



# Alfa

Publicaciones

ISSN: 2773-7330

ABRIL - JUNIO  
**2024**

IMPACTO  
CIENTÍFICO  
VOL. 6 NUM. 2

latindex  
catálogo  
a



[www.alfapublicaciones.com](http://www.alfapublicaciones.com)  
[www.alfapublicaciones.com/editorial](http://www.alfapublicaciones.com/editorial)

REVISTA CIENTÍFICA INDEXADA REVISADA POR PARES

La revista Alfa Publicaciones se presenta como un medio de divulgación científica, se publica en soporte electrónico trimestralmente, abarca temas de carácter multidisciplinar. Dirigida a investigadores, tiene el objetivo de publicar artículos originales e inéditos resultados de investigación, en inglés, portugués y español, de alcance internacional, que cumplan con lo estipulado en el código de ética. El equipo editorial y científico tiene el compromiso ético y de responsabilidad en la aplicación de la política y gestión de la revista, utilizando herramientas de detección de plagio Su periodicidad es trimestral. Publica mínimamente 20 artículos distribuidos en 4 números al año, bajo un sistema Open Access. La revista utiliza el sistema de revisión externa por pares expertos, de forma anónima, mediante el método "doble ciego" (double-blind peer review).

**ISSN:** 2773-7330 Versión Electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos por:

Artículos Originales, Artículos de Revisión, Informes Técnicos, Comunicaciones en congresos, Comunicaciones cortas, Cartas al editor, Estados del arte & Reseñas de libros.



## EDITORIAL CIENCIA DIGITAL



**Contacto:** Alfa Publicaciones, Jardín Ambateño,  
Ambato- Ecuador

**Teléfono:** 0998235485 – (032)-511262

### **Publicación:**

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

**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**

DrC. 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 Conciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 60 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 13 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriano del libro, una 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 Ciencia digital, Conciencia digital, Visionario digital, Explorador digital, Anatomía digital 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 ciencia 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 nuestras generaciones; por ello, docentes y directivos tenemos el compromiso de realizar nuestra tarea con seriedad, respeto y en un contexto de profesionalización del proceso pedagógico

Ing. Lorena Barona. PhD.

**Directora de la revista Alfa Publicaciones**

# Índice

1. Análisis fáctico de las causas que provocan la impunidad en los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, en el año 2022  
(Kevin René Peralta Siguencia, Eugenio Enrique Pozo Cabrera)

06-27

---

2. Análisis crítico sobre la detención provisional sin orden judicial o en flagrancia en el Ecuador  
(Leonardo Homero Muñoz Andrade, Marcelo Torres Wílchez)

28-51

---

3. Soluciones energéticas sostenibles: un estudio sobre estrategias para el uso de gas asociado a la extracción de petróleo en la industria ecuatoriana  
(Sandra Elizabeth Trávez Osorio, Carlos Jeanpier Yagos Arias, Jefferson Steeven Endara Laguaquiza, Juan Carlos Tapia Molina)

52-72

---

4. Diseño de prototipado para barras energéticas enriquecidas con cereales andinos  
(Andrea Estefanía Fierro Ricaurte, Diego Armando Suárez Cruz, José Luis Navas Vásconez, Viviana Melissa Cuadra Jama)

73-85

---

5. Análisis jurídico crítico sobre el procedimiento criminalístico en el levantamiento de evidencias: delito de robo con resultado de muerte  
(Ciro Bernardo Mendoza Mendoza, Julio César Inga Yanza)

86-111

---

6. Estado actual de la evaluación del ciclo de vida ambiental en procesos de soldadura manual por arco metálico (MMAW)  
(Luis Stalin López Telenchana, Edison Alejandro Estrella Vargas, Cristhian Leodan Fajardo Maigua, Luis Ángel Sáenz Hidalgo)

112-126



---

7. Avances en modelos in silico para el descubrimiento rápido de fármacos: transformando la farmacología computacional  
(Kimberly Zamira León Fiallos, Bryan Omar Zurita Sánchez)

127-151

## Análisis fáctico de las causas que provocan la impunidad en los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, en el año 2022

*Factual analysis of the causes of impunity in the crimes of smuggling of migrants in the canton of Cañar in 2022*

- <sup>1</sup> Kevin René Peralta Siguencia  <https://orcid.org/0009-0005-0907-4086>  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.  
[kevin.peralta.75@est.ucacue.edu.ec](mailto:kevin.peralta.75@est.ucacue.edu.ec)
- <sup>2</sup> Eugenio Enrique Pozo Cabrera  <https://orcid.org/0000-0003-3263-6145>  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.  
[epozo@ucacue.edu.ec](mailto:epozo@ucacue.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/01/2024

Revisado: 12/02/2024

Aceptado: 04/03/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.465>

### Cítese:

Peralta Siguencia, K. R., & Pozo Cabrera, E. E. (2024). Análisis fáctico de las causas que provocan la impunidad en los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, en el año 2022. AlfaPublicaciones, 6(2), 6–27. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.465>



**ALFA PUBLICACIONES**, 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://alfapublicaciones.com>

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 Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras****claves:**

Migración;  
justicia;  
protección;  
tráfico de  
personas;  
impunidad.

**Resumen**

**Introducción.** Este artículo estudio se enfoca en las causas subyacentes de la impunidad en delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, Ecuador, durante el año 2022. Se resalta la importancia de fortalecer el marco jurídico y la cooperación institucional para salvaguardar los derechos de los migrantes en este contexto. **Objetivo.** El objetivo principal de este análisis es identificar y comprender las razones detrás de la impunidad en los casos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar. Se busca proponer medidas concretas para mejorar la efectividad de los procesos judiciales y garantizar una adecuada protección de las víctimas involucradas en estos delitos. **Metodología.** La investigación se llevó a cabo mediante un enfoque multidisciplinario que incluyó el análisis de datos estadísticos, entrevistas con expertos en derecho procesal penal y litigación oral, así como la revisión detallada de casos judiciales relevantes. Se priorizó la obtención de información sobre las condiciones socioeconómicas y educativas de las víctimas, así como sobre los mecanismos de compensación disponibles. **Resultados.** Se observó una falta de mecanismos formales para el resarcimiento económico de las víctimas, lo que indica una brecha significativa en la protección y reparación de sus derechos. Además, se identificaron deficiencias en la colaboración entre las instituciones involucradas en los procesos judiciales, lo que dificulta la efectividad de las investigaciones y el enjuiciamiento de los responsables. **Conclusión.** Este artículo destaca la urgente necesidad de implementar estrategias integrales y programas específicos de apoyo para combatir eficazmente el tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar. Se enfatiza la importancia de fortalecer el marco jurídico y promover la colaboración entre las instituciones pertinentes para garantizar justicia y protección adecuada para las víctimas. Además, se recomienda establecer sistemas de compensación justos para abordar las necesidades de las víctimas de manera integral. **Área de estudio general:** Derecho. **Área de estudio específica:** Derecho Procesal Penal y Litigación Oral. **Tipo de estudio:** Análisis de casos.

**Keywords:**

Migration;  
justice;

**Abstract**

**Introduction.** This article focuses on the underlying causes of impunity in crimes of smuggling of migrants in the canton of Cañar,

protection;  
human  
smuggling;  
impunity.

Ecuador, during the year 2022. It highlights the importance of strengthening the legal framework and institutional cooperation to safeguard the rights of migrants in this context. **Objective.** The main objective of this analysis is to identify and understand the reasons behind impunity in cases of smuggling of migrants in the canton of Cañar. It seeks to propose concrete measures to improve the effectiveness of judicial processes and guarantee adequate protection for the victims involved in these crimes. **Methodology.** The research was carried out through a multidisciplinary approach that included the analysis of statistical data, interviews with experts in criminal procedural law and oral litigation, as well as the detailed review of relevant judicial cases. Priority was given to obtaining information on the socioeconomic and educational conditions of the victims, as well as on the available compensation mechanisms. **Results.** A lack of formal mechanisms for the economic compensation of victims was observed, which indicates a significant gap in the protection and reparation of their rights. In addition, deficiencies were identified in the collaboration between the institutions involved in the judicial processes, which hinders the effectiveness of the investigations and the prosecution of those responsible. **Conclusion.** This article highlights the urgent need to implement comprehensive strategies and specific support programs to effectively combat migrant smuggling in Cañar canton. It emphasizes the importance of strengthening the legal framework and promoting collaboration among relevant institutions to ensure justice and adequate protection for victims. In addition, it is recommended to establish fair compensation systems to address the needs of victims in a comprehensive manner. **General area of study:** Law. **Specific area of study:** Criminal Procedure Law and Oral Litigation. **Type of study:** Case analysis.

## Introducción

La indagación del ilícito de tráfico de migrantes en Cañar - Ecuador, reviste importancia fundamental para desentrañar las estructuras que propician este delito y su continua impunidad, por lo que este artículo científico resalta la imperiosa necesidad de salvaguardar los derechos fundamentales de los migrantes y robustecer el aparato jurisdiccional para contrarrestar este fenómeno.



Desde una perspectiva histórica y conceptual, el fenómeno del tráfico de personas se enraíza en una amalgama de determinantes económicos, políticos y sociales, donde la posición geográfica y las dinámicas limítrofes de Ecuador han catalizado la transformación del cantón Cañar en un epicentro de estas prácticas ilícitas, subrayando la premura de una intervención holística.

La problemática se articula en torno a las variables fácticas que propician la impunidad en los delitos de tráfico de migrantes, como la insuficiente colaboración de la víctima y las transacciones compensatorias no reguladas, evidenciando la intrincada tarea que enfrenta el sistema de justicia para asegurar la justicia y protección de la víctima.

Los objetivos de la presente investigación abarcan el análisis sobre las causas fácticas que generan la impunidad en los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar durante el año 2022, mismo que se logrará identificando el marco normativo y jurídico, relacionado con el tráfico ilícito de migrantes en el Ecuador, así como los factores de vulnerabilidad de las víctimas, la colaboración de las víctimas en los procesos penales y las prácticas de resarcimiento económico en el cantón Cañar, para finalmente explorar propuestas de solución normativa.

En el aspecto metodológico de este trabajo de investigación, se aborda el tipo de investigación de enfoque cualitativo, centrado en el análisis de la impunidad en el delito de tráfico ilícito de migrantes en el Cantón Cañar durante el año 2022. Se emplearán métodos inductivo - deductivo, analítico - sintético para comprender las causas de la impunidad, y el dogmático jurídico, el estudio de casos y entrevistas con expertos en el campo jurídico. Este trabajo de investigación permitirá identificar las causas subyacentes y proponer soluciones normativas para abordar este fenómeno social y jurídico.

## **Referencial teórico**

### **El tráfico ilícito de migrantes – Concepto y marco normativo.**

El tráfico ilícito de migrantes se define como la facilitación de la entrada ilegal de una persona en un Estado del cual dicha persona no es nacional o residente permanente, con el fin de obtener, directa o indirectamente, un beneficio financiero u otro beneficio material, delito que está tipificado ampliamente en el Derecho Internacional y nuestra legislación nacional, debido a la afección que esta conducta puede causar en los derechos humanos, seguridad y orden público de los Estados.(Calahorrano Latorre, 2020)

En el contexto ecuatoriano, el tráfico ilícito de migrantes, es un delito tipificado en el artículo 213 del Código Orgánico Integral Penal, mismo sobre el que este cuerpo normativo dispone:

La persona que, con el fin de obtener directa o indirectamente beneficio económico u otro de orden material por cualquier medio, promueva, capte, acoja, facilite, induzca, financie, colabore, participe o ayude a la migración ilícita de personas nacionales o extranjeras, desde el territorio del Estado ecuatoriano hacia otros países o viceversa o, facilite su permanencia irregular en el país, siempre que ello no constituya infracción más grave (Código Orgánico Integral Penal, COIP, 2014)

Así mismo, el protocolo de Palermo, contra el tráfico ilícito de migrantes por tierra, mar y aire, que complementa la convención de las Naciones Unidas Contra la Delincuencia Organizada Transnacional, presenta en su artículo 3 definiciones donde el tráfico ilícito de migrantes se debe entender como “la facilitación de la entrada ilegal de una persona en un Estado Parte del cual dicha persona no sea nacional o residente permanente con el fin de obtener, directa o indirectamente, un beneficio financiero u otro beneficio de orden material”(Protocolo Contra El Tráfico Ilícito de Migrantes Por Tierra, Mar y Aire., 2005)

Dentro de esta convención también se define lo que por entrada ilegal se entiende, que radica en el acto de cruzar fronteras sin cumplir con los requisitos legales establecidos por el Estado de destino, y se hace mención respecto a los documentos de identificación o viaje falsos, se consideran aquellos que han sido fabricados, expedidos de manera no auténtica, alterados por entidades no autorizadas, adquiridos mediante engaño o utilizados por personas distintas a los titulares legítimos.(Protocolo Contra El Tráfico Ilícito de Migrantes Por Tierra, Mar y Aire, 2005)

En este contexto, podemos decir entonces que el tráfico ilícito de migrantes se refiere a la práctica criminal de facilitar la entrada de personas a un país sin cumplir con las normativas legales, motivada por el lucro económico, este fenómeno penalizado tanto a nivel internacional como en legislaciones nacionales como la ecuatoriana, resalta la complejidad de las dinámicas migratorias irregulares y sus implicaciones en la seguridad, el orden público y los derechos humanos.

La inclusión de la búsqueda de beneficio económico como elemento central en la definición destaca la importancia de la motivación económica detrás de estas actividades ilegales, situación que se destaca el estudio realizado por Laczo, citado por Cristian Castro y José Vásquez, donde se menciona que esta actividad mueve más de 10.000 millones de dólares estadounidenses al año. (Castro Andrade & Vásquez Calle, 2023)

La Convención de las Naciones Unidas contra la Delincuencia Organizada Transnacional establece que un grupo delictivo organizado consiste en una asociación de tres o más individuos, constituida con cierta permanencia, con el objetivo de cometer delitos graves para obtener beneficios económicos o materiales. Dicha convención subraya que estos grupos poseen una estructura coordinada, aunque sus miembros no tengan roles formalmente definidos, y no se constituyen de manera espontánea para la ejecución

inmediata de un delito puntual. (Convención de Las Naciones Unidas Contra La Delincuencia Organizada Transnacional y Sus Protocolos, 2004)

Es así como la consideración teórica y jurídica sobre el tráfico ilícito de migrantes, tanto en el ámbito internacional como en el ecuatoriano, subraya la gravedad de este delito y su impacto en los derechos humanos, la seguridad y el orden público, la legislación ecuatoriana, alineada con el Protocolo de Palermo y la Convención de las naciones Unidas contra la Delincuencia Organizada Transnacional y sus Protocolos.

Se criminaliza cualquier acción que facilite la migración irregular con fines de lucro, destacando la dimensión económica detrás de este fenómeno ilegal, que mueve significativas sumas a nivel mundial, este enfoque jurídico resalta la necesidad de combatir el tráfico ilícito desde una perspectiva integral que considere tanto las sanciones penales como la protección de las víctimas.

### **La impunidad.**

Cuando se trata sobre la impunidad, podemos referirnos a aquella definición clásica la enuncia como la ausencia de castigo frente a una conducta punible, al respecto varios han sido los autores e instituciones que han abordado este tema, así podemos enunciar el concepto dado por la Organización de Naciones Unidas cuando la define como:

Por impunidad se entiende la inexistencia, de hecho, o de derecho, de responsabilidad penal por parte de los autores de violaciones, así como de responsabilidad civil, administrativa o disciplinaria, porque escapan a toda investigación con miras a su inculpación, detención, procesamiento y, en caso de ser reconocidos culpables, condena a penas apropiadas, incluso a la indemnización del daño causado a sus víctimas (CDHNU, 2005).

En este sentido, a la impunidad puede definírsela como la falta de respuesta adecuada y efectiva del sistema de justicia ante violaciones de normas legales, resultando en la ausencia de investigación, sanción a los responsables, y reparación para las víctimas, ésta se caracteriza por la inoperancia, omisión o ineficacia de los mecanismos judiciales y legales previstos para garantizar la rendición de cuentas, lo que perpetúa un ciclo de violaciones de derechos sin consecuencias y erosiona la confianza en las instituciones legales, socavando así el Estado de derecho y la cohesión social.(Vázquez & Ortiz, 2021)

Siguiendo un razonamiento similar, Cabanellas (2012) explica que la impunidad se refiere a la ausencia de sanción o castigo, manifestándose en la situación donde un infractor evade la pena que le corresponde por sus actos delictivos, manteniendo así su libertad a pesar de las infracciones cometidas.

Las causas de la impunidad en el ámbito penal, incluyen la corrupción sistémica, la falta de recursos y la ineficiencia en los sistemas de justicia, estas causas llevan a consecuencias como el debilitamiento del Estado de derecho, la erosión de la confianza en las instituciones judiciales, y la perpetuación de ciclos de violencia y violaciones a los derechos humanos, al no proporcionar justicia para las víctimas ni disuadir futuros delitos. (Vázquez Valencia, 2021)

En el contexto del tráfico ilícito de migrantes, la impunidad se manifiesta cuando los perpetradores de este delito no son debidamente sancionados, a pesar de las claras disposiciones legales tanto a nivel nacional como internacional, este fenómeno, implica graves violaciones de derechos humanos y amenazas al orden público y la seguridad.

La impunidad en este contexto refleja fallos en el sistema de justicia que permiten que los delincuentes evadan las consecuencias legales, socavando la eficacia de las normativas y promoviendo la continuidad de estas actividades ilícitas, al no garantizar la rendición de cuentas ni la protección adecuada para las víctimas.

### **Factores de vulnerabilidad.**

Los factores de vulnerabilidad, se refieren a las características, condiciones o atributos individuales, sociales, económicos o ambientales que incrementan la susceptibilidad de una persona, grupo o comunidad a experimentar daño o adversidad ante diversos tipos de riesgos o desafíos que presenta la vida cotidiana. (Portillo-Riascos, 2020)

Estos factores pueden abarcar una amplia gama de aspectos, tales como, la edad, el género, la situación socioeconómica, el acceso a recursos y servicios, la salud física y mental, el entorno habitacional, y la capacidad de adaptación o resiliencia frente a situaciones de estrés o crisis y muchos otros más. (Portillo-Riascos, 2020)

La presencia y la interacción de estos factores pueden determinar el grado de impacto que eventos adversos como desastres naturales, crisis económicas, conflictos sociales o enfermedades pueden tener sobre individuos o comunidades, influyendo en su capacidad para prevenir, responder y recuperarse de dichos eventos. (Portillo-Riascos, 2020)

En nuestro contexto, por factores de vulnerabilidad, entenderíamos entonces a aquellas circunstancias o características personales, sociales, económicas y políticas que aumentan el riesgo de individuos o grupos de ser captados, explotados o afectados negativamente por redes de tráfico ilícito de migrantes.

Estos factores pueden incluir, pero no se limitan a la falta de oportunidades económicas, la inestabilidad política o social, la falta de acceso o deficiente educación y servicios básicos, la discriminación, la violencia doméstica o en la comunidad, y la insuficiente protección legal o institucional, factores que crean un caldo de cultivo para facilitar el

reclutamiento, transporte y explotación de las personas en situaciones de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, así como en el Ecuador. (Sigüencia Niveló et al., 2023)

En este contexto, resulta imperativo analizar la condición de vulnerabilidad y marginación financiera que impacta a determinados colectivos en el cantón Cañar, la situación de las personas con discapacidad y pobreza en Cañar, se ve exacerbada por un acceso limitado a servicios crediticios, esta restricción se atribuye principalmente a la inexistencia de productos financieros que se ajusten a sus necesidades particulares y a la reticencia institucional hacia este grupo poblacional. (Santana Gutiérrez & Álvarez Gamboa, 2022)

Tal reticencia se manifiesta en una falta de interés por su inclusión financiera, intensificada por la percepción de un elevado riesgo crediticio vinculado a estas personas, adicionalmente, el obstáculo para ingresar al ámbito laboral y la escasez de proyectos emprendedores agudizan su estado de vulnerabilidad. (Santana Gutiérrez & Álvarez Gamboa, 2022)

Este escenario de exclusión y fragilidad financiera podría afectar en el ámbito del tráfico ilegal de migrantes, en el cual las condiciones de marginalidad y la escasez de oportunidades incrementan la propensión de los individuos a caer en las redes de tráfico, especialmente cuando se persiguen mejores condiciones de vida, lo que podría motivar la aceptación de propuestas arriesgadas o fraudulentas que ofrezcan migración y empleo en el extranjero.

