximal effort with neck muscle strength and range of movement in women with chronic non-specific neck pain. *European Journal of Pain* (London, England), 8(5), 473–478. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2003.11.005>
- Yu, L., Mei, Q., Xiang, L., Liu, W., Mohamad, N. I., István, B., Fernandez, J., & Gu, Y. (2021). Principal component analysis of the running ground reaction forces with different speeds. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 629809. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.629809>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder  
Formerly Sherpa services