Un deficiente acceso a la educación constituye otro de los factores de riesgo que facilitan que los moradores del cantón Cañar puedan ser víctimas del tráfico ilícito de migrantes, un estudio en cuestión explora el programa de Educación para Jóvenes y Adultos en los cantones de Suscal y Cañar, en zonas afectadas por la migración forzada y condiciones de vulnerabilidad, donde al respecto se puede destacar lo siguiente.

El estudio indica que la migración forzada, prevalente en áreas vulnerables como el cantón Cañar, intensifica los retos educativos, mismos que adquieren relevancia en el ámbito jurídico ya que, cuando las entidades locales fallan en responder efectivamente a la pobreza o a las situaciones de violencia, la provincia de Cañar, caracterizada por una alta tasa de emigración, que muestra elevados niveles de pobreza y analfabetismo, se incrementa el riesgo de ser una víctima del delito de tráfico ilícito de migrantes. (Duchi Zaruma et al., 2022)

Se subraya la necesidad de atender a las demandas particulares de los estudiantes, tanto jóvenes como adultos, quienes frecuentemente deben compaginar obligaciones laborales y familiares con su formación académica, la instauración de redes comunitarias de apoyo para el cuidado de los niños ilustra cómo la legislación ecuatoriana debe promover la

continuidad educativa de los estudiantes, más aún en contextos donde la migración ha erosionado las redes de soporte familiar tradicionales.(Duchi Zaruma et al., 2022)

Respecto al tráfico ilícito de migrantes, se puede argumentar entonces que los factores de vulnerabilidad económica, social y educativa identificados en el estudio, como la pobreza, la carencia de acceso a oportunidades educativas y laborales, y la fragmentación comunitaria debido a la migración, pueden incrementar la susceptibilidad de individuos y comunidades a involucrarse en redes de tráfico ilícito.

La escasez de opciones educativas, que pueden conllevar a un escenario adverso en el futuro, esto respecto de una carencia de oportunidades laborales y por ende penurias económicas, que, por si solas o en conjunto con otros factores de riesgo antes identificados, pueden motivar a las personas a explorar alternativas, algunas de las cuales pueden entrañar riesgos o ser ilícitas, con el fin de mejorar su calidad de vida.

La violencia en el cantón y provincia de Cañar, manifestada a través de diversas formas como, la violencia intrafamiliar, conflictos interpersonales y la inseguridad en espacios públicos, configura un ambiente de incertidumbre y desesperanza para muchos de sus habitantes, este entorno adverso, a menudo, propicia que individuos y familias consideren la migración como una vía de escape hacia una vida mejor, buscando seguridad y oportunidades económicas en otros países.

En la provincia de Cañar, la prevalencia total de violencia contra las mujeres supera el promedio tanto regional como nacional, alcanzando un 74.9%. Este dato refleja un escenario preocupante donde casi tres cuartas partes de las mujeres han experimentado algún tipo de violencia, la violencia psicológica se presenta como la más prevalente, afectando al 69.3% de las mujeres en la provincia, lo que indica una mayor incidencia en comparación con el promedio nacional y regional, esta forma de violencia evidencia prácticas de dominación y menosprecio que socavan la dignidad y autoestima de las mujeres. (Mideros & Vacacela, 2021)

El ámbito donde más se reporta la violencia es dentro de la pareja, con un 55.1% de las mujeres indicando haber sufrido violencia en esta esfera, seguido por el espacio social y familiar, esto resalta la necesidad de enfocar las intervenciones tanto en el ámbito privado como en el público para abordar eficazmente el problema, en cuanto a la violencia física, esta ocurre mayoritariamente en el ámbito de la pareja (32.4%) y familiar (18.0%), reflejando una dinámica preocupante de violencia doméstica que requiere atención especializada y mecanismos de prevención y respuesta efectivos.(Mideros & Vacacela, 2021)

La violencia sexual, con un 22.3% de incidencia en el ámbito social, destaca la vulnerabilidad de las mujeres en espacios públicos y la necesidad de políticas de

seguridad y educación para prevenir el acoso y la violencia sexual, la violencia patrimonial, afectando al 16.5% de las mujeres en la relación de pareja, pone de manifiesto las dinámicas de poder y control sobre los recursos económicos y patrimoniales, lo cual puede limitar la autonomía y libertad de las mujeres. (Mideros & Vacacela, 2021)

La violencia en la provincia y cantón de Cañar, caracterizada por su alta prevalencia, especialmente contra las mujeres, y manifestada en diversas formas como intrafamiliar, en relaciones de pareja, y en espacios públicos, crea un contexto adverso que incide directamente en la decisión de migrar de sus habitantes, este ambiente hostil, marcado por prácticas de dominación, menosprecio y vulneración de la integridad física y psicológica, empuja a individuos y familias a buscar refugio y mejores oportunidades en otros países.

Sin embargo, esta búsqueda de seguridad y bienestar frecuentemente los expone a redes de tráfico ilícito de migrantes, donde la desesperación y la falta de opciones legales los convierten en presas fáciles para los traficantes que se aprovechan de su vulnerabilidad, incrementando así el riesgo de caer en situaciones de explotación y violencia durante el proceso migratorio, perpetuando el ciclo de violencia que inicialmente buscaban evadir.

### **Migración.**

Desde un enfoque técnico, la migración se caracteriza por el traslado de personas o colectivos de una región a otra, cruzando fronteras definidas por la administración, que pueden ser tanto nacionales como internacionales, el objetivo de este traslado es el asentamiento en un nuevo lugar, de forma temporal o definitiva, diversos factores pueden motivar este movimiento, abarcando aspectos económicos, sociales, políticos, ambientales y de seguridad, entre otros. (Pedone & Alfaro, 2021)

La migración irregular se refiere al tránsito de individuos que atraviesan fronteras internacionales sin la debida autorización, infringiendo así las disposiciones establecidas por las jurisdicciones receptoras, en este contexto, los sujetos migrantes carecen de la documentación legalmente requerida para el ingreso, estancia o empleo dentro de la nación de acogida, tal fenómeno se origina a partir de la incongruencia entre la demanda laboral existente en el país receptor y la ausencia de mecanismos adecuados por parte de las autoridades gubernamentales para facilitar cauces de migración regulada. (Pérez, 2023)

En Ecuador, se observan dos etapas significativas de migración internacional en el siglo XX, comenzando de forma gradual en 1930 hacia destinos como Estados Unidos, Venezuela y Canadá, y una segunda etapa más intensa entre 1976 y 2000, con la crisis económica de finales de los años 90 que provocó una oleada migratoria masiva,

principalmente hacia Estados Unidos y España, marcando un punto crítico que posiblemente intensificó la migración ilegal. (Castro Andrade & Vázquez Calle, 2023)

Actualmente, se observa un cambio en las características de la migración hacia Estados Unidos, con un aumento en el uso de rutas clandestinas y mecanismos irregulares, lo que ha llevado a la formación de redes transnacionales de tráfico ilícito de migrantes, la situación se ha vuelto más peligrosa y prolongada, con migrantes ecuatorianos iniciando su viaje irregular desde Nicaragua, a pesar de los requisitos de visa impuestos por México y Guatemala, el flujo migratorio irregular continúa, destacando la deportación de 12.921 ecuatorianos desde la frontera mexicana en 2022, incluyendo cerca de 3.000 menores de edad. (Castro Andrade & Vázquez Calle, 2023)

Otro evento que ha disparado la migración irregular en nuestra historia, es la reciente pandemia de la COVID 19, esto se ve evidenciado en que, durante el año 2022, aproximadamente el 24% de los individuos que arribaron a territorio mexicano en calidad de migrantes poseían nacionalidad ecuatoriana, adicionalmente, se ha reportado que, en el período comprendido entre enero y julio del mismo año, un total aproximado de 62.989 migrantes ecuatorianos que procuraban ingresar de forma irregular a los Estados Unidos de América fueron sujetos a medidas de restricción migratoria, incluyendo la denegación de entrada, la expulsión o la detención por parte de las autoridades competentes. (Lovato Reyes & Farro Reyes, 2022).

### **Metodología**

Este estudio se llevó a cabo mediante la aplicación de un enfoque cualitativo, respaldado por una rigurosa fundamentación teórica y una exhaustiva revisión bibliográfica centrada en el tema de la migración. El nivel de profundidad adoptado fue descriptivo, lo que permitió una detallada exploración de las características de este fenómeno tanto desde una perspectiva jurídica como social, especialmente en el contexto específico del cantón Cañar.

Para alcanzar los objetivos planteados, se emplearon varios métodos de investigación complementarios. En primer lugar, se aplicó el método deductivo–inductivo, que facilitó la revisión de información partiendo de conceptos generales relacionados con la migración y progresando hacia conclusiones específicas sobre el problema de investigación. Se exploraron tanto las teorías generales como las particularidades del fenómeno migratorio en el cantón Cañar.

Además, se recurrió al método dogmático jurídico para analizar la parte positiva del derecho relacionada con la migración, lo que proporcionó un marco sólido para comprender las implicaciones legales y normativas en el contexto estudiado.



Finalmente, se empleó el método analítico–sintético, el cual permitió desglosar la información recopilada en datos estadísticos y opiniones obtenidas a través de entrevistas con fiscales y abogados en ejercicio libre. Esta técnica facilitó la reconstrucción de la información de manera sintética, permitiendo una comprensión más clara y profunda del problema de la migración en el cantón Cañar.

En cuanto a las técnicas utilizadas, se destacan la revisión bibliográfica y la realización de entrevistas. Estas últimas se llevaron a cabo mediante la aplicación de cuestionarios estructurados, y se complementaron con el fichaje de información relevante para el estudio. Estos instrumentos permitieron una recopilación exhaustiva de datos y opiniones pertinentes para el análisis del fenómeno migratorio en el cantón Cañar.

## **Resultados**

### **Colaboración de las víctimas. Las prácticas de resarcimiento económico.**

Para enriquecer y profundizar el análisis sobre las causas que provocan la impunidad en los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, se ha llevado a cabo un conjunto de entrevistas estructuradas tanto a fiscales como a abogados activos en el cantón Cañar. Estos profesionales poseen una experiencia directa y relevante en el manejo de casos relacionados con el tráfico ilícito de migrantes, lo que les confiere una perspectiva única y valiosa sobre los desafíos, estrategias y prácticas legales en este ámbito.

La metodología empleada para la elaboración de las preguntas se basó en un análisis previo de la literatura existente sobre el tema, así como en las necesidades identificadas a través de observaciones preliminares en el cantón Cañar, lo que permitió diseñar preguntas enfocadas en aspectos críticos como los desafíos en la colaboración de las víctimas, estrategias para fomentar su participación, prácticas de resarcimiento económico y factores contribuyentes a la impunidad.

Las respuestas obtenidas fueron analizadas y organizadas para reflejar las diversas perspectivas y experiencias de los entrevistados, respetando la confidencialidad y la integridad de la información proporcionada, este enfoque metodológico garantiza una comprensión amplia y detallada de los retos y dinámicas presentes en el cantón Cañar respecto al tráfico ilícito de migrantes, contribuyendo significativamente a la propuesta de soluciones normativas y prácticas para abordar esta problemática.

La siguiente sección presenta un resumen de los hallazgos más relevantes derivados de estas entrevistas, los cuales son cruciales para entender la complejidad del fenómeno y para formular recomendaciones orientadas a mejorar la efectividad del sistema de justicia y la protección de las víctimas en el cantón Cañar.

**Tabla 1.**

Entrevista a fiscales.

| Preguntas   | Fiscal 1   | Fiscal 2  | Fiscal 3  |
|---|--|---|---|
| ¿Qué desafíos enfrenta al tratar de obtener la colaboración de las víctimas durante la investigación y el proceso judicial?   | El principal desafío es el temor a represalias. Muchas víctimas temen por su seguridad y la de sus familias si colaboran con las autoridades, lo que se agrava por su vulnerabilidad como migrantes. | La desconfianza en las autoridades y el desconocimiento de sus derechos son barreras significativas para obtener la colaboración de las víctimas.   | El estigma social y el miedo a la criminalización, especialmente en casos donde las víctimas han sido forzadas a cometer actos ilegales, dificultan su colaboración.                      |
| ¿Qué medidas o estrategias consideran efectivas para fomentar la participación activa de las víctimas en la persecución de estos delitos?                                     | Hemos encontrado que la garantía de confidencialidad y protección, junto con el apoyo psicosocial continuo, son medidas efectivas para fomentar su participación en el proceso judicial.             | La implementación de un sistema de acompañamiento judicial que ofrezca asesoría legal y psicológica desde el inicio del proceso ha demostrado ser efectivo.   | La creación de centros especializados para la atención de víctimas de tráfico ilícito, que ofrezcan un entorno seguro y servicios integrales, ha mostrado ser una estrategia prometedora. |
| En términos de resarcimiento económico para las víctimas de tráfico ilícito de migrantes, ¿cuáles son las prácticas extrajudiciales que ha podido observar en nuestro cantón? | <i>He observado que ciertos abogados suelen transar con las víctimas o sus familiares de este tipo de delitos con la finalidad de que no participen activamente en el proceso.</i>                   | <i>Una vez que la investigación previa toma su rumbo y estamos recabando elementos de convicción suficientes para ir a formulación de cargos, las víctimas dejan de colaborar por miedo, amenazas o por haber recibido una reparación económica, que en muchos casos es ínfima.</i> | <i>Se han dado casos de mediaciones extrajudiciales que muchas veces perjudican a las víctimas.</i>   |

**Tabla 1.**

## Entrevista a fiscales (continuación)

| Preguntas   | Fiscal 1  | Fiscal 2  | Fiscal 3  |
|---|---|---|---|
| ¿Existen programas o recursos disponibles para apoyar a las víctimas en términos de resarcimiento económico, y cómo funcionan en la práctica?                   | No existen programas con esa naturaleza.  | No existen.   | No existen.   |
| Basándonos en su experiencia, ¿cuáles son las principales causas que contribuyen a la impunidad en los casos de tráfico ilícito de migrantes en nuestro cantón? | La falta de pruebas concretas y la reticencia de las víctimas a testificar son las principales causas de impunidad, junto con la complejidad de rastrear y procesar a los traficantes que operan a través de redes transnacionales. | Los acuerdos extrajudiciales que perjudican a las víctimas, las amenazas y miedo son las principales causas de impunidad en nuestro cantón, en ese tipo de delitos. | La falta de colaboración de las víctimas de este delito es el principal factor por el cual no se puede avanzar en la investigación previa y por ende de la impunidad. |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.**

## Entrevista a abogados.

| Preguntas   | Abogado 1   | Abogado 2   | Abogado 3  |
|---|---|---|--|
| Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales desafíos que enfrentan al representar a víctimas o procesar casos relacionados con el tráfico ilícito de migrantes en nuestro cantón? | La principal dificultad radica en la construcción de un caso sólido cuando las víctimas están traumatizadas y reacias a compartir su experiencia, lo que complica la recopilación de testimonios clave. | Enfrentamos la dificultad de asegurar la cooperación de las víctimas, muchas de las cuales temen represalias o tienen preocupaciones sobre su estatus migratorio. | Uno de los mayores desafíos es el estigma asociado a las víctimas de tráfico ilícito, que a menudo enfrentan barreras sociales y legales para buscar justicia. |

**Tabla 2.**

## Entrevista a abogados (continuación)

| Preguntas   | Abogado 1   | Abogado 2  | Abogado 3  |
|---|---|--|--|
| ¿Cuáles son las dificultades más comunes en la recolección de pruebas y en la presentación de argumentos legales en estos casos?  | La naturaleza de éste ilícito dificulta la obtención de pruebas, especialmente cuando los perpetradores operan en múltiples jurisdicciones.   | La falta de testigos dispuestos a declarar y la desaparición de pruebas físicas son obstáculos comunes en estos casos.   | La volatilidad y la falta de cooperación interjurisdiccional complican enormemente la recopilación de pruebas concluyentes para respaldar los argumentos legales.  |
| ¿Existen vacíos legales o ambigüedades en la legislación actual que dificultan la persecución efectiva de los responsables de estos delitos?                                  | La falta de claridad y coherencia en la legislación actual dificulta la persecución efectiva de los delitos de tráfico ilícito, lo que requiere una reforma legal para cerrar estos vacíos. | Existen ambigüedades en la definición y enjuiciamiento de los delitos de tráfico ilícito, lo que a menudo beneficia a los perpetradores en detrimento de las víctimas. | La legislación actual no aborda adecuadamente las complejidades del tráfico ilícito, especialmente en lo que respecta a la protección y compensación de las víctimas.  |
| En términos de resarcimiento económico para las víctimas de tráfico ilícito de migrantes, ¿cuál es su experiencia en cuanto a los acuerdos extrajudiciales en nuestro cantón? | Los acuerdos extrajudiciales, a menudo no reflejan adecuadamente el daño sufrido por las víctimas.  | Los acuerdos extrajudiciales son generalmente insatisfactorios, lo que demuestra la necesidad de una intervención legal más efectiva y directa.                        | La falta de un marco legal claro para el resarcimiento económico de las víctimas lleva a acuerdos extrajudiciales que raramente son justos o satisfactorios.   |
| ¿Qué medidas legales consideran necesarias para mejorar el acceso de las víctimas a un resarcimiento económico justo y efectivo?  | Es crucial establecer mecanismos legales más claros y accesibles para el resarcimiento económico de las víctimas, incluyendo fondos de compensación y procedimientos simplificados.         | Se necesita una reforma integral que incluya la protección de las víctimas desde el proceso de identificación hasta la garantía de acceso a justicia y resarcimiento.  | Es imperativo fortalecer la legislación para proteger mejor a las víctimas y asegurar su acceso a compensaciones justas, lo que incluye la creación de fondos de compensación específicos y la simplificación de los procedimientos legales. |

Fuente: Elaboración propia.

Los hallazgos derivados de las entrevistas realizadas a fiscales y abogados en el cantón Cañar ofrecen una visión detallada sobre los retos jurídicos y las dinámicas enfrentadas en la lucha contra el tráfico ilícito de personas y la procuración de justicia para las víctimas de este ilícito, las discusiones con los fiscales destacan la prevalencia del temor y la desconfianza de las víctimas hacia el sistema de justicia, factores que limitan significativamente su disposición a colaborar en las etapas de investigación y judicialización.

Este fenómeno se ve exacerbado por la existencia de acuerdos compensatorios extrajudiciales, frecuentemente insuficientes y desregulados, que pueden disminuir la participación activa de las víctimas en el proceso legal, la carencia de programas especializados de apoyo económico para las víctimas subraya una deficiencia crítica en la estructura de asistencia y protección vigente.

Adicionalmente, las entrevistas con los abogados revelan desafíos adicionales en la representación jurídica de las víctimas, incluyendo obstáculos en la recolección de evidencia y la presencia de vacíos normativos que impiden una persecución efectiva de los responsables del delito las experiencias relatadas por los letrados respecto a los acuerdos extrajudiciales resaltan la necesidad imperativa de un marco legal fortalecido y equitativo que asegure una reparación adecuada para las víctimas.

Estas observaciones enfatizan la necesidad imperante de robustecer el marco normativo y jurídico, junto con la implementación de estrategias interdisciplinarias y programas de apoyo específicos para abordar de manera efectiva el tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, asegurando la justicia y la adecuada protección para las víctimas.

En el marco del estudio realizado sobre las causas fácticas que propician la impunidad en los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar durante el año 2022, se ha llevado a cabo un minucioso análisis del entorno normativo y jurídico, así como de las dinámicas procesales y de resarcimiento económico pertinentes a este tipo de delitos.

Este examen exhaustivo ha permitido identificar con precisión los obstáculos y desafíos que enfrenta el sistema de justicia ecuatoriano en su lucha contra este flagelo, así como las vulnerabilidades específicas de las víctimas que se encuentran en el epicentro de esta problemática. La investigación ha revelado que, si bien el Ecuador dispone de un marco legal robusto, consagrado en el Código Orgánico Integral Penal y otros instrumentos normativos, que criminaliza y sanciona el tráfico ilícito de personas, la aplicación efectiva de dichas disposiciones se ve obstaculizada por una serie de factores estructurales y operativos.

Entre estos, destaca la carencia de programas de capacitación especializada y continua para fiscales, jueces y demás funcionarios involucrados en la detección, investigación y

enjuiciamiento de estos delitos, lo que dificulta una comprensión integral de la naturaleza transnacional del tráfico ilícito y sus implicancias legales y sociales.

Por otro lado, los factores de vulnerabilidad de las víctimas, tales como la marginalización económica, el acceso limitado a servicios básicos, y la desestructuración social y familiar, se han identificado como elementos que no solo facilitan la acción de las redes criminales, sino que también complican la intervención efectiva de las autoridades.

En el cantón Cañar, estas condiciones se ven exacerbadas por una serie de circunstancias locales, incluyendo la posición geográfica estratégica y la dinámica migratoria específica de la región, lo que requiere de respuestas adaptadas y focalizadas a este contexto particular por parte de las autoridades. La reluctancia de las víctimas a colaborar en los procesos penales constituye otro de los obstáculos significativos para el avance de las investigaciones y la sanción de los responsables. Esta situación se ve influenciada por el temor a represalias, la falta de confianza en las instituciones de justicia y la estigmatización asociada a las víctimas de este tipo de delitos.

**Tabla 3.**

Noticias del delito por año y trimestre de registro, según el cantón de incidente en la provincia de Cañar.

| Cantón de incidente | Total año | Total año | Total     |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|
|                     | 2022      | 2023      | NDDs      |
| AZOGUES             | 9         | 15        | 24        |
| BIBLIAN             | 1         | 1         | 2         |
| CANAR               | 10        | 4         | 14        |
| EL TAMBO            | 2         | 4         | 6         |
| LA TRONCAL          | 4         | 7         | 11        |
| <b>Total NDDs</b>   | <b>26</b> | <b>31</b> | <b>57</b> |

Fuente: Fiscalía General del Estado. Elaboración propia.

En la Tabla 3, se observa que para el cantón Cañar hubo un total de 10 Noticias del delito sobre el delito de tráfico ilícito de migrantes en 2022 y 4 en 2023, esta disminución por un lado, podría indicar una efectiva acción de las autoridades locales y la implementación de estrategias de prevención que han logrado reducir la incidencia de este delito, por otro lado, también podría reflejar una menor tasa de denuncias por parte de las víctimas, posiblemente debido al miedo a represalias o desconfianza en el sistema judicial, un aspecto crítico destacado en el estudio que contribuye a la impunidad.

**Tabla 4.**

Estado de las Noticias del delito y Etapa Procesal en el cantón Cañar de la provincia de Cañar.

| Estado y Etapa Procesal de la NDD      | 2022 | 2023 | Total NDDs |
|--|------|------|------------|
| TRÁFICO ILÍCITO DE MIGRANTES           | 10   | 4    | 14         |
| ACTIVO                                 | 8    | 4    | 12         |
| INVESTIGACION PREVIA                   | 7    | 4    | 11         |
| LLAMAMIENTO A JUICIO                   | 1    |      | 1          |
| PASIVO                                 | 2    |      | 2          |
| ARCHIVO ACEPTADO                       | 1    |      | 1          |
| SENTENCIA RATIFICA ESTADO DE INOCENCIA | 1    |      | 1          |
| Total NDDs                             | 10   | 4    | 14         |

Fuente: Fiscalía General del Estado. Elaboración propia.

La Tabla 4 proporciona una visión más detallada de la situación judicial relacionada con los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar, la presencia de casos en distintas etapas procesales, desde la investigación previa hasta el llamamiento a juicio, indica que hay esfuerzos por parte del sistema judicial para abordar estos delitos.

Sin embargo, la cantidad de casos que no avanzan a etapas más concluyentes del proceso judicial podría señalar las dificultades en la prosecución de estos delitos, que van desde la recolección de pruebas hasta la colaboración de las víctimas, tal como se discute en la investigación, el hecho de que varios estados procesales no registren casos nuevos en 2023 podría interpretarse como una señal de los desafíos persistentes en la lucha contra la impunidad.

### Conclusiones

- Es evidente la imperiosa necesidad de implementar mecanismos de protección y acompañamiento que no solo aseguren la seguridad de las víctimas de tráfico ilícito de migrantes, sino que también fomenten su empoderamiento y participación activa en los procesos de investigación previa, contribuyendo así a la búsqueda de justicia de manera más efectiva.
- En lo que respecta a las prácticas de resarcimiento económico en el cantón Cañar durante el año 2022, se ha constatado una marcada ausencia de procedimientos formales y estructurados que garanticen una reparación adecuada y justa para las víctimas. La prevalencia de resoluciones extrajudiciales, muchas veces desfavorables para los afectados, destaca la urgente necesidad de desarrollar un sistema integral de compensación que aborde no solo la dimensión económica, sino también las necesidades psicosociales y de reintegración de las personas afectadas.

- Ante este panorama, se plantea la urgencia de adoptar un enfoque integrador y multidisciplinario que incluya la actualización y armonización del marco jurídico con los estándares internacionales en la lucha contra la trata de personas y el tráfico ilícito de migrantes. Es esencial implementar programas de formación y sensibilización dirigidos a los operadores de justicia, fortalecer las redes de apoyo y protección a las víctimas, y establecer mecanismos de resarcimiento económico que respondan de manera efectiva a sus necesidades y derechos.
- Solo a través de un esfuerzo coordinado y sostenido será posible superar los desafíos identificados y avanzar hacia la erradicación de la impunidad en los delitos de tráfico ilícito de migrantes en el cantón Cañar. Esto garantizará la protección efectiva de los derechos humanos y la dignidad de las personas afectadas, sentando así las bases para una sociedad más justa y equitativa.

### Conflicto de intereses

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

### Bibliografía

- Calahorrano Latorre, E. (2020). El Delito de Tráfico Ilícito de Migrantes Desde el Principio De Proporcionalidad: Un Análisis Comparado de los Casos chileno, español y ecuatoriano. *Revista Republicana*, 29, 47–68.  
<https://doi.org/10.21017/Rev.Repub.2020.v29.a86>
- Castro Andrade, C., & Vázquez Calle, J. (2023). Corrientes migratorias en la provincia del Cañar, análisis de denuncias presentadas en la fiscalía general del Estado por el delito de tráfico ilícito de migrantes. *Dialnet*, 8, 645–659.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9177320>
- Código Orgánico Integral Penal, COIP, Pub. L. No. 180 (2014).  
[https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP\\_act\\_feb-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf)
- Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas. (2005). Conjunto de principios actualizado para la protección y la promoción de los derechos humanos mediante la lucha contra la impunidad. Comisión de Derechos Humanos.  
[https://legal.un.org/avl/pdf/ha/ga/ga\\_60-147/ga\\_60-147\\_s.pdf#:~:text=La%20Asamblea%20General%20de%20las%20Naciones%20Unidas%20aprob%C3%B3,%28principios%20para%20la%20lucha%20contra%20la%20impunidad%29%20%28E%2FCN.4%2F2005%2F102%2FAdd.1%29](https://legal.un.org/avl/pdf/ha/ga/ga_60-147/ga_60-147_s.pdf#:~:text=La%20Asamblea%20General%20de%20las%20Naciones%20Unidas%20aprob%C3%B3,%28principios%20para%20la%20lucha%20contra%20la%20impunidad%29%20%28E%2FCN.4%2F2005%2F102%2FAdd.1%29)



Convención de Las Naciones Unidas Contra La Delincuencia Organizada Transnacional y Sus Protocolos, 4 (2004).

<https://www.unodc.org/documents/treaties/UNTOC/Publications/TOC%20Convention/TOCebook-s.pdf>

Duchi Zaruma, J. A., Álvarez Zaruma, R. A., & Salinas Muñoz, M. E. (2022). Educación para jóvenes y adultos (EPJA) un desafío para los cantones Suscal y Cañar, Ecuador. Universidad, Aprendizaje y Retos de Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 333–340.

<http://repositorio.unae.edu.ec/handle/56000/2595>

Lovato Reyes, J., & Farro Reyes, J. (2022). Análisis de la migración ecuatoriana durante la pandemia de COVID-19. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53385>

Mideros, A., & Vacacela, S. (2021). Relaciones Familiares y la Violencia de Género contra las Mujeres (ENVIGMU 2019) y de femicidio.

<https://ecuador.unwomen.org/sites/default/files/2022-02/Loja%20Datos%20de%20la%20encuesta%20nacional%20sobre%20Relaciones%20Familiares%20y%20la%20Violencia%20de%20G%C3%A9nero%20contra%20las%20Mujeres%20%28ENVIGMU%202019%29%20y%20de%20femicidio%20.pdf>

Pedone, C., & Alfaro, Y. (2021). Los rostros de la migración cualificada (CLACSO., Ed.). Estudios interseccionales en América Latina. <https://www.clacso.org/wp-content/uploads/2021/07/Rostros-migracion-cualificada.pdf>

Pérez, J. M. (2023). “Las variables macroeconómicas en el flujo migratorio del Ecuador.” Universidad Técnica De Ambato.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37704>

Portillo-Riascos, L. H. (2020). El concepto de vulnerabilidad macroeconómica. Una revisión de la literatura. *Sociedad y Economía*, 40.

<https://doi.org/10.25100/sye.v0i40.8020>

Protocolo Contra El Tráfico Ilícito de Migrantes Por Tierra, Mar y Aire., Pub. L. No. 153 (2005).

<https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2002/1306.pdf#:~:text=Protocolo%20contra%20el%20tr%C3%A1fico%20il%C3%ADcito%20de%20migrantes%20por,Pre%C3%A1mbulo%20Los%20Estados%20Parte%20en%20el%20presente%20Protocolo%2C>

Santana Gutiérrez, L. A., & Álvarez Gamboa, J. (2022). El acceso al crédito para los grupos vulnerables y su aporte a la inclusión financiera en el cantón Cañar [Tesina]. Flacso Ecuador.

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/18441>

Sigüencia Niveló, D., Ormaza Andrade, J., & Castillo Ortega, Y. (2023). Dinámica territorial relacionada a la migración en la comunidad de Chacalcay del cantón Cañar. *593 digital Publisher CEIT*, 8(3–1), 757–771.

<https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3-1.1888>

Vázquez, D., & Ortiz, H. (2021). Impunidad, corrupción y derechos humanos. *Perfiles Latinoamericanos*, 29(57). <https://doi.org/10.18504/pl2957-007-2021>

Vázquez Valencia, L. D. (2021). Enumerando las causas de la impunidad. Reflexiones para iniciar una estrategia anti impunidad. *Estudios Socio-Jurídicos*, 23(1).

<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/sociojuridicos/a.9190>

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





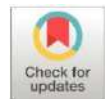
El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



## Análisis crítico sobre la detención provisional sin orden judicial o en flagrancia en el Ecuador

*Critical analysis of provisional detention without a court order or in flagrante delicto in Ecuador*

- <sup>1</sup> Leonardo Homero Muñoz Andrade  <https://orcid.org/0009-0009-6967-5165>  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca-Ecuador  
[lhmunoz20@est.ucacue.edu.ec](mailto:lhmunoz20@est.ucacue.edu.ec)
- <sup>2</sup> Marcelo Torres Wílchez  <https://orcid.org/0000-0001-2957-6274>  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca – Ecuador  
[mtorres@ucacue.edu.ec](mailto:mtorres@ucacue.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 10/01/2024

Revisado: 12/02/2024

Aceptado: 04/03/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.466>

### Cítese:

Muñoz Andrade, L. H., & Torres Wílchez, M. (2024). Análisis crítico sobre la detención provisional sin orden judicial o en flagrancia en el Ecuador. AlfaPublicaciones, 6(2), 28–51. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.466>



**ALFA PUBLICACIONES**, 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://alfapublicaciones.com>



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 Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International*. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras claves:**

Derechos humanos, flagrancia, garantías constitucionales, debido proceso (Unesco Tesaurus)

**Keywords:**

Human rights, flagrancy, constitutional guarantees, due process, (UNESCO Thesaurus)

**Resumen**

En la presente investigación se realizó un análisis crítico sobre la detención provisional sin orden judicial o en flagrancia en el Ecuador, por lo que esta investigación presenta un enfoque cualitativo, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica, asimismo, se utilizaron los métodos analítico - sintético, inductivo - deductivo, histórico – lógico y dogmático, además de las técnicas de revisión bibliográfica. Luego del análisis crítico se justificó que, si bien es cierto que la detención provisional sin orden judicial o en flagrancia en el Ecuador tiene como finalidad dar una respuesta rápida ante el cometimiento de un delito, por tanto, al momento de proceder con la detención la institución pertinente debe proceder según el mandato constitucional con relación al debido proceso y sus garantías, cabe recalcar que el procedimiento para que opere una detención legal debe ser aplicado de acuerdo al caso concreto, en el caso de proceder a la detención de una persona nacional o de un ciudadano extranjero.

**Abstract**

In the present research, a critical analysis was carried out on provisional detention without a court order or in flagrante delicto in Ecuador, so this research presents a qualitative approach, an exhaustive bibliographic review was carried out, likewise, synthetic, and inductive analytical methods were used deductive, logical – historical and dogmatic, in addition to bibliographic review techniques. After the critical analysis, it was justified that, although it is true that provisional detention without a court order or in flagrante delicto in Ecuador is intended to provide a quick response to the commission of a crime, therefore, when proceeding with the detention the pertinent institution must proceed according to the constitutional mandate in relation to due process and its guarantees, it is worth emphasizing that the procedure for a legal detention to operate must be applied according to the specific case, in the case of proceeding to the detention of a national or a foreign citizen.

## Introducción

La libertad de los seres humanos es un derecho fundamental que se encuentra garantizado en la Constitución de la República del Ecuador, siendo así que el derecho a la libertad es el uno de los más importantes y preciados derechos inherentes a las personas, pues a partir de este derecho es que se ha llegado a reconocer e incluso declarar otros derechos que tienen los seres humanos.

Es por ello, que la privación de libertad personal es una medida bastante radical en las intervenciones estatales por lo que tienen gran relevancia a tal punto que se considera como núcleo de un sistema de libertades que se sobrepone a los demás derechos.

Este derecho de libertad se encuentra inmerso en la “dignidad humana” (Kriele, 1981), en este sentido el referido autor considera que el ser humano debe ser respetado como un sujeto de derechos, por tanto, la exigibilidad de la libertad como una condición incluso para el desarrollo de las capacidades de este, es por ello por lo que cada persona tiene el mismo derecho a la libertad como a la dignidad.

Ahora, cuando una persona trasgrede una norma es sujeto de una restricción a sus derechos principalmente el derecho a la libertad personal, y es llevado frente a los tribunales para que se resuelva su situación jurídica. Por tanto, la detención provisional en delitos flagrantes es la excepción a la regla con respecto a la prisión.

Al seguir existiendo detenciones provisionales sin orden judicial o en delito flagrante se evidencia que la función garantista del Estado tiene falencias, pues se realiza un abuso en cierta forma de la prisión, cuando la Constitución dispone que esta medida es de ultima ratio.

La problemática de la detención provisional en delito flagrante, es que se está haciendo un abuso de la prisión, vulnerando así el principio de inocencia, la seguridad jurídica, tomando en consideración que la o las personas detenidas en dicha condición son privadas de su libertad por tanto no tienen el tiempo suficiente para contar con un abogado de su confianza, toda vez que se restringen sus derechos lo que acarrea que sea un familiar quien busque ayuda legal y en otros casos no tienen otra opción que aceptar una defensa pública.

Por tanto, una persona que se encuentra detenida y privada de su libertad siempre estará en desventaja con relación al Estado esto es frente a fiscalía ya que esta ostenta todo el poder punitivo, así como los medios para realizar una acusación en el caso de hallarse indicios sobre el cometimiento del delito, mientras que el detenido tiene limitados sus derechos incluso se limita su derecho a contar con un abogado de su confianza. Toda vez que al hacer uso de su derecho a una llamada telefónica suelen hablar con un familiar.

Por lo antes expuesto el objetivo de esta investigación es determinar mediante un estudio crítico-analítico la vulneración del derecho a la libertad, la presunción de inocencia, el derecho a la defensa, y la seguridad jurídica en los que se incurre al momento de la detención provisional de una persona sin orden judicial, para evidenciar la problemática es necesario responder a la siguiente interrogante ¿Es suficiente al momento de la detención en flagrancia que los agentes le informen sus derechos constitucionales?

Evidenciada la problemática es necesario realizar algunas consideraciones al momento de proceder a la detención provisional de una persona para no vulnerar sus derechos constitucionales, ya que no solo basta con informarle sobre los mismos, sino brindarle las facilidades para que el detenido pueda hacer efectivas sus garantías constitucionales, solo así se estaría respetando y garantizando el debido proceso.

### *Marco referencial*

#### *Antecedentes históricos de la detención provisional y prisión preventiva*

La figura de la detención provisional o prisión preventiva aparece inclusive desde antes de la era romana, sin embargo, es en esta época donde se instituye esta figura legal, siguiendo el pensamiento de Ulpiano citado por Alonso (2017), quien manifestaba que la cárcel debe servir "...para retener a las personas no para castigarlas."

En este mismo sentido Justiniano se había pronunciado con respecto a dicha figura legal mencionando que "la cárcel no es para el castigo, sino para la custodia de los hombres" (Justiniano, 530 D.C), como se puede observar la prisión preventiva no fue creada como un medio para el cumplimiento de una pena, sino que era una medida de prevención para asegurar la comparecencia de las personas a un proceso judicial.

A partir de las concepciones anotadas en el párrafo anterior es donde se empieza a instaurar esta figura legal de la detención provisional y prisión preventiva aplicada en el derecho civil, luego mediante exhaustivos análisis fue adoptada para el derecho penal.

En este contexto, la Corte Interamericana de Derechos Humanos máximo organismo de control judicial, se ha pronunciado con respecto a la prisión preventiva en materia penal.

Haciendo una revisión de las Constituciones que ha tenido el Ecuador desde la primera creada en el año de 1830 hasta la de 1998 en el artículo 1 rezaba que el Ecuador es un Estado social de Derecho, toda vez que durante esas décadas el Ecuador era un estado democrático, pero no constitucionalista.

Sin embargo, es necesario mencionar que con cada una de las Constituciones que el Ecuador ha tenido se ha pasado por Estados dictatoriales hasta estados democráticos, recordemos que en el país vivimos una dictadura en el gobierno de José María Velasco Ibarra, retornando a la democracia en 1979 con el gobierno de Jaime Roldós Aguilera.

Sin embargo, después de 10 años de la Constitución de 1998, en el año 2008 se elige una nueva Asamblea que fue la encargada de actualizar la Constitución, dando un gran salto en materia de Derechos, por lo tanto, la Constitución de Montecristi se materializó irradiando a la normativa interna del Ecuador en materia de Derechos.

Es así que el Ecuador pasa de ser un Estado social de Derecho a un Estado Constitucional de Derechos (Constitución de la República del Ecuador) (Asamblea Nacional Constituyente, 2008), es decir que pasamos de un Estado democrático a un Estado Constitucionalista, en donde se recoge y garantiza todos los derechos inherentes al ser humano, obviamente esta materialización de la nueva Constitución tiene su fundamento en los tratados y convenios internacionales de los que el Ecuador es parte interviniente.

Cabe destacar que la Constitución es la norma suprema, y a su vez ésta constituye tal como menciona Carreño (2024), no un instrumento para que el gobierno controle al pueblo, sino que es un instrumento para que el pueblo controle al gobierno. En otras palabras, la Constitución de la República es el límite al poder estatal.

Es por ello por lo que la Constitución recoge todos los derechos que forman parte de la persona humana y estos deben ser garantizados por el propio Estado, respetando estos derechos, así como las garantías básicas del debido proceso para evitar abusos de poder frente a la actividad punitiva de la que goza el Estado.

Dentro de esta garantía estatal, se encuentra la Función Judicial representada en los jueces, quienes son garantistas de los Derechos fundamentales de la persona humana, es por ello por lo que, para administrar justicia en el caso del cometimiento de un delito existen dos vías que nos dice la Constitución (Asamblea Nacional Constituyente, 2008), esto es: mediante orden judicial, y como excepción a la misma en delito flagrante, es decir sin orden judicial. Lo manifestado se encuentra descrito en el artículo 77 numeral 1.

A continuación, se procederá a analizar la detención en flagrancia y la posible vulneración de derechos que esta implica cuando no se observan las garantías básicas del debido proceso que las encontramos manifestadas en el catálogo penal.

Siguiendo el procedimiento el Código Orgánico Integral Penal en adelante (COIP) en el artículo 6 numeral 1, dice que toda persona que sea detenida en delito flagrante debe ser puesta a órdenes de autoridad competente quien en audiencia verificará si la detención es legal o no (Código Orgánico Integral Penal) (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

En este orden de ideas es necesario realizar la siguiente interrogante ¿Qué sucede cuando luego de verificar la aprehensión de la persona esta resulta ser ilegítima? Tomando en consideración que la privación de la libertad se da únicamente cuando existe una sentencia ejecutoriada, en la cual se haya declarado la culpabilidad del procesado, y expuesto la pena que deberá pagar como sanción al cometimiento de un delito.



En este aspecto, al hablar de una prehensión en delito flagrante se prioriza la privación de libertad, cabe mencionar que la Corte Constitucional en la sentencia sobre la limitación a la sustitución de la prisión preventiva en el párrafo 38 ya se ha pronunciado al respecto de dicha privación, toda vez que ha manifestado que ésta debe ser de ultima ratio (Sentencia, 2021), por tanto, se está vulnerando un derecho constitucional al preferir la prisión.

### *Derecho a la defensa*

El derecho a la defensa está dentro de las garantías básicas del debido proceso, por tanto, la Corte Interamericana de Derechos Humanos en adelante (Corte IDH), se ha pronunciado con respecto a esta garantía jurisdiccional y menciona que: su aplicación no está limitada solamente a los recursos judiciales en un sentido preciso, “sino el conjunto de requisitos que deben observarse en las instancias procesales” (Corte Interamericana de Derechos Humanos, 2023, p. 05). dicho pronunciamiento lo ha emitido la Corte IDH, con la finalidad de que todas las personas que son expuestas a un proceso penal se puedan defender de una forma correcta ante las acusaciones estatales en los cuales se puedan ver comprometidos sus derechos fundamentales.

En este sentido, dichas garantías constitucionales se encuentran reconocidas en el artículo 8 numeral 2 de la Convención Americana de Derechos Humanos en el cual se realiza un extensivo desarrollo jurisprudencial, por tanto, las garantías judiciales son efectivas en el desarrollo del ejercicio del derecho a la defensa para de esta forma garantizar un debido proceso y en igualdad de condiciones.

Con relación al derecho a la defensa, este incluye ciertos aspectos considerados por la Corte Interamericana de Derechos Humanos tales como: las pruebas, mismas que son relevantes para el ejercicio de la defensa, pues, una persona detenida flagrantemente resulta muy difícil recabar los suficientes documentos probatorios para contrarrestar la acusación, lo que de por sí constituye un limitante para hacer uso del derecho a la defensa eficaz, en cuanto al tiempo, por lo que se estaría vulnerando el derecho a la defensa.

El derecho a la defensa está contemplado en la Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Nacional Constituyente, 2008), en el artículo 76 numeral 7 en el cual instaura las garantías básicas para la aplicación del mencionado derecho lo que significa que el inculpado debe tener derecho a una defensa eficaz durante todo el proceso judicial y a su vez debe contar con los medios necesarios para ejercer su defensa.

Respaldando lo mencionado en líneas anteriores, la Corte Interamericana de Derechos Humanos, ha dejado constancia y se ha pronunciado en el sentido de que el derecho a la defensa comprende “un carácter de defensa eficaz, oportuna, realizada por gente capacitada, que permita fortalecer la defensa del interés concreto del imputado y no como

un simple medio para cumplir formalmente con la legitimidad del proceso” (Caso Ruano Torres y Otros vs. El Salvador) (Corte Interamericana de Derechos Humanos, 2015, párrafo. 158). En función de lo manifestado por la Corte IDH, la defensa que se ejerza de una persona debe ser eficiente, técnica y sobre todo confiable, caso contrario se estaría violentando la Convención Americana de Derechos Humanos.

Entre tanto la relación entre el profesional y el inculpado debe ser garantizada en lo posible al ejercer una defensa más aún si esta es pública, es decir que el defensor con el que cuenta el procesado haya sido asignado por el Estado. En este sentido, ninguna defensa puede menoscabar los intereses de su defendido, pues al ejercer una defensa mínima también se estaría incurriendo en posibles nulidades procesales.

En este orden de ideas, la Corte Constitucional del Ecuador ha manifestado que el derecho a la defensa está contemplado dentro del debido proceso, siendo el eje principal y cuyo alrededor giran las demás garantías: “En consecuencia, se puede sintetizar que el derecho a la defensa actúa dentro del proceso, de forma conjunta con las demás garantías, y adicionalmente se trata de la garantía que torna operativas a todas las demás” (Ruiz et al., 2015).

Es así como su inviolabilidad es la garantía más importante que tienen las personas, ya que ésta permite que las otras garantías tengan vigencia eficaz dentro de un proceso, a tal punto que, si el derecho a la defensa no se cumple a cabalidad, se podría incurrir en vulneraciones a los derechos constitucionales.

Por lo expuesto anteriormente, en cuanto a la garantía de la defensa técnica, que se encuentra contemplada en el artículo 76 numeral 7 en sus literales a, b, c, g, y h, la defensa con la que cuente el inculpado debe ser de su confianza, por tanto al hablar de una detención en flagrancia el detenido no tiene tiempo de elegir su defensa técnica, y en la mayoría de los casos se le asigna un defensor público, en este sentido la Corte Constitucional del Ecuador en su sentencia caso de garantía de la defensa técnica y actividad de los juzgadores y juzgadoras (2021), en donde se “exige la calidad de los servicios provistos por un abogado debe asegurar el ejercicio del derecho a la defensa del defendido. Es necesario resaltar que el trabajo que haga la defensa técnica debe agotar sus máximos esfuerzos para la defensa del imputado y no realizar el mínimo esfuerzo que es lo que sucede en la práctica, esto debido a la carga de trabajo que tienen los defensores públicos.

Continuando con el derecho a la defensa de las personas detenidas en flagrancia la Constitución indica que inmediatamente deben ser puestas a órdenes de autoridad competente para un juicio, sin embargo, es necesario recalcar también que la Constitución garantiza que el imputado debe contar con el tiempo necesario para recabar las suficientes pruebas para su defensa.

Además, se dice que un juicio debe llevarse a cabo en igualdad de condiciones, sin embargo, en la práctica esto no sucede pues el imputado se encuentra en desventaja frente al Estado, toda vez que el representante del Fiscalía opera como autoridad que puede disponer que de manera inmediata se realicen ciertas diligencias para la obtención de evidencia lo que no ocurre con el abogado ya que no figura como autoridad, y al estar privado de la libertad quien ayuda al abogado con la obtención de pruebas son los familiares y no el detenido.

Por tanto, la Corte Constitucional dice lo siguiente:

La garantía de contar con el tiempo y medios adecuados para la preparación de la defensa implica que tanto las personas cuyos derechos se discuten, como sus defensas técnicas, tengan la oportunidad y las condiciones apropiadas para ejercer una defensa efectiva, de acuerdo con las particularidades de cada caso. (Caso de Garantía de la defensa técnica y actividad de los juzgadores y juzgadoras, 2021)

Dice la Corte que la debida diligencia que debe tener un defensor público no debe depender solo del procesado en miras a garantizar un juicio en el cual se observe el derecho a la defensa, por tanto, esta defensa técnica también debe ser controlada por el juzgador y cuando se note que no existe una verdadera defensa técnica tiene la obligación de impedir que exista una vulneración del derecho a la defensa del procesado.

En consecuencia, el derecho a la defensa es uno de los derechos más importantes de la persona humana, porque de él se desprenden otras garantías que deben ser observadas al momento de un proceso penal, las mismas que las encontramos contenidas en el artículo 76 numeral 7 y sus literales, basta la sola inobservancia de una sola de ellas y la persona puede recobrar su libertad inmediata e incluso ser reparado integralmente por el daño ocasionado.

#### *Derecho a la libertad*

El principal derecho que se limita en una detención provisional o en flagrancia es el derecho a la libertad, el cual se encuentra garantizado en la Constitución del Ecuador, esta limitación se produce cuando existe una aprehensión que no puede durar más de veinticuatro horas desde que se produjo la misma (Constitución de la República del Ecuador) (Asamblea Nacional Constituyente, 2008), es decir un día desde que la persona es aprehendida.

Es necesario mencionar que el derecho a la libertad es un derecho reconocido internacionalmente y que se encuentra incorporado dentro de los tratados y convenios internacionales así tenemos:

El derecho a la libertad en la Declaración Universal de Derechos Humanos (Organización de las Naciones Unidas, 1948), la misma está contenida en el artículo 3 “Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona”. Es importante resaltar que esta Declaración ha marcado un hito en la historia de los derechos humanos, ha sido construida por representantes de varios países siendo proclamada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en París, en el año 1948.

En este orden de ideas también se puede encontrar en el Convenio de Roma para la protección de los Derechos Humanos y de Libertades Fundamentales (Consejo de Europa, 1950), estando regulado en el artículo 5 el mismo que reza: “Toda persona tiene derecho a la libertad y a la seguridad. Nadie puede ser privado de su libertad salvo en los casos establecidos en la ley”.

Sin embargo, cuando una persona es detenida sin una orden judicial, deberá ser puesta a ordenes de un juez quien a su vez constatará que se han respetado las garantías del debido proceso, pero ¿qué sucede cuando a la persona se le ha vulnerado algún derecho constitucional? La misma norma internacional expresa que si una persona ha sido detenida y se le ha vulnerado sus derechos tiene derecho a una reparación, pero ¿cómo se puede reparar el daño causado?

Para responder estas preguntas es necesario analizar el grado del daño que se ha ocasionado y en que ámbitos de su vida puede ser profesional, laboral, familiar, cuando el daño ya está hecho ya no se puede volver las cosas al estado anterior, pues la única forma de reparación en este caso opera midiendo el daño causado y mediante el pago de un valor económico, que podría aliviar en algo la situación generada producto de una detención arbitraria pero no se restablecería la vida normal de la persona. Por tanto, el daño ocasionado persiste.

Continuando con el análisis de la normativa internacional con respecto al derecho de libertad en el Pacto de Derechos Civiles y Políticos (Secretaría General de las Naciones Unidas, 1966), encontramos en el artículo 9 numeral 1, la definición del derecho a la libertad, pues dice:” Todo individuo tiene derecho a la libertad y a la seguridad personales. Nadie podrá ser sometido a detención o prisión arbitraria. Nadie podrá ser privado de su libertad, salvo por las causas fijadas por ley”

Aterrizando en la normativa nacional el derecho a la libertad lo encontramos en la Constitución (Asamblea Nacional Constituyente, 2008), en el artículo 66 el mismo que engloba una serie de derechos inherentes a la persona humana, es decir estos derechos desarrollados en artículo mencionado tienen que ver con el deber ser de la persona, con la decisión de cada individuo con respecto a su dignidad y forma de ser, por tanto, estos derechos no pueden ser limitados ni conculcados.

A partir de dicho pronunciamiento se ha realizado reformas a la normativa tanto constitucional como penal sobre la prisión, entonces respondiendo la pregunta realizada en párrafos anteriores que sucede cuando se verifica que la detención ha sido ilegal, dice la norma que toda persona que ha sido agraviada debe ser reparada, pero como reparar integralmente por el daño ocasionado al haberle privado de la libertad a una persona. Pues en la práctica no siempre se realiza dicha reparación únicamente se ordena inmediatamente su libertad y el levantamiento de las medidas impuestas.

Cabe resaltar, que al privar de la libertad a una persona también se afectan derechos como el trabajo en el caso de que sea trabajador bajo relación de dependencia, pues podría llegar a perder su puesto de trabajo, limitar la libertad a una persona implica muchas restricciones e impedimentos como la afectación no solo física sino psicológica de la persona afecta su entorno familiar, social, entre otros.

Consentir a las presiones sociales y dar consentimiento a dicha presión es un sentir general sea este real o mediante manipulación, no solo debe ser rechazado inmediatamente, sino que este reconoce la exigencia de una medida que como menciona Alonso (2017), en su libro, “es equivalente a una pena, no con base en necesidades procesales, sino de prevención general que solo la pena podría cumplir, al privar de la libertad”. Por lo que, esta característica de pena anticipada, se violenta el principio de la presunción de inocencia.

En resumen, una persona al estar privada de su libertad ya sea para garantizar su comparecencia durante el proceso penal o ya sea porque fue detenido en flagrancia, la garantía constitucional de contar con el tiempo necesario para ejercer su defensa se ve vulnerada, ya que como se mencionó en líneas anteriores quienes brindan las facilidades al abogado defensor son los familiares viéndose estos a su vez limitados debido a que no pueden conseguir toda la evidencia cuando se trata de trámites personales, lo que pone en peligro la garantía del derecho a la defensa y el principio de contradicción.

#### *Presunción de inocencia*

El principio de inocencia constituye la base del sistema penal acusatorio adversarial, cuyo fundamento lo encontramos en el principio pro-persona, es necesario hacer mención que con la vigencia del Código Orgánico Integral Penal en adelante (COIP) la presunción de inocencia prima durante todo el proceso penal hasta que un juez o tribunal competente declare la culpabilidad del imputado a través de una sentencia.

El Ecuador forma parte de los tratados y convenios internacionales por ende es suscriptor de la Convención Americana de Derechos Humanos en adelante (CADH). Carta que nació luego de las aberraciones cometidas contra las personas durante la Segunda Guerra Mundial, en donde varios países hicieron el pacto de reconocer derechos fundamentales

de las personas y respetarlos ante cualquier situación, especialmente cuando se encuentren en conflicto con la ley.

Como una de las garantías para el cumplimiento de dicho pacto, los países signatarios hicieron la firme promesa de adoptar en la normativa interna derechos que le sean reconocidos a la persona siempre y cuando éstos no sean contrarios a la Constitución y normativa interna.

Para ello, se vio la necesidad de contar con un organismo que tenga la competencia de interpretar la CADH, y se crea la Corte Interamericana de Derechos Humanos en adelante (Corte IDH), en este sentido, la Corte IDH, ha considerado relevante la inclusión de otras garantías mismas que dentro de su interpretación las ha hecho constar en su jurisprudencia, las cuales deben ser observadas para amparar dicho principio, por tanto, en el artículo 8 numeral 2 de la CADH expresa que “Toda persona inculpada de delito tiene derecho a que se presuma su inocencia...” (Convención Americana de Derechos Humanos) (Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos [OEA], 1969).

Sin embargo, para que se pueda garantizar el principio de inocencia debe haber un cambio de paradigma en el sistema penal, en donde exista una igualdad entre las garantías constitucionales con respecto a los derechos humanos de las personas que contrarían la ley y la aplicación de la ley, para que un sistema judicial pueda funcionar adecuadamente y sobre todo se de respuestas a la sociedad.

Por lo antes expuesto Aguilar (2015), manifiesta que un Estado democrático debe tener como objetivo común mantener un equilibrio entre el respeto de los derechos humanos y un sistema penal eficaz, lo que quiere decir que exista el garantismo se necesita del constitucionalismo el cual condiciona o limita el poder del Estado frente a respuestas exigidas por la sociedad al momento de impartir justicia cuando se violenta la ley.

A partir de ello, la Corte IDH, ha elaborado jurisprudencia a través de sus sentencias como es el caso Chaparro Álvarez y Lapo Iñiguez vs. Ecuador (Corte Interamericana de Derechos Humanos, 2007), en la cual expresa que la presunción de inocencia constituye el fundamento de las garantías judiciales (par. 145), por tanto, una detención que vaya más allá de la contemplada en la ley se convierte en una pena anticipada, situación que rompe este principio dando paso a la inobservancia de los derechos fundamentales del inculcado o procesado.

Continuando con la normativa internacional, es importante recalcar también que la Corte Europea ha emitido pronunciamientos sobre la presunción de inocencia y ha manifestado que el imputado goza de un estado jurídico de inocencia o no culpabilidad, mientras se resuelve su responsabilidad penal, por tanto, tiene el derecho a recibir del Estado un trato

acorde con su condición de persona no condenada (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, 2021), criterio que a su vez ha manifestado la Corte IDH, en el Caso Ruano Torres y otros vs. El Salvador. Fondo Reparaciones y Costas. Sentencia del 5 de octubre de 2015. Serie CN°. 303, párr. 126 (Corte Interamericana de Derechos Humanos, 2015).

En este sentido, la presunción de inocencia en un Estado democrático debe ser garantizada por un juez constitucional, toda vez que como lo menciona Ávila (2023), la presunción de inocencia está considerado como “el eje del sistema procesal”, interpretando lo manifestado por el autor dicha garantía está considerada como la columna del sistema procesal penal, es una garantía tan sensible que en reiteradas ocasiones ha sido causa de lesiones y quebrantos de índole procesal, generando nulidades por parte de los titulares de la acción penal.

Aterrizando ya en la normativa interna, la Corte Constitucional del Ecuador ha generado jurisprudencia interpretativa realizando un control de convencionalidad de jurisprudencia internacional toda vez que la norma internacional forma parte del bloque de constitucionalidad en donde se reconoce la jerarquía constitucional dando paso así al acuerdo en lo que respecta a los Estados incorporar en la norma interna derechos fundamentales que no se encuentren constitucional y legalmente reconocidos en el Ecuador.

Por tanto, la Corte Constitucional señala que:

Del derecho a la presunción de inocencia se derivan algunos efectos jurídicos importantes: i) la presunción de inocencia es derecho que limita al poder punitivo, tanto en lo legislativo como en lo procesal ii) se debe presumir la inocencia de cualquier persona y, en consecuencia, se le debe tratar como inocente antes y durante el proceso penal; iii) la presunción de inocencia debe vencerse mediante pruebas lícitas de culpabilidad ay se la debe declarar en sentencia; y, iv) la carga de la prueba la tiene quien ejerce las funciones de fiscal o la persona que acuse. (Corte Constitucional del Ecuador, 2020, par. 16)

En este orden de ideas, la presunción de inocencia pone un límite al poder punitivo del Estado, en todas sus instancias representativas, la inocencia de la persona se constituye un eje transversal durante todo el proceso penal y debe ser considerado así mientras la autoridad competente no lo declare culpable.

Aunque vale recalcar que en la práctica esta garantía se rompe por parte de fiscalía toda vez que esta entidad tiene la responsabilidad de recabar las pruebas suficientes que enerven el estado de inocencia de la persona procesada, lo que genera ya un quebrantamiento de dicha presunción toda vez que fiscalía al tener todas las pruebas

requeridas rompe esa presunción de inocencia y lo considera desde ya como culpable para poder acusar.

Por tanto, su rol ante el juez es de acusador, es necesario recordar que el COIP, menciona que fiscalía es el único que puede formular o no una acusación, esto en función de la información recabada pues no sería lógico que se acuse a una persona teniéndola como inocente con todas las pruebas en su contra.

La presunción de inocencia se destruye únicamente cuando se cuenta con las pruebas que evidencien los hechos suscitados y que no se deje lugar a dudas, sino que estas deben ser convincentes, válidas y útiles.

Y por último esta responsabilidad la tiene fiscalía o quien acuse, por tanto, no es responsabilidad del procesado enervar su estado de inocencia sino recabar pruebas para contradecir a las presentadas por fiscalía o por quien acusa.

Por su parte la Constitución de la República del Ecuador en el artículo 76 expresa que: En todo proceso en el cual se establezcan derechos y obligaciones se debe asegurar el derecho al debido proceso, este derecho a su vez tiene garantías entre otras la contenida en el numeral 2 del mismo artículo el cual reza: “Se presumirá la inocencia de toda persona y será tratada como tal mientras no se declare su culpabilidad mediante resolución firme o sentencia ejecutoriada” (Constitución de la República del Ecuador) (Asamblea Nacional Constituyente, 2008). Como se puede evidenciar esta garantía está contenida tanto en jurisprudencia internacional y en la normativa interna, siendo este la más delicada de las garantías constitucionales.

Por otro lado, se puede analizar a la presunción de inocencia como una regla en el juicio, misma que luego de haber sido considerada por la Constitución otorgándole un rango supremo, garantía en la cual se ha visto como base del sistema para impartir justicia.

En la jurisprudencia del *common law*, los magistrados Stewart, Brennan y Marshall, resaltaron que “Ningún principio se encuentra tan firmemente establecido en nuestro sistema de impartición de justicia como la presunción de inocencia que se le concede al acusado en cada proceso penal” (Bustamante & Palomo, 2018).

En resumen, la garantía de la presunción de inocencia transversaliza el proceso penal, por tanto, en un estado de derecho el juez constitucional debe en todo momento garantizar el debido proceso y las garantías judiciales o constitucionales del procesado para evitar incurrir en nulidades en cualquier etapa del proceso, sin embargo de la investigación realizada se ha evidenciado que esta garantía es la más delicada ya que siempre suele ser contrariada por quienes tienen la potestad de recabar las pruebas necesarias para enervar o ratificar el estado de inocente de la persona.



Así mismo, se puede decir que las garantías judiciales son un límite al poder estatal para evitar incurrir en abusos de poder o arbitrariedades, y que por el contrario se aplique un juicio justo que responda a las necesidades de la sociedad y que también sancione de acuerdo con el delito cometido, para ello las pruebas juegan un papel relevante ya que son los únicos documentos que pueden demostrar la culpabilidad o no del inculpado.

### *Seguridad jurídica*

Otro principio constitucional que se ve vulnerado al momento de una detención provisional sin orden judicial es la seguridad jurídica, el cual está determinado en la Constitución en el artículo 82 y se fundamenta en el respeto a la Constitución, por tanto, al existir ciertas vulneraciones a los derechos de las personas humanas con relación a una detención en delito flagrante, pues no se estaría garantizando una verdadera seguridad jurídica, donde el imputado tenga la plena seguridad de que se van a respetar sus derechos fundamentales, en especial su derecho de contar con el tiempo y los medios necesarios para ejercer su defensa.

El Ecuador como parte signataria de los tratados y convenios internacionales tiene la obligación de adoptar jurisprudencia que amplie y reconozca derechos y se incorpore dentro de la normativa interna. En este sentido, en todo proceso penal debe observarse las garantías judiciales entre las que se encuentran ciertas formalidades que deben ser observadas para garantizar su efectivo goce.

Tal como menciona Carbonell (2021), la seguridad jurídica tiene una directa relación con el Estado de derecho en un sentido formal, entendiéndose por formal el “conjunto de reglas del juego” de índole procedimental que las entidades estatales están obligadas a respetar, esto significa que toda autoridad está sujeta a la Constitución y la ley.

Esta sujeción por parte del Estado a la ley se configura en el principio de mera legalidad, por lo que los actos de los órganos estatales deben estar sometidos a los derechos fundamentales. En este sentido, un estado de derecho se configura cuando está sometido al derecho, sus actos se encuentran regulados y limitados por la ley, entre otras características se muestran como eje central dentro del concepto de un Estado de derecho.

Es así que para garantizar la seguridad jurídica en un estado de derecho debe cumplir con dos características esenciales que son: 1. la división de poderes y 2. el respeto de los derechos constitucionales, en este sentido el artículo 16 de la Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano (Asamblea Constituyente Francesa, 1789), declara lo siguiente: “Toda comunidad en la que no esté estipulada la separación de poderes y la seguridad de derechos necesita una Constitución”, con la finalidad de garantizar la libertad de los ciudadanos propios y extraños, por lo que el Ecuador al ser interviniente en dicha Declaración tiene la obligación de adoptar la jurisprudencia internacional y

adecuarla a la necesidades de la población, estableciendo así las reglas del juego para garantizar la libertad de las personas.

En este sentido la seguridad jurídica tiene la finalidad de generar o dar certeza a los ciudadanos para que su vida, bienes y patrimonio estén protegidos de cualquier arbitrariedad ejercida por el poder estatal, sin una disposición judicial emitida por autoridad competente.

La seguridad jurídica constituye un eje transversal en lo que respecta a los derechos fundamentales de los seres humanos, en este sentido, se puede decir que al aplicar de manera correcta el debido proceso y la observancia de las garantías básicas del derecho a la defensa se está garantizando la seguridad jurídica.

Por tanto, se puede decir que, si un ciudadano extranjero es detenido en delito flagrante y llevado ante los tribunales de justicia presidido por juez competente, quien tiene la obligación de verificar que se hayan respetado sus garantías constitucionales, pues vale hacerse las siguientes preguntas: ¿qué sucede si no se le provee de un traductor? O ¿Qué pasa si no fue comunicada su situación legal al país de origen a través de la embajada?, sin mucho que pensar si no se cumplió con estas garantías constitucionales, ya se vulneró el debido proceso.

De verificarse estas abstenciones, el juez debe declarar la inconstitucionalidad de la detención ya que se está vulnerando derechos constitucionales y dejando en la indefensión a la persona, toda vez que al no ser su idioma oficial el castellano puede ser que no entienda correctamente lo que se le está diciendo, o en su defecto sino se comunica la situación legal de detenido a su país de origen también se incurre en nulidades procesales.

Para garantizar una seguridad jurídica durante todo el proceso desde la fase de investigación previa hasta llegar a la etapa de juicio, se debe tomar en consideración las acciones legales que se realicen de acuerdo con cada caso concreto, por lo que sería ilógico aplicar el mismo método para todos los casos pues ningún caso se similar a otro, y al tratar de generalizarlos es en donde se incurre en inobservancias procesales.

Por poner un ejemplo el día 28 de diciembre del 2023, un ciudadano asiático intentó agredir a un sacerdote en la ciudad de Cuenca, sin embargo, al proceder con la detención y al leerle sus derechos se lo hizo en castellano (El Universo, 2023).

En este caso particular el juez constitucional al realizar el control de legalidad con respecto a su detención evidenció que se vulneraron sus derechos por no haberle leído los mismos en su idioma, pues no se puede presumir que un extranjero porque viva o resida en el Ecuador habla el idioma castellano, por tanto, el desconocimiento de esta garantía por parte de los agentes encargados de este procedimiento causó la declaratoria de ilegal de la detención, por esta razón dicho ciudadano fue puesto en libertad de forma inmediata.

Analizando dicho caso concreto, el ciudadano estuvo privado de su libertad por varias horas, es necesario hacer hincapié sobre la importancia del principio de libertad, en el presente caso vemos que su detención fue ilegal ya que no se garantizó el debido proceso al momento de su detención, se violentó el derecho a la defensa pues al no ser el idioma oficial del ciudadano extranjero no pudo haber entendido con claridad lo que los agentes le estaban informando. A partir de ello se privó ilegalmente la libertad de dicha persona, viniendo a ser una víctima del poder estatal ecuatoriano, pues el tiempo que pasó privado de su libertad no lo podrá recuperar.

A través de los tiempos se ha evidenciado la vulneración de los derechos que no solo el Ecuador sino varios países que son parte integrante del Pacto de San José de Costa Rica, han incurrido, por lo que dichos Estados han tenido que realizar reparaciones integrales a las víctimas de detenciones arbitrarias

### *Propuesta*

En este punto es necesario destacar que existen detenciones a ciudadanos ecuatorianos, así como las detenciones a ciudadanos extranjeros, sin embargo, al momento de leerles sus derechos, hay que considerar que se deben leer unos derechos para nacionales y adicionar otros para extranjeros, en este sentido se puede decir que donde opera la vulneración de derechos constitucionales es en las detenciones a personas extranjeras pues se inobserva todas las garantías que les asisten a estas personas.

Cuando una detención procede contra un ciudadano ecuatoriano se le debe leer sus derechos constitucionales tales como el derecho a guardar silencio, el derecho a contar con un abogado, derecho a una llamada, entre otros derechos que se encuentran reconocidos en la Constitución.

Pero que sucede cuando la detención provisional sin orden judicial opera sobre un ciudadano extranjero, pues tiene los mismos derechos constitucionales a diferencia que al no ser ecuatoriano se debe considerar que posiblemente no hable el castellano o español, por tanto, es necesario proveerle de un traductor, a menos que de manera expresa la persona manifieste que no requiere del mismo, y además se debe comunicar su situación legal a la embajada de su país.

Por lo antes mencionado, la propuesta que se presenta en esta investigación es tener como requisito mínimo que los agentes tengan conocimientos básicos de la Constitución y las leyes, toda vez que es deber primordial del Estado garantizar los derechos constitucionales de las personas en cualquier situación más aún cuando entran en conflicto con la ley.

Capacitar constantemente a los agentes autorizados para proceder con las detenciones sobre los derechos fundamentales y las garantías del debido proceso, así como del derecho

a la defensa para que no incurran en errores que a posterior puedan ser causales de nulidades procesales, para ello debe destinar recursos para proyectos de capacitación constante, tomando en consideración que constantemente se genera jurisprudencia nueva que tiene relación directa con los derechos constitucionales.

En este sentido, la constante capacitación sobre derechos humanos, doctrina y jurisprudencia internacional y nacional es necesaria y de relevante conocimiento para que los agentes encargados de las detenciones sepan que hacer en cada caso concreto y no se proceda con la información de derechos constitucionales de manera general dejando en la indefensión a las personas.

Es necesario mencionar y recalcar una vez más que es deber del Estado garantizar los derechos fundamentales de las personas para no incurrir en vulneraciones de derechos humanos, para ello contar con personal capacitado es relevante para que a su vez los jueces puedan realizar un juicio justo y eficiente, bajo la observancia del debido proceso y sus garantías constitucionales.

### Metodología

Este trabajo de investigación se realizó con un enfoque cualitativo, es decir, se aplicaron la revisión bibliográfica y la fundamentación teórica que permitieron sustentar el problema de investigación respecto a la detención provisional o en flagrancia.

Asimismo, se aplicaron los métodos analítico - sintético, inductivo - deductivo, histórico – lógico y dogmático, así como las técnicas de revisión bibliográfica, que permitieron obtener resultados que confirmarán o negarán la hipótesis planteada. El nivel de profundidad es descriptivo-explicativo; descriptivo en virtud que permitió describir las principales características del tema en estudio; y, explicativo permitiendo adentrarse a las causas fundamentales del problema de investigación.

Se utilizaron métodos como el inductivo-deductivo, mismo que viabilizó el tratamiento a través de características particulares hasta llegar a conclusiones generales. Además, se aplicó el método analítico-sintético que consistió en la desmembración de información relevante sobre el tema para reconstruirla a manera de síntesis. Otro método utilizado fue el dogmático-jurídico que tuvo por objeto el estudio del derecho positivo y consintió sistematizar las normas de manera ordenada y sencilla.

### Resultados

Del presente trabajo de investigación se obtuvo los siguientes resultados

Se puede evidenciar que la detención provisional o en flagrancia, pone en peligro el principio de inocencia, toda vez que si bien es cierto esta detención se realiza en el momento en que se está atentando contra un derecho fundamental protegido, únicamente

se enerva el estado de inocencia mediante una sentencia condenatoria emitida por autoridad competente.

Por tanto, se confirma la hipótesis planteada de que la detención provisional o en flagrancia si no se conocen a cabalidad los derechos constitucionales de las personas, se estaría vulnerando el debido proceso y al mismo tiempo poniendo en riesgo la seguridad jurídica. Es por ello por lo que la capacitación constante a los agentes encargados de esta actividad es muy importante para no incurrir en violación de derechos y caer en nulidades procesales por un procedimiento erróneo.

Para realizar una detención provisional o en flagrancia es muy necesario conocer los derechos de las personas tanto nacionales como extranjeras para no vulnerar sus derechos, y que se caiga en una detención arbitraria e ilegal por haber inobservado principios constitucionales.

Si bien es cierto que la Constitución de la República reconoce a la detención provisional o en flagrancia como una medida cautelar, organismos internacionales como la Corte IDH, han desarrollado jurisprudencia con respecto a la detención provisional o en flagrancia, la misma que ha sido incorporada en la normativa interna como parte de una actualización normativa y el reconocimiento de los derechos constitucionales.

### Discusión

Con respecto a la Constitución esta es la norma suprema, y es un instrumento que sirve para controlar al gobierno y no para que el gobierno controle al pueblo (Carreño, 2024), es decir que la Constitución al ser Norma Suprema muestra el camino para que el Estado pueda ejercer su poder sin llegar a excesos y que no se violenten derechos fundamentales de los seres humanos, por tanto, se debe tener presente este presupuesto normativo más aún en la peor de las crisis en cuanto a hechos violentos que se puedan suscitar por diferentes circunstancias, en el país.

Es en estas condiciones que el Estado si bien es cierto se activa normativa y legalmente a través de la función judicial, para impartir justicia frente a un hecho que ha puesto en peligro un bien jurídico protegido, no debe desconocer que esta frente a una persona que violentó la ley y que como consecuencia de sus actos debe recibir un castigo, pues la sanción que se le impone es sobre sus actos pues ésta debe ser proporcional al daño ocasionado.

En este aspecto, al hablar de una prehensión en delito flagrante se prioriza la privación de libertad, cabe mencionar que la Corte Constitucional en la sentencia sobre la limitación a la sustitución de la prisión preventiva en el párrafo 38 ya se ha pronunciado al respecto, y ha manifestado que ésta debe ser de ultima ratio (Sentencia, 2021), entendiendo lo expresado por la Corte Constitucional, en un delito flagrante se prioriza la prisión, por lo

que la Corte ha mencionado que la prisión debe ser una medida de última ratio, pues se debe justificar y fundamentar las razones por las que se pide una prisión preventiva.

Mientras que estando frente a un delito flagrante o a una detención preventiva esta opera como primera medida dejando en segundo plano las otras medidas que se encuentran detalladas en el artículo 552 del COIP (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014), en lo que respecta a las Modalidades, pues se tiene como medidas cautelares las siguientes:

1. Prohibición de ausentarse del país
2. Obligación de presentarse periódicamente ante la o el juzgador que conoce el proceso o ante la autoridad o institución que se designe
3. Arresto domiciliario
4. Dispositivo de vigilancia electrónica
5. Detención
6. Prisión preventiva.

Como es evidente tanto los organismos internacionales como nacionales priorizan la libertad de las personas, y la reconocen como un derecho fundamental sobre el cual se sientan las bases del derecho, por tanto, en la Declaración Universal de Derechos Humanos (Organización de las Naciones Unidas, 1948), la misma está contenida en el artículo 3 “Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona”.

Es importante resaltar que esta Declaración ha marcado un hito en la historia de los derechos humanos, ha sido construida por representantes de varios países siendo proclamada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en París, en el año 1948.

Es necesario mencionar que el derecho a la libertad ha sido reconocido a nivel internacional, y está reconocido en algunos convenios y tratados tales como: la Convención Americana de Derechos Humanos (Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos [OEA], 1969), Declaración Universal de Derechos Humanos (Organización de las Naciones Unidas, 1948), Convenio de Roma para la protección de los Derechos Humanos y de Libertades Fundamentales (Consejo de Europa, 1950), Pacto de Derechos Civiles y Políticos (Secretaría General de las Naciones Unidas, 1966), entre otros, sin embargo al ser el Ecuador un país signatario de convenios y tratados tiene la obligación de adoptar jurisprudencia que reconozca derechos.

Por esta razón ha incluido en su normativa interna el derecho a la libertad y todas las normas que de ella se desprenden tales como: la Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Nacional Constituyente, 2008), el Código Orgánico Integral Penal (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014), y toda la normativa interna se basa y fundamenta en la libertad.

Por lo antes expuesto, se puede mencionar que la detención en delito flagrante o prisión preventiva rompe la presunción de inocencia, y se privilegia la prisión, esta situación rompe completamente la presunción de inocencia que debe primar durante todo el proceso penal, y al romper esta presunción también se pone en la cuerda floja a la seguridad jurídica, que debe ser garantizada por los justiciables competentes para impartir justicia en el caso concreto. En este sentido, menciona Carbonell (2021), la seguridad jurídica tiene una directa relación con el Estado de derecho en un sentido formal, entendiéndose por formal el “conjunto de reglas del juego” de índole procedimental que las entidades estatales están obligadas a respetar, esto significa que toda autoridad está sujeta a la Constitución y la ley.

### Conclusiones

- Se concluye que la detención en delito flagrante no es sinónimo de que la persona sea culpable, siempre deberá presumirse su estado de inocencia hasta que el Ministerio Fiscal no se demuestre la culpabilidad de la persona procesada.
- Asimismo, se concluye que la prisión preventiva o en flagrancia pone en riesgo el debido proceso, y por ende la seguridad jurídica, tomando en consideración que si bien la ley manifiesta que las personas deben comparecer en un juicio en igualdad de condiciones en la práctica no es así.
- Además, se concluye que con la prisión preventiva o en flagrancia se tiene un juicio de valor que es la culpabilidad de la persona pues ya no existe una objetividad para llevar a cabo un proceso toda vez que desde la práctica se investiga desde la culpabilidad, sin dejar de lado obviamente los elementos de descargo del investigado con lo cual se da cumplimiento a lo manifestado en la normativa.
- Por otro lado, se concluye que cuando un detenido en delito flagrante es puesto ante la autoridad competente, se crea una línea demasiado fina entre la presunción de inocencia y la destrucción de dicho principio constitucional, toda vez que en este punto se abre la fase de investigación, por tanto, para que una persona quede detenida Fiscalía debe argumentar y sustentar los motivos que le llevan a pedir la detención provisional.
- Se concluye también que dichas medidas se solicitan en su gran mayoría cuando son delitos mayores o graves, especialmente en casos de corrupción del sector público, es en donde más se ha evidenciado que Fiscalía solicita la detención provisional de un funcionario público para que este no huya y estanque la investigación.

### Conflicto de intereses

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

### *Referencias Bibliográficas*

Aguilar López, M. A. (2015). *Presunción de inocencia. Derecho Humano en el sistema penal acusatorio*. México: Instituto de la Judicatura Federal.

<https://www.corteidh.or.cr/tablas/r37682.pdf>

Alonso Fernández, J. A. (2017). *Pasado y presente de los fines de la prisión provisional en España*. Barcelona: Universidad Internacional de Catalunya.

[https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/565609/Tesi\\_Jos%C3%A9\\_Antonio\\_Alonso\\_Fern%C3%A1ndez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/565609/Tesi_Jos%C3%A9_Antonio_Alonso_Fern%C3%A1ndez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Asamblea Constituyente Francesa. (1789, octubre 05). Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano.

<http://www.ub.edu/ciudadania/hipertexto/evolucion/textos/humano1789.htm>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). *Código Orgánico Integral Penal (COIP)*.

Quito: Registro Oficial 180.

<https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/suplementos/item/2215-suplemento-al-registro-oficial-no-180>

Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.

Montecristi, Manabí: Registro Oficial 449.

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

Ávila Piña, C. S. (2023). La garantía constitucional de presunción de inocencia: su incidencia e importancia en el desarrollo del procedimiento penal oral acusatorio. 20.

<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5271>

Bustamante Rúa, M., & Palomo Vélez, D. (2018). La presunción de inocencia como regla de juicio y el estándar de prueba de la duda razonable en el proceso penal.

Una lectura desde Colombia y Chile. *Ius et Praxis*, 651-692.

Carbonell, M. (2021, febrero 16). Que es la seguridad jurídica?

<https://miguelcarbonell.me/2021/02/16/que-es-la-seguridad-juridica/>



Carreño, Carolina. (2024, enero 04). *¿De qué hablamos cuando hablamos de Constitución? (versión remasterizada).*

<https://www.diarioconstitucional.cl/articulos/de-que-hablamos-cuando-hablamos-de-constitucion-version-remasterizada/>

Comisión Interamericana de Derechos Humanos. (2021, octubre 05). Informe No. 268/21 Caso 12.681 Informe de Fondo (publicación) Marcos Alejandro Martín Argentina [www.oas.org/es/cidh/decisiones/2021/ARPU12.681ES.pdf](http://www.oas.org/es/cidh/decisiones/2021/ARPU12.681ES.pdf).

Consejo de Europa. (1950, noviembre 04). Convenio de Roma para la protección de los Derechos Humanos y de Libertades Fundamentales.

<https://www.derechoshumanos.net/Convenio-Europeo-de-Derechos-Humanos-CEDH/>

Corte Constitucional del Ecuador. (2020, agosto 12). Sentencia Corte Constitucional, 14-19-CN/20

<https://www.funcionjudicial.gob.ec/www/pdf/sentencia%20CC%2014-19-CN.pdf>

Corte Constitucional del Ecuador. (2021, agosto 18). Sentencia, No. 8-20-CN/21

<https://www.corteconstitucional.gob.ec/sentencia-8-20-cn-21/>

Corte Constitucional del Ecuador. (2021, noviembre 17). Caso de Garantía de la defensa técnica y actividad de los juzgadores y juzgadoras, Sentencia N° 2195-19-EP/21

[http://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10\\_DWL\\_FL/e2NhcNBLdGE6J3RyYW1pdGUnLCBldWlkOidIMDgzYWY3MS0xNzhmLTQ2ODEtODJjOS04OTBmMmZlMmNkZWYucGRmJ30=](http://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/e2NhcNBLdGE6J3RyYW1pdGUnLCBldWlkOidIMDgzYWY3MS0xNzhmLTQ2ODEtODJjOS04OTBmMmZlMmNkZWYucGRmJ30=)

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2007, noviembre 21). Caso Chaparro Álvarez y Lapo Iñiguez vs. Ecuador.

[https://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec\\_170\\_esp.pdf](https://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_170_esp.pdf)

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2015, octubre 05). Caso Ruano Torres y Otros vs. El Salvador.

[https://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec\\_303\\_esp.pdf](https://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_303_esp.pdf)

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2023). *Cuadernillo de Jurisprudencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos: Debido Proceso.* Costa Rica: Corte Interamericana de Derechos Humanos.

<https://www.corteidh.or.cr/sitios/libros/todos/docs/cuadernillo12.pdf>

El Universo. (2023, diciembre 28). Arquidiócesis de Cuenca denuncia agresión física a sacerdotes. <https://www.eluniverso.com/noticias/seguridad/arquidiocesis-de-cuenca-denuncia-agresion-fisica-a-sacerdotes-nota/>

Justiniano. (530 D.C). *Digesto del emperador Justiniano*. s/c: Kindle.

<https://www.amazon.com/Libro-Digesto-Justiniano-traducci%C3%B3n-latino-espa%C3%B1ol-ebook/dp/B01HIYDQGA>

Kriele, M. (1981). Libertad y dignidad de la persona humana. En M. Kriele, *Libertad y dignidad de la persona humana* (pág. 8). España: s.e.

[https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/12035/1/Libertad%20y%20dignidad%20de%20la%20persona%20humana%20%20Vol%209\\_1982-4.pdf](https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/12035/1/Libertad%20y%20dignidad%20de%20la%20persona%20humana%20%20Vol%209_1982-4.pdf)

Organización de las Naciones Unidas. (1948, diciembre 10). *Declaración Universal de Derechos Humanos*. <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>

Ruiz Guzmán, A., Aguirre Castro, P. J., & Ávila Benavidez, D. F. (2015). *Desarrollo jurisprudencial de la primera Corte Constitucional*. Quito - Ecuador: Secretaría Técnica Jurisdiccional.

[http://bivicce.corteconstitucional.gob.ec/bases/biblo/texto/Desarrollo\\_Jurisprudencial\\_2012-2015/Desarrollo\\_Jurisprudencial.pdf](http://bivicce.corteconstitucional.gob.ec/bases/biblo/texto/Desarrollo_Jurisprudencial_2012-2015/Desarrollo_Jurisprudencial.pdf)

Secretaria General de la Organización de los Estado Americanos [OEA]. (1969, noviembre 22). Convención Americana de Derechos Humanos.

[https://www.oas.org/dil/esp/1969\\_Convenci%C3%B3n\\_Americana\\_sobre\\_Derechos\\_Humanos.pdf](https://www.oas.org/dil/esp/1969_Convenci%C3%B3n_Americana_sobre_Derechos_Humanos.pdf)

Secretaria General de las Naciones Unidas. (1966, diciembre 16). Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos.

[https://www.ohchr.org/sites/default/files/ccpr\\_SP.pdf](https://www.ohchr.org/sites/default/files/ccpr_SP.pdf)

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



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 Alfa Publicaciones**.







Indexaciones



# Soluciones energéticas sostenibles: un estudio sobre estrategias para el uso de gas asociado a la extracción de petróleo en la industria ecuatoriana

*Sustainable energy solutions: a study on strategies for the use of gas associated with oil extraction in Ecuadorian industry*

- <sup>1</sup> Sandra Elizabeth Travez Osorio  <https://orcid.org/0000-0002-4546-4541>  
Investigadora independiente  
[sandt197@gmail.com](mailto:sandt197@gmail.com)
- <sup>2</sup> Carlos Jeanpier Yagos Arias  <https://orcid.org/0009-0000-4978-2574>  
Universidad de las Fuerzas Armadas. Carrera de Petroquímica, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. Ecuador.  
[cjyagos@espe.edu.ec](mailto:cjyagos@espe.edu.ec)
- <sup>3</sup> Jefferson Steeven Endara Lagaquiza  <https://orcid.org/0009-0004-7724-5003>  
Investigador independiente. Maestrante en Ingeniería en Petróleo y Gas Natural de la Universidad de Buenos Aires  
[jsendar01@gmail.com](mailto:jsendara01@gmail.com)
- <sup>4</sup> Juan Carlos Tapia Molina  <https://orcid.org/0009-0008-3777-7901>  
Magister en Petróleos Mención en Procesos de Producción e Industrialización de Hidrocarburos  
[juantapiam90@gmail.com](mailto:juantapiam90@gmail.com)



## Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 11/01/2024

Revisado: 13/02/2024

Aceptado: 04/03/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.467>

## Cítese:

Trávez Osorio, S. E., Yagos Arias, C. J., Endara Lagaquiza, J. S., & Tapia Molina, J. C. (2024). Soluciones energéticas sostenibles: un estudio sobre estrategias para el uso de gas asociado a la extracción de petróleo en la industria ecuatoriana. AlfaPublicaciones, 6(2), 52–72. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.467>



**ALFA PUBLICACIONES**, 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://alfapublicaciones.com>

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 Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras claves:**

Gas asociado,  
Generación  
eléctrica, primus  
SGT+,  
reinyección de  
gas, factor de  
recuperación.

**Resumen**

**Introducción:** Por años en la industria ecuatoriana del petróleo & gas, la producción de hidrocarburos genera gas asociado, que en la actualidad mayormente es quemado, aunque existen normativas medioambientales que exigen un control de emisiones para el cumplimiento de buena calidad del aire. La iniciativa mundial “Cero quemas regulares de gas para 2030” de la que Ecuador es parte, impulsa el cambio hacia la utilización del gas frente a la quema en teas. Este artículo propone estrategias como la generación de energía eléctrica, la conversión de gas en líquido y la reinyección de gas para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de los recursos, en consonancia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 13. **Objetivo:** Proponer tres estrategias para el aprovechamiento del gas asociado, utilizando datos de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables de Ecuador y EP Petroecuador se asume un gas dulce, con las estrategias propuestas que son; generación de electricidad; proceso de síntesis de gas a gasolina STG+ y reinyección de gas en recuperación secundaria. **Metodología:** El presente es un estudio cualitativo y comparativo de tres opciones estratégicas para el uso de gas asociado en la industria ecuatoriana del petróleo & gas. Se detalla y explica desde la teoría los fundamentos y funcionamiento de cada estrategia. Se ha asumido la presencia de gas asociado dulce, los todos usados para este estudio fueron obtenidos de reportes oficiales de la agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables de Ecuador, así como otras fuentes confiables de información. **Resultados:** El dar uso al gas asociado mediante generación eléctrica con turbinas de gas podría ahorrar \$1801,8/día o \$1831,8/mes en costo de consumo eléctrico. La síntesis de gas a gasolina STG+ podría costar \$167-440 millones con un TRC estimado de 3 a 6 años. En cuanto a la reinyección de gas en recuperación secundaria, aumentaría la recuperación de crudo hasta 20% y reduce el impacto ambiental. **Conclusiones:** Se concluye que las estrategias planteadas son sostenibles, variables económicamente apuntan a mejorar la eficiencia energética y medioambiental. La generación de electricidad con gas asociado reduce el costo energético y disminuye las emisiones de gases de combustión de las teas. La síntesis de gas a gasolina STG+ es rentable y sostenible y coadyuva a reducir de

la huella de carbono. Finalmente, reinyección de gas en recuperación secundaria ayuda a la extracción de crudo y se adapta a las características del reservorio, además, mitiga riesgos ambientales. **Área de estudio general:** Oil & gas. **Área de estudio específica:** Gas asociado. **Tipo de estudio:** caso de estudio, revisión bibliográfica.

**Keywords:**

Associated gas, power generation, primus SGT+, gas reinjection, recovery factor, technology, environment.

**Abstract**

**Introduction:** For years in the Ecuadorian oil & gas industry, hydrocarbon production generates associated gas, which is currently mostly flared, although there are environmental regulations that require emission control for compliance with good air quality. The global initiative "Zero Regular Gas Flaring by 2030", of which Ecuador is part, promotes the shift towards the use of gas instead of flaring. This article proposes strategies such as electric power generation, gas-to-liquid conversion and gas re-injection to improve sustainability and resource efficiency, in line with Sustainable Development Goal 13. **Objetivo:** Proponer tres estrategias para el aprovechamiento del gas asociado, utilizando datos de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables de Ecuador y EP Petroecuador se asume un gas dulce, con las estrategias propuestas que son; generación de electricidad; proceso de síntesis de gas a gasolina STG+ y reinyección de gas en recuperación secundaria. **Methodology:** The present is a qualitative and comparative study of three strategic options for the use of associated gas in the Ecuadorian oil & gas industry. The fundamentals and operation of each strategy are detailed and explained from a theoretical point of view. The presence of sweet associated gas has been assumed, the all used for this study were obtained from official reports of the agency of regulation and control of energy and non-renewable natural resources of Ecuador, as well as other reliable sources of information. **Results:** Making use of the associated gas through gas turbine power generation could save \$1801.8/day or \$1831.8/month in electricity consumption cost. Gas-to-gasoline STG+ synthesis could cost \$167-440 million with an estimated TRC of 3 to 6 years. As for gas reinjection in secondary recovery, it would increase crude oil recovery up to 20% and reduce environmental impact. **Conclusions:** It is concluded that the strategies proposed

---

are sustainable, economically variable aim to improve energy and environmental efficiency. The generation of electricity with associated gas reduces the energy cost and decreases the emissions of combustion gases from the plants. Gas-to-gasoline synthesis STG+ is cost-effective and sustainable and helps reduce the carbon footprint. Finally, gas reinjection in secondary recovery helps crude extraction and adapts to the characteristics of the reservoir, in addition, it mitigates environmental risks.

---

## Introducción

En la industria del petróleo y gas ecuatoriana, la producción de hidrocarburos genera toneladas de gas asociado, el cual mayormente es quemado es combustionado, aunque en la materia de las regiones donde esto sucede las regulaciones ambientales obligan a controlar las emisiones de gas, con la finalidad de tener una buena calidad del aire en cumplimiento de las leyes ambientales y el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconociendo el derecho de los ciudadanos a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, asegurando el Sumak Kawsay como medio para lograr la sostenibilidad y el bienestar en las poblaciones vecinas. Según la norma ISO 23251 referente a las industrias del petróleo y gas asociado, gas natural: sistemas de alivio y despresurización, vinculada a las mejores prácticas para instalaciones petroleras, las unidades de proceso en plantas y refinerías deben contar con accesorios e instalaciones adecuadas para el alivio de presión, por lo que la eliminación de antorchas de quema de gas asociado a la producción petrolera es cada vez más una realidad, ya que Ecuador es parte de la iniciativa mundial denominada “Cero quema regular de gas para 2030”. Y es por ello por lo que, la industria ecuatoriana de tener premura en el esfuerzo continuo de mejorar las tecnologías vigentes en el uso del gas asociado.

El objetivo de este artículo científico es proponer tres estrategias para el aprovechamiento del gas asociado, utilizando datos de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables de Ecuador y EP Petroecuador se asume un gas dulce. Las estrategias propuestas son las siguientes

- Generación de electricidad; en esta estrategia se propone el uso de turbinas de gas para generar electricidad a partir del gas asociado.
- Proceso de síntesis de gas a gasolina más STG; implica un proceso de síntesis para convertir el gas asociado en gasolina de alta calidad, utilizando la tecnología syn gas to gasoline plus (STG+).

- Esta estrategia consiste en reinyectar gas asociado en los yacimientos para mejorar la recuperación secundaria de hidrocarburos.

Con las que buscan maximizar la utilización del gas asociado, contribuyendo a la eficiencia energética y a la optimización de los recursos en el contexto de la industria petrolera en Ecuador.

Se propone estas estrategias alineadas con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 con el que se pretenden optimizar la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir a la sostenibilidad medioambiental a mediano y largo plazo, idealizando el mitigar daños a las comunidades, los ecosistemas circundantes y la infraestructura de procesamiento de petróleo en Ecuador.

### **Metodología**

En este estudio, la metodología adoptada sigue un enfoque de investigación cualitativa, centrándose específicamente en un análisis comparativo de tres opciones estratégicas propuestas para la utilización del gas asociado en la industria ecuatoriana del petróleo y el gas. El diseño de la investigación abarca una revisión bibliográfica exhaustiva de los estudios, informes y datos industriales existentes relativos a la extracción de petróleo y gas en Ecuador.

Dada la naturaleza del estudio, principalmente exploratorio y analítico, se considera apropiado un diseño de investigación cualitativo para profundizar en las complejidades y matices de las opciones estratégicas propuestas. Mediante una síntesis de la bibliografía y los datos pertinentes, este estudio pretende aportar valiosas ideas y recomendaciones a los responsables políticos, las partes interesadas del sector y los investigadores interesados en optimizar la utilización de los recursos de gas asociado en el contexto ecuatoriano.

#### *Estrategia 1: Generación eléctrica*

El gas asociado, una vez acondicionado, puede utilizarse en la generación de electricidad en función de su caracterización y poder calorífico, debido al enfoque de esta investigación se propone la generación de electricidad para un gas dulce, con alto contenido de metano. Teniendo en cuenta que, la turbina se ha diseñado para extraer energía de un fluido en movimiento y convertirla en energía útil, dentro de este dispositivo, las partículas del flujo a alta velocidad sufren un cambio en su dirección de movimiento, lo que da lugar a una variación del momento y, en consecuencia, a una fuerza (Ulloa-de Souza, 2023).

Las turbinas de gas en función de su diseño tienen un motor de combustión interna que sirve como dispositivo de conversión de energía, transformando la energía almacenada



en el combustible en energía mecánica útil en forma de potencia rotacional. El término "gas" se refiere al aire ambiente introducido en el motor y utilizado como medio de trabajo en el proceso de conversión de energía (Solar Turbines a Caterpillar Company, 2024). Por lo tanto, una turbina es un dispositivo que aprovecha la energía cinética de un fluido, como el agua, el vapor, el aire o los gases de combustión, y la convierte en movimiento de rotación del propio dispositivo (Sidebotham, 2022).

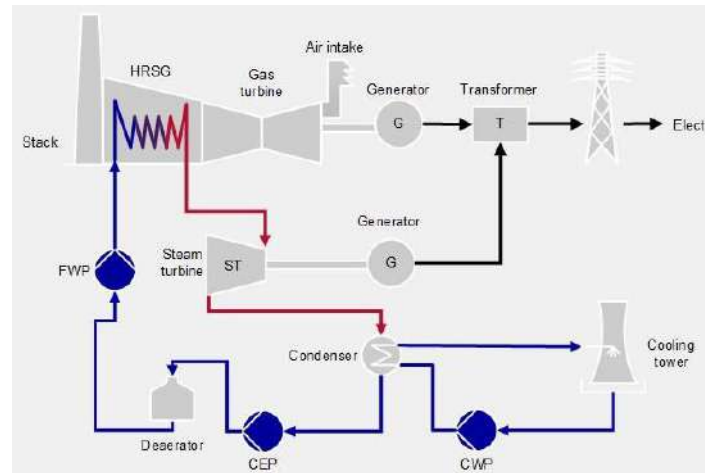
#### *La generación de electricidad a partir del gas*

Se produce mediante centrales de ciclo convencional o de ciclo combinado. También puede lograrse mediante micro generación, una producción combinada de energía eléctrica y térmica a partir de una única fuente de energía primaria de baja potencia. El uso del gas como combustible en la generación de electricidad en centrales de ciclo combinado ofrece dos ventajas significativas: mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental. El ciclo combinado (turbina de gas y turbina de vapor) permite un aprovechamiento óptimo del calor de combustión, lo que se traduce en una eficiencia superior al 55%, mientras que las centrales térmicas tradicionales tienen eficiencias que no superan el 35%.

Además, las centrales de ciclo combinado son más flexibles que las convencionales, capaces de funcionar a plena carga o a carga parcial según las necesidades. El gas se quema en un quemador de turbina de gas que acciona un generador para producir electricidad. Los gases de escape calientes de la turbina de gas se dirigen a un generador de vapor con recuperación de calor (HRSG) para generar vapor subcrítico o supercrítico. Este vapor se envía a una unidad turbina/generador para producir electricidad adicional y, posteriormente, pasa por un condensador para convertirse de nuevo en agua desmineralizada. En este proceso se utilizan varias bombas, como bombas de agua de alimentación de caldera (FWD), bombas de extracción de condensado (CED), bombas de agua de refrigeración (CWP), bombas de inyección de combustible, bombas de alivio de NOx, bombas de reposición y otras bombas de servicios auxiliares, como se muestra en la figura siguiente. La cogeneración con turbina de gas es un proceso en el que la generación de energía con turbina de gas se combina con la generación de vapor para mejorar la eficiencia (Sulzer, 2024).

**Figura 1**

*Central eléctrica de combustión de gas*



Fuente: FWP es la bomba de agua de alimentación (Feed water pump). CEP, es bomba de extracción de condensado (Condensate extraction pump) y CWP es bomba de agua de refrigeración (Cooling water pump) (Sulzer, 2024).

Según Cogenera México (2024), las turbinas de gas son capaces de generar energía mecánica mediante la combustión de una mezcla de combustible y aire, con temperaturas que oscilan entre 280 y 700°C a la salida de la turbina. Estas turbinas funcionan según el ciclo Brayton, que consta de un compresor, una cámara de combustión y una turbina de gas. Tienen una amplia gama de aplicaciones, como la propulsión y la generación de electricidad, con potencias de hasta 500 MW. Las turbinas de gas ofrecen ventajas como un alto rendimiento, tiempo de arranque rápido y requisitos de espacio mínimos, pero también tienen limitaciones como un rendimiento reducido a cargas parciales y limitaciones de combustible (Lozano, 1998; Aguilar, 2023).

La cogeneración con turbinas de gas destaca por su eficiencia, sus bajos costes de inversión. Esta tecnología es alabada por su versatilidad y sus beneficios medioambientales, ya que reduce las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) hasta en un 75% y ofrece un importante ahorro de costes a las industrias. Las turbinas de gas pueden quemar distintos combustibles, como gas natural o asociado, gasóleo, biogás, gas de vertedero y gas de síntesis, lo que las hace adaptables a diversas condiciones ambientales de la industria oil y gas en Ecuador y fuentes de combustible (Aguilar, 2023).

La selección de la turbina óptima para la generación de electricidad utilizando gas asociado procedente de la explotación petrolífera en Ecuador depende de varios factores, como la cantidad y calidad del gas disponible, la capacidad de generación de la planta, los objetivos de eficiencia energética y de costes, así como las condiciones

medioambientales y operativas específicas del emplazamiento. Las turbinas más recomendadas para la generación eléctrica son; General Electric (GE), Siemens y Mitsubishi. No obstante, Para el sector del petróleo y el gas de Ecuador, GE es famosa por sus eficientes turbinas de gas y su fiable tecnología de generación de energía (General Electric, 2024).

Por otro lado, para el desarrollo de cálculos de generación eléctrica se utilizará Python, el cual combina el conocimiento de los principios de generación eléctrica con las capacidades de programación de Python y librerías especializadas para realizar análisis detallados, simulaciones y optimizaciones en sistemas de generación eléctrica.

#### *Estrategia 2: Proceso de síntesis de gas a gasolina SGT+*

El proceso que emplea la tecnología MTG permite convertir el gas de síntesis derivado del gas natural o asociado en gasolina y combustible para aviones a través de un proceso termoquímico de circuito único (LaMonica, 2012).

El proceso STG + se basa en 4 paso principales en un ciclo de proceso continuo. Este proceso consta de 4 reactores de lecho fijo en serie en los que un gas de síntesis se convierte en combustibles sintéticos. Los pasos para producir gasolina sintética de alto octanaje son los siguientes (Primus Green Energy, 2013).

Inicialmente se hará un pretratamiento del gas de alimentación para eliminar las impurezas como azufre o compuestos de halógenos, estos deben eliminarse mediante procesos de desulfuración y eliminación de halógenos para evitar la contaminación del catalizador en etapas posteriores. Seguidamente se sintetizará metanol como primera fase en donde se convertirá la mayor parte del gas en metanol, pasará luego a la segunda fase en donde se obtendrá éter dimetílico (DME) a través de un catalizador, como tercera fase se sintetizará la gasolina que contine hidrocarburos sin enlaces doble y triples para finalmente tartar esta gasolina con el proceso de transalquilación e hidrogenación en donde se separa esta mezcla para condensar y obtener gasolinas sintéticas compuesto de parafinas, cadenas aromáticas y naftenos. Los diferentes productos obtenidos, incluida la gasolina, se mezclan en las proporciones adecuadas para obtener los productos finales deseados, como gasolina plus de alta calidad.

La conversión de gas asociado en líquidos (GTL) es una estrategia atractiva para las empresas petroleras en Ecuador, especialmente en el contexto del gas dulce. El gas dulce, que contiene bajos niveles de azufre y otros contaminantes, es una materia prima valiosa que puede aprovecharse de manera más eficiente a través de procesos GTL.

Al transformar el gas en líquidos como gasolina, gasóleo o queroseno, las empresas petroleras pueden generar productos de mayor valor añadido que son más fáciles de transportar, almacenar y comercializar tanto a nivel local como internacional. Esto no

solo aumenta la rentabilidad de las operaciones petroleras en Ecuador, sino que también contribuye a la reducción de la huella de carbono en comparación con la combustión directa de gas.

La adopción de procesos GTL también promueve la sostenibilidad medioambiental al utilizar de manera más eficiente los recursos naturales. En lugar de desperdiciar el gas asociado mediante la quema directa, el GTL permite aprovechar al máximo este recurso al convertirlo en productos líquidos de alto valor. Esto no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también minimiza la contaminación atmosférica y el desperdicio de recursos naturales.

Además, al alinear las operaciones petroleras con las normas medioambientales vigentes, las empresas en Ecuador pueden mejorar su reputación y cumplir con las expectativas cada vez mayores de los consumidores y los inversores en cuanto a prácticas empresariales sostenibles.

### *Estrategia 3: reinyección de gas - recuperación secundaria*

El gas asociado se utiliza comúnmente para mejorar la recuperación de petróleo o la eliminación de gases altamente contaminados donde los costos de reinyección son menores a los del tratamiento de gas. Este método se usa para mejorar la recuperación de petróleo atrapado manteniendo la presión del reservorio. Es idóneo utilizar la reinyección en cantidades reducidas de gas asociado, motivo que resulta antieconómico en la inversión para la distribución de gas (Khalid et al., 2022).

Algunos países especialmente Canadá y Estados Unidos, han permanecido en la vanguardia de las inundaciones de gas de petróleo la cual tiene mayor proporción en la producción de EOR. China empezó tarde pero rápidamente logró exitosas pruebas piloto en yacimientos petrolíferos y entro etapa de prueba expandida. Sin embargo, se encuentra todavía en su conjunto en la fase de prueba piloto, que actualmente se está abordando y centrando notablemente en su atención (Liu et al., 2020).

### *Método de inyección de gas*

Después de las técnicas térmicas para petróleo pesado esta la inyección de gas el cual es el segundo enfoque más importante de EOR. Por lo general, el gas se inyecta con agua para ampliar el contacto del gas en la roca reservorio. Esta técnica fue creada para mejorar el control del perfil de inundaciones. En comparación con una simple inyección de agua, el aumento de la eficiencia del barrido microscópico en gas y la mejora de la eficiencia del desplazamiento macroscópico en agua mejoran en gran medida el petróleo producido (Li et al., 2023).

Recientes tipos de investigación lo representan como el enfoque más exitoso para los yacimientos shale. En general, el gas se puede inyectar en el yacimiento de tres maneras: Inyección alternada de agua y gas (WAG), inundación continua y método de Huff y Puff (HnP), cada una de las cuales tiene su propia variedad de ventajas y desventajas (Li et al., 2023).

#### *Inundación continua de gas*

En este proceso, se inyecta gas continuamente, mientras que se produce petróleo continuamente. Para generar miscibilidad entre gas y petróleo se utilizan el proceso multicontacto, mecanismos de condensación o vaporización, o su combinación. La inyección de gas para impulsar el petróleo a la superficie desde el pozo de producción se conoce como inundación continua de gas (Li y otros, 2023).

#### *Inyección alternada de agua y gas*

Hoy en día, el método WAG se aplica en casi todos los procesos de inyección de gas. Los bajos factores de recuperación en aplicaciones de campo WAG han impulsado una extensa investigación sobre el proceso, lo que ha llevado a valores optimizados para la relación WAG y limitaciones de baja inyectividad. A pesar de estos avances, el desempeño del campo WAG sigue siendo deficiente (Li et al., 2023).

Para WAG se debe calcular el volumen total de gas a inyectar, así como la relación agua-gas y la frecuencia (número de ciclos de gas-agua). También se ha realizado inyección simultánea de gas agua (SWAG), aunque debido a la inyección en varias fases requiere un seguimiento exhaustivo. Debido a que cada yacimiento y petróleo tiene propiedades únicas, se debe analizar y simular el esquema de inyección exacto para las propiedades de cada yacimiento (Li et al., 2023).

#### *Método de Huff y Puff*

El gas se inyecta de forma cíclica, es una técnica EOR cíclica del mismo pozo con dos períodos principales: inyección (huff) y producción (puff), así como un período de cierre opcional (soak), después de la inyección para extender los efectos de difusión. El gas se disolvería y expandiría el volumen de petróleo, logrando la miscibilidad en presiones de inyección altas (Li y otros, 2023).

#### *Desarrollo*

##### *Estrategia 1: Generación eléctrica*

El desarrollo de cálculos de generación eléctrica utilizando Python implica el uso de librerías especializadas para realizar cálculos matemáticos y manipulación de datos de forma eficiente. Python, al ser un lenguaje de programación versátil y potente, se ha

convertido en una herramienta popular para simular y analizar sistemas de generación eléctrica, para llevar a cabo este proceso, es esencial tener en cuenta los principios básicos de la generación eléctrica, como la conversión de energía mecánica en energía eléctrica a través de generadores. En Python, se pueden utilizar librerías como NumPy para los cálculos numéricos, Pandas para la manipulación de datos y Matplotlib para la visualización de resultados.

El volumen de gas a considerar para este estudio según la producción de gas natural, (se asume este valor como producción de gas asociado en la producción de crudo en 24 horas) sujeto a control reportado por EP Petroecuador (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2024) para el 26 de marzo son 20.605,76 MPCPD.

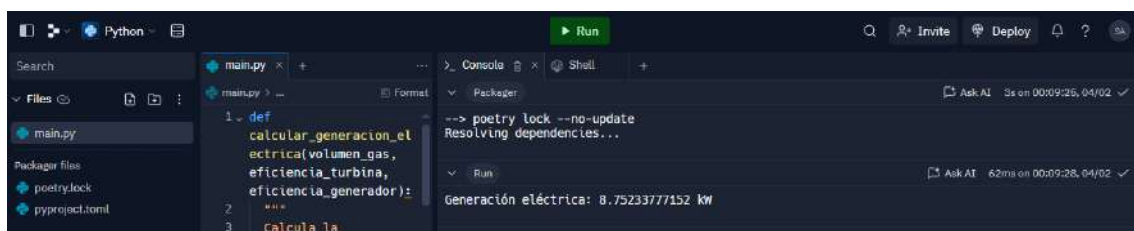
Las turbinas industriales de gas y las turbinas de ciclo combinado de GE están diseñadas para ofrecer altos niveles de eficiencia energética, pudiendo alcanzar eficiencias superiores al 40% en condiciones ideales de operación (Takeishi, 2022). Sin embargo, es importante tener en cuenta que la eficiencia real puede verse afectada por factores como la carga de la planta, tipo de gas, temperatura ambiente, la calidad del combustible y mantenimiento adecuado del equipo (Brooks, 2019). Para obtener información precisa sobre la eficiencia de una turbina GE para la industria oil and gas se recomienda consultar con el fabricante.

La eficiencia de los generadores eléctricos usado en esta industria depende de la tecnología, el mantenimiento y la carga de trabajo, por lo que requiere un análisis exhaustivo para una selección óptima, por lo que según Abramovich & Bogdanov (2021) se asumirá para este estudio una eficiencia del 90%.

Se procedió a la creación del código que calculo la generación eléctrica para una turbina de gas con un volumen de gas asociado de 20,605.76 Millones de pies cúbicos estándar por día (MSCFD), una eficiencia de la turbina del 40% y una eficiencia del generador del 90%, dando como resultado la generación eléctrica en kilovatios por hora (kWh) 8.75 kWh.

**Figura 2**

*Calculo en Python de la generación eléctrica en kilovatios por hora*



```
1 def calcular_generacion_electrica(volumen_gas,
2   eficiencia_turbina,
3   eficiencia_generator):
4     """
5     Calcula la generación eléctrica en kilovatios por hora (kWh)
6     basándose en el volumen de gas asociado, la eficiencia de la turbina
7     y la eficiencia del generador.
8     """
9     # Cálculo de la generación eléctrica en kWh
10    generacion_kwh = (volumen_gas * eficiencia_turbina * eficiencia_generator) / 1000000
11    return generacion_kwh
```

Console output: Resolución de dependencias... Run Generación eléctrica: 8.7523377152 kW

**Nota:** Python - Replit

**Tabla 1**

*Comparativa entre kW y su costo en dólares*

|              |        |
|--------------|--------|
| kWh          | 8.75   |
| kW/día       | 210    |
| cUSD/kWh.    | 8,58   |
| cUSD/ kW/día | 1801,8 |

Nota: Tarifa industrial para el costo del servicio eléctrico en Ecuador por kilovatios por hora en Ecuador (cUSD).

*Estrategia 2: Proceso de síntesis de gas a gasolina SGT+*

La aplicación del proceso STG + implica una serie de etapas que involucra la conversión del gas de síntesis en hidrocarburos líquidos utilizando catalizadores y condiciones específicas de temperatura y presión (Energy, 2013)

1. Síntesis de metanol: se alimenta con gas de síntesis al reactor 1, el primero de los 4, que convierte la mayor parte del gas de síntesis ( $\text{CO}$  y  $\text{H}_2$ ) en metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ).
2. Síntesis de éter dimetílico (DME): el gas rico en metanol del reactor 1 se introduce en el reactor 2 El metanol se expone a un catalizador y gran parte se convierte en DME, lo que implica una deshidratación del metanol para formar DME ( $\text{CH}_3\text{OCH}$ )
3. Síntesis de gasolina: el gas que sale del reactor 2 se introduce en el 3, que contiene el catalizador para la conversión de DME en hidrocarburos, incluidas parafinas (también llamadas alcanos, hidrocarburos sin enlaces dobles ni triples), compuestos aromáticos, naftenos (cicloalcanos) y pequeñas cantidades de olefinas (alquenos), principalmente de C6 (número de átomos de carbono en la molécula de hidrocarburo) a C10.
4. Tratamiento de gasolinas: en el cuarto reactor se producen tratamientos de transalquilación e hidrogenación a los productos procedentes del tercero. Estos tratamientos reducen los componentes de dureno (tetrametilbenceno)/isodureno y trimetilbenceno, que se congelan a temperaturas relativamente altas y, por tanto, deben minimizarse en la gasolina (el combustible solo se puede utilizar en estado líquido). La gasolina sintética resultante tiene alto octanaje y las propiedades viscométricas deseables.
5. Separador: Finalmente, la mezcla del reactor 4 se condensa para obtener gasolina. El gas no condensado y la gasolina se separan en un condensador/separador convencional. La mayor parte de este gas no condensado se devuelve al reactor 1, dejando el producto de gasolina sintética compuesto de parafinas, cadenas aromáticas y naftenos. (Energy, 2013)

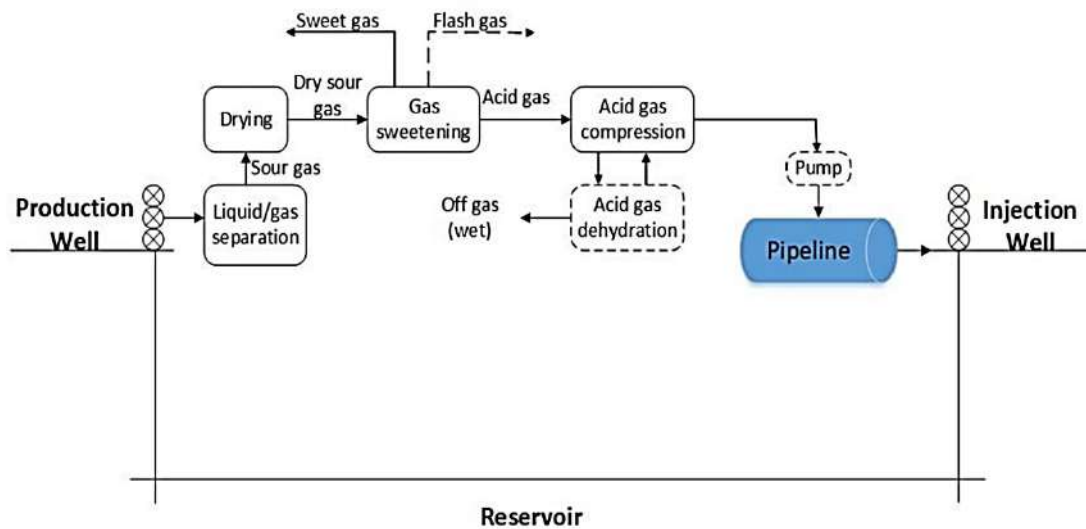
*Estrategia 3: Reinyección de gas - Recuperación secundaria*

*Proceso*

El gas pasa por una o dos etapas de absorción durante la cual entra en contacto con la solución de amina. Después de remover el H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>, se separa de la unidad de amina a bajas presiones y temperaturas altas. Por lo general, se comprime en tres o cuatro etapas para lograr propiedades de fluidos supercríticos y la presión necesaria para la inyección dentro de la formación. El gas ácido a alta presión se transporta a través de tuberías hasta boca de pozo; llega en un estado de fluido denso antes de ser inyectado en el reservorio a través del tubing. Dependiendo de la composición de gas también es necesario deshidratar el gas ácido para evitar formación de hidratos dentro de la tubería y evitar la corrosión (Kanakaki et al., 2023).

**Figura 3**

*Proceso de tratamiento y reinyección de gas*



Fuente: Kanakaki et al. (2023)

**Resultados**

*Estrategia 1: Generación eléctrica*

En base al resultado del cálculo en condiciones ideales se puede afirmar que, el aprovechamiento de gas asociado producción de crudo de un día, podría generar un ahorro en la tarifa industrial del servicio eléctrico en Ecuador por kilovatios por hora de \$ 1801,8 por día y alrededor de \$ 1831,8 por mes.



La eficiencia de una turbina GE para esta industria varía dependiendo del modelo específico y de las condiciones de operación del equipo. Cabe recalcar que, Siemens y Mitsubishi también son fabricantes destacados en este campo; sin embargo, la exclusión de estas marcas podría basarse en criterios específicos como los costes, requisitos técnicos particulares de la central eléctrica, disponibilidad de servicios de mantenimiento en Ecuador. Algunas opciones comunes para considerar incluyen, son; Turbina de gas industria, turbina de gas de ciclo combinado, turbina de gas aero derivativa y microturbinas.

#### *Estrategia 2: Proceso de síntesis de gas a gasolina SGT+*

Desde el punto de vista económico, estimado los costos aproximadamente para montar un proceso de conversión de gas a gasolina plus en una refinería con gas dulce podría estar en el rango de \$167 a \$440 millones de dólares, el costo puede variar significativamente según el alcance y la escala del proyecto.

El tiempo de recuperación del capital (TRC) es el período de tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Depende de los ingresos generados por el proyecto y los costos asociados. Para estimar el TRC, necesitamos considerar los siguientes factores:

- Ingresos por ventas de productos: Dependerán del precio de venta de la gasolina plus y otros productos derivados del proceso. Supongamos un ingreso anual de \$100 a \$200 millones de dólares.
- Costos operativos: Incluyen costos de mantenimiento, energía, mano de obra, materias primas, etc. Supongamos costos operativos anuales de \$50 a \$100 millones de dólares.

Con estas estimaciones, el flujo de efectivo neto anual podría estar en el rango de \$50 a \$100 millones de dólares.

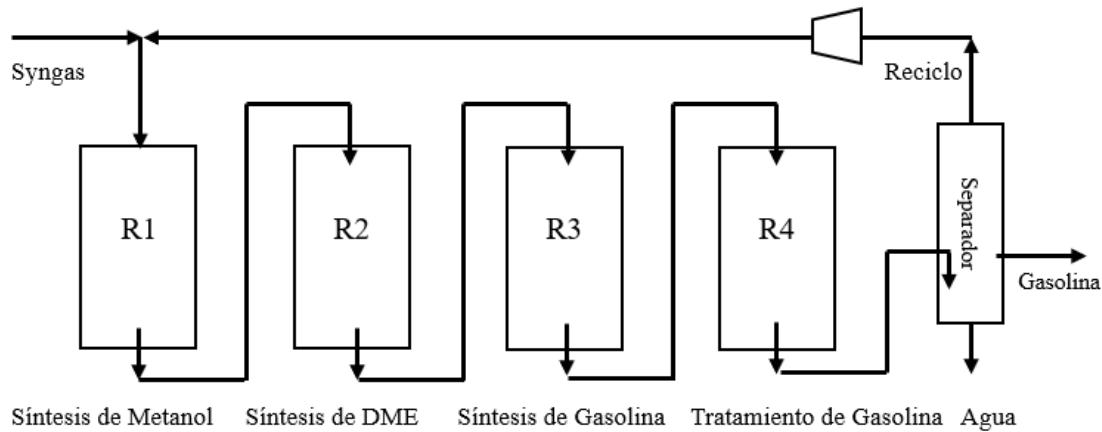
Entonces, el TRC se calcularía dividiendo la inversión inicial por el flujo de efectivo neto anual. Suponiendo una inversión inicial de \$300 millones de dólares:

$$\text{TRC} = \frac{300 \text{ millones de dolares}}{50 \text{ a } 100 \text{ millones de dolares/año}} \quad (1)$$

TRC=3 a 6 años

**Figura 2**

*Proceso de síntesis de gas a gasolina plus*



**Fuente:** Primus Green Energy (2013)

*Estrategia 3: reinyección de gas - recuperación secundaria*

Como resultado aumenta el factor de recuperación hasta en un 20% de un reservorio. Debido a la inyección del gas que desplaza al petróleo hacia la superficie. También reduce el impacto ambiental debido a que el gas inyectado no es tóxico y causa contaminación en comparación con otros métodos de recuperación primaria. La rápida reducción en la tasa de producción se controla mediante la perforación de pozos productores, para mantener la presión del reservorio se selecciona un pozo y se convierte en inyector de gas.

*Análisis comparativo de estrategias propuestas*

En la industria del petróleo y el gas, es crucial analizar distintas estrategias bajo altos índices de calidad, rentabilidad e innovación tecnológica, de modo que los parámetros como el impacto medioambiental, la eficiencia energética, la viabilidad económica y la innovación tecnológica (Chen et al., 2021) son cruciales para este estudio. La primera estrategia de generación eléctrica, destaca la importancia del uso del gas, para optimizar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Iddio et al., 2020). El proceso de síntesis de gas a gasolina SGT+, apunta a la diversificación de las fuentes de energía e implantación de energías renovables y reducción de la dependencia de los combustibles fósiles (Mead & Denning, 2022). Finalmente, Reinyección de gas en recuperación secundaria, busca mejorar la eficiencia de los procesos de recuperación y minimizar el impacto medioambiental (Razak et al., 2020).

Se busca con estas estrategias contribuir a la sostenibilidad medioambiental, la eficiencia y transición energética, en esta industria, como se muestra en tabla 2.

**Tabla 2**

*Comparación de estrategias en impacto medioambiental y sostenibilidad*

| Estrategia                                   | Impacto medioambiental y sostenibilidad  |
|--|--|
| Generación eléctrica                         | Minimiza el uso de combustibles fósiles optimizando la eficiencia de la generación de energía y reduciendo las emisiones           |
| Proceso de síntesis de gas a gasolina SGT+   | Implanta fuentes de energía renovables y reduce la dependencia de los combustibles fósiles derivados del petróleo.                 |
| Reinyección de gas - Recuperación secundaria | Mejora la eficiencia de los procesos de recuperación de petróleo, reduciendo residuos y busca minimizar el impacto medioambiental. |

Debido a que el 23 de enero de 2019, Ecuador se adhiere a la iniciativa mundial “Cero quemas regulares de gas para 2030 (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2024), es primordial ajustarse a los cambios que eso conlleva en tema de viabilidad económica y rentabilidad, es por ellos que en la tabla 3 se presenta una comparativa de las estrategias con las que se busca promover el uso de energías limpias, y cambio de matriz energética en la industria oil & gas.

**Tabla 3**

*Comparación de estrategias en viabilidad económica y rentabilidad*

| Estrategia                                   | Viabilidad económica y rentabilidad  |
|--|--|
| Generación eléctrica                         | Se prevé reducir costes y aumentar la rentabilidad a largo plazo.  |
| Proceso de síntesis de gas a gasolina SGT+   | Invierte en fuentes de energía renovables para reducir los costes a largo plazo y garantizar el suministro energético. |
| Reinyección de gas - Recuperación secundaria | Maximizar beneficios y reduce significativamente residuos. Aumenta la eficiencia de recuperación de crudo.             |

Ya en 2024 las empresas líderes a nivel mundial prestadoras de servicios en esta industria, están trabajando en nuevas tecnologías para la reducción de la huella de carbono (slb, 2024) que por años se generó producto de la extracción petrolera y de gas, no obstante, en la actualidad se busca garantizar la sostenibilidad y generar soluciones que se puedan

adoptar rápidamente en países como Ecuador y es por ello que, en la siguiente tabla se presenta los puntos más relevantes en innovación y desarrollo tecnológico de las estrategias presentadas en este estudio.

**Tabla 4**

*Comparación de estrategias en innovación y desarrollo tecnológicos*

| Estrategia                                   | Innovación y desarrollo tecnológicos   |
|--|--|
| Generación eléctrica                         | Busca aplicar tecnologías avanzadas de generación energía para mejorar la eficiencia energética.                     |
| Proceso de síntesis de gas a gasolina SGT+   | Utiliza tecnologías de punta para aprovechar fuentes de energía limpias y sostenibles.                               |
| Reinyección de gas - Recuperación secundaria | Es unas técnicas innovadoras para recuperación de petróleo, mejorando la eficiencia y minimiza el impacto ambiental. |

**Conclusiones**

- En conclusión, el análisis de las tres estrategias presentadas revela la importancia de la sostenibilidad medioambiental, la viabilidad económica, la innovación tecnológica, con el fin de mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones y minimizar el impacto en la calidad de aire en regiones pobladas circundantes a plataformas de explotación petrolera.
- La generación de electricidad a partir de gas asociado, una vez acondicionado, representa una importante oportunidad para la industria del petróleo & gas. Esta práctica no sólo permite utilizar un recurso que de otro modo se desperdiciaría, sino que también contribuye a diversificar la matriz energética y a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que según los resultados de esta investigación el uso eficiente del gas asociado en la generación de electricidad puede mejorar la eficiencia energética en plataformas de explotación de crudo. Esta estrategia alinea los intereses económicos con los objetivos medioambientales, promoviendo un enfoque más sostenible y rentable para la industria a largo plazo.
- La aplicación del proceso de conversión de gas a gasolina plus, es una estrategia rentable y sostenible para las empresas petroleras en Ecuador, especialmente en el caso del gas dulce. Al transformar este recurso en productos líquidos de mayor valor añadido, las empresas pueden aumentar su rentabilidad, reducir su huella de carbono y promover prácticas más sostenibles que beneficien tanto al medio ambiente como a la economía local e internacional. Es fundamental que las empresas en Ecuador continúen explorando y adoptando tecnologías innovadoras como el GTL para impulsar el desarrollo sostenible en el sector petrolero, el

tiempo de recuperación de capital se estima de 3 a 6 años dependiendo del costo del combustible.

- La reinyección del gas asociado es una estrategia para mejorar la recuperación de petróleo. Se usa principalmente en reservorios con baja permeabilidad y alta viscosidad, es decir donde los mecanismos de drenaje no son suficientes para mantener la presión del reservorio. La elección del gas depende de las características del reservorio, la cual puede adecuarse con los diferentes métodos de inyección mencionados. El proceso de endulzamiento permitirá eliminar los contaminantes del gas asociado y posteriormente la deshidratación con el propósito de reducir riesgos en la inyección al reservorio.

### Conflicto de intereses

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

### Referencias Bibliográficas

- Lozano, M. (1998). *COGENERACIÓN. Área de Máquinas y Motores Térmicos. Departamento de Ingeniería Mecánica. Uniersidad de Zaragoza*. Obtenido de <http://publicationslist.org/data/miguel.a.lozano/ref-183/Cogeneracion%201998%20%28Rev%202014%29.pdf>
- Abramovich, B., & Bogdanov, I. (2021). Improving the efficiency of autonomous electrical complexes of oil and gas enterprises. . *Записки Горного института*, 249, 408-416. <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.3.10>
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2024). *Reporte de producción diaria de petróleo y gas natural*. EP Petroecuador. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/produccion-diaria-de-petroleo/>
- Aguilar , F. (2023). Incorporación de hidrógeno al gas natural en un sistema de cogeneración con turbina de gas diseñado para suministrar energía a comunidades conectadas mediante redes urbanas de calor. *Repositorio digital de la Universitat de Barcelona, [Maestria, Universitar de Barcelona ]*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/2445/202740>
- Brooks, F. (2019). *GE Gas Turbine Performance Characteristics*. GE Power Systems. Obtenido de [https://www.governova.com/content/dam/gepower-new/global/en\\_US/downloads/gas-new-site/resources/reference/ger-3567h-ge-gas-turbine-performance-characteristics.pdf](https://www.governova.com/content/dam/gepower-new/global/en_US/downloads/gas-new-site/resources/reference/ger-3567h-ge-gas-turbine-performance-characteristics.pdf)

Chen, M., Sinha, A., Hu, K., & Shah, M. (2021). Impact of technological innovation on energy efficiency in industry 4.0 era: Moderation of shadow economy in sustainable development. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120521>

Cogenera México. (1 de abril de 2024). *Tecnologías*. Obtenido de Conceptos: <https://www.cogeneramexico.org.mx/public/Cogeneracion/Tecnologias/Conceptos>

Energy, P. G. (2013). Introduction to Primus' STG+ Technology. *Primus Green Energy*, 1.

EP Petroecuador. (1 de abril de 2024). *EP Petroecuador*. Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/?p=21678>

General Electric. (1 de abril de 2024). *Solución técnica de GE para sus turbinas de gas móviles reduce las emisiones de CO y NOx*. Obtenido de General Electric Vernova: <https://www.governova.com/news/press-releases/solucion-tecnica-de-ge-para-sus-turbinas-de-gas-moviles-reduce-las-emisiones-de-co-y>

Iddio, E., Wang, L., Thomas, Y., McMorrow, G., & Denzer, A. (2020). Energy efficient operation and modeling for greenhouses: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109480. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109480>

Kanakaki, E. M., Samnioti, A., Koffa, E., Dimitrellou, I., Obetzanov, I., Tsiantis, Y., . . . Stamataki, S. (2023). Prospects of an Acid Gas Re-Injection Process into a Mature Reservoir. *Energies*, 16, 26. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en16247989>

Khalid, A., Khamayseh, M., & KIDAK, R. (2022). Gas Flaring, Composition, Emission, Measuring, Environmental Impacts and Recovery Methods: An Overview. *NeuroQuantology*, 20, 15. <https://doi.org/10.14704/nq.2022.20.8.NQ44888>

LaMonica, M. (2012). Natural Gas Tapped as Bridge to Biofuels. *MIT Technology Review*, 5.

Li, Z., Husein, M., & Hemmati-Sarapardeh, A. (2023). *Gas Injection Methods*. Gulf Professional Publishing. <https://doi.org/978-0-12-822302-4>

Liu, Z. X., Liang, Y., Wang, Q., Guo, Y. J., Gao, M., Wang, Z. B., & Liu, W. L. (2020). Status and progress of worldwide EOR field applications. *Elsevier*, 193, 32. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107449>

- Mead, W., & Denning, M. (2022). *Estimating Costs of Alternative. Regulatory Choices: A Perspective on Developments in Energy Policy*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=41DhEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA187&dq=The+gas-to-gasoline+synthesis+process+plus+STG,+related+to+the+diversification+of+energy+sources,+advocates+the+implementation+of+renewable+energies+and+the+reduction+of+dependence>
- Primus Green Energy. (2013). Introduction to Primus' STG+ Technology. *Primus Green Energy*, 1. Obtenido de <https://archive.ph/20130411161606/http://www.primusge.com/press-room/white-papers/>
- Razak, A., Firdaus, M., Ariffin, Mohd , M., Singh, R., Singh, G., & Khalid, A. (2020). Assessment on Gas Re-Injection Performance After 19 Years: A Brownfield Case Study. In *SPE Europec featured at EAGE Conference and Exhibition?*, D031S017R004. <https://doi.org/https://doi.org/10.2118/200602-MS>
- Sidebotham, G. (1 de abril de 2022). Open Systems: Pumps and Turbines. En G. Sidebotham, *An Inductive Approach to Engineering Thermodynamics* (págs. 235–300). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-20430-3\\_5](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-20430-3_5)
- Solar Turbines A Caterpillar Company. (1 de abril de 2024). *Turbinas De Gas*. Obtenido de [Ventajas De Las Turbinas De Gas: https://www.solarturbines.com/es\\_MX/products/gas-turbines.html](https://www.solarturbines.com/es_MX/products/gas-turbines.html)
- Sulzer. (1 de abril de 2024). *Generación de energía por combustión de gas*. Obtenido de [Sulzer : https://www.sulzer.com/es-es/spain/applications/power-generation/fossil/gas-fired-power-generation](https://www.sulzer.com/es-es/spain/applications/power-generation/fossil/gas-fired-power-generation)
- Takeishi, K. (2022). Evolution of turbine cooled vanes and blades applied for large industrial gas turbines and its trend toward carbon neutrality. *Energies*, 15(15), 8935. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en15238935>
- Ulloa, R., Reyna, L., & Chere, B. (s.f.). Cogeneración eléctrica a través de turbina de gas: una visión desde los Empresarios en Manabí. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 237-250. <https://doi.org/https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.516>
- United Nations. (32 de marzo de 2024). *Department of Economic and Social Affairs*. Obtenido de [Take urgent action to combat climate change and its impacts: https://sdgs.un.org/goals/goal13](https://sdgs.un.org/goals/goal13)

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



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 Alfa Publicaciones**.







Indexaciones





## Diseño de prototipado para barras energéticas enriquecidas con cereales andinos

*Prototyping design for energy bars enriched with Andean cereals*

- <sup>1</sup> Andrea Estefanía Fierro Ricaurte  <https://orcid.org/0000-0002-3859-8007>  
Instituto Superior Tecnológico Vicente León, Latacunga, Ecuador.  
[a.fierro@istvicenteleon.edu.ec](mailto:a.fierro@istvicenteleon.edu.ec)
- <sup>2</sup> Diego Armando Suárez Cruz  <https://orcid.org/0009-0004-3704-6229>  
Instituto Superior Tecnológico Vicente León, Latacunga, Ecuador.  
[d.suarez@istvicenteleon.edu.ec](mailto:d.suarez@istvicenteleon.edu.ec)
- <sup>3</sup> José Luis Navas Vásconez  <https://orcid.org/0009-0004-1731-7589>  
Instituto Superior Tecnológico Vicente León, Latacunga, Ecuador.  
[j.navas@istvicenteleon.edu.ec](mailto:j.navas@istvicenteleon.edu.ec)
- <sup>4</sup> Viviana Melissa Cuadra Jama  <https://orcid.org/0000-0001-7235-7402>  
Instituto Superior Tecnológico Vicente León, Latacunga, Ecuador.  
[v.cuadra@istvicenteleon.edu.ec](mailto:v.cuadra@istvicenteleon.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/01/2024

Revisado: 14/02/2024

Aceptado: 05/03/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.469>

### Cítese:

Fierro Ricaurte, A. E., Suárez Cruz, D. A., Navas Vásconez, J. L., & Cuadra Jama, V. M. (2024). Diseño de prototipado para barras energéticas enriquecidas con cereales andinos. AlfaPublicaciones, 6(2), 73–85. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.469>



**ALFA PUBLICACIONES**, 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://alfapublicaciones.com>

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 Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International**. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras claves:**

barras energéticas, cálculo calórico, estandarización, estudio de mercado, población.

**Keywords:**

energy bars, calorie calculation, standardization, market study, population.

**Resumen**

**Introducción:** en la siguiente investigación se realizó el diseño de prototipado de barras energéticas enriquecidas con cereales andinos, con el objetivo de realizar un estudio de mercado para identificar las barras energéticas con mayor aceptación de segmento, y estandarizar productos y procesos utilizados en el diseño de barras energéticas. **Objetivos:** Diseñar el prototipado de barras energéticas enriquecidas con cereales andinos. **Metodología:** se estableció la población y la muestra en la provincia de Cotopaxi, la delimitación de la investigación identificó información en todo su territorio tomando como referencia el número de personas estratificadas dentro de la población económicamente activa, para lo cual se obtuvo una muestra de 383 personas. **Resultados:** se determinó la frecuencia de consumo y los datos arrojan que el 51% de la población lo realizan raramente, sobre el conocimiento del producto se determinó que el 56% han oído hablar del producto, el 68% de los encuestados consumen cereales andinos, el 31% están muy interesados en el consumo del producto, dentro de la preferencia de tamaño el 55% de los encuestados optan por una porción individual de 50 gr.; el precio preferencial está en el rango de \$1,50 - \$1,75. **Conclusiones:** de acuerdo a los datos arrojados, mediante pruebas de sabor se ha estandarizado recetas, procesos y se ha hecho un cálculo calórico de las barras energéticas de quinua, amaranto, cebada, avena. **Área de estudio general:** Gastronomía. **Área de estudio específica:** Marketing gastronómico.

**Abstract**

**Introduction:** In the following research, the prototyping design of energy bars enriched with Andean cereals was carried out, with the aim of carrying out a market study to identify the energy bars with the highest segment acceptance, and standardize products and processes used in the design of energy bars. **Objectives:** To design the prototype of energy bars enriched with Andean cereals. **Methodology:** the population and the sample were established in the province of Cotopaxi, the delimitation of the research identified information throughout its territory taking as a reference the number of people stratified within the economically active population, for which a sample of 383

---

people was obtained. **Results:** the frequency of consumption was determined and the data show that 51% of the population does it rarely, on the knowledge of the product it was determined that 56% have heard of the product, 68% of the respondents consume Andean cereals, 31% are very interested in the consumption of the product, within the size preference 55% of the respondents opt for an individual portion of 50 gr.; the preferential price It is in the range of \$1.50 - \$1.75. **Conclusions:** According to the data obtained, recipes and processes have been standardized through taste tests, and caloric calculations have been made of the energy bars of quinoa, amaranth, barley, oats. **General area of study:** Gastronomy. **Specific area of study:** Food Marketing.

---

## Introducción

En la época actual, la sociedad ha adoptado una nueva perspectiva respecto a la alimentación, alejándose de los productos tradicionales de décadas pasadas. Ahora, existe un interés creciente en buscar alimentos y productos innovadores que contribuyan a una mejor nutrición. En este contexto, las proteínas desempeñan un papel crucial en la alimentación humana, proporcionando aminoácidos esenciales y poseyendo propiedades funcionales (Martínez & Martínez, 2006). Se ha desarrollado una mayor conciencia sobre la importancia de consumir alimentos balanceados para corregir problemas de salud derivados de una alimentación inadecuada (Asociación Mexicana del Amaranto, 2006). Este cambio de enfoque se refleja en la tendencia hacia el consumo de barras alimenticias, fabricadas a partir de cereales extruidos con un agradable sabor dulce. Estas barras no solo son fuente de vitaminas, minerales, fibra, proteínas y carbohidratos complejos, sino que también se consideran nutritivas y beneficiosas para la salud, ayudando a recuperar la energía gastada en las actividades diarias (Castronuovo et al., 2007). Sin embargo, es importante señalar que las barras energéticas, con su alto contenido proteico y energético, están diseñadas específicamente para personas que participan en deportes intensos y prolongados con un componente aeróbico significativo. Se recomienda restringir su consumo en niños, adolescentes, personas mayores de 50 años y aquellos que no realizan actividad física, ya que estas barras contienen una cantidad considerable de carbohidratos, azúcares y calorías, lo que podría resultar en problemas de sobrepeso y aumentar el riesgo de enfermedades cardíacas o hipertensión (Aponte, 2022). Por lo tanto, se aconseja seguir pautas específicas de consumo de fibra, como 15-20 gramos al día para niños, 20-35 gramos al día para adolescentes y adultos, y un promedio de 38 gramos al día para personas mayores de 50 años (Bupa, 2021). Además, se destaca que los cereales, al

aportar cantidades significativas de hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales, desempeñan un papel beneficioso en la dieta, asociándose con la prevención de diversas enfermedades crónicas y contribuyendo al mantenimiento de la salud digestiva y del peso corporal (Martínez, 2018). En este contexto, la investigación tiene como objetivo comprender el aporte nutricional de las barras energéticas a través de su contenido de cereales.

### *Prototipado*

La importancia de llevar a cabo el desarrollo de un prototipo dentro de la presente investigación radica en el fin de plasmar una versión inicial con el fin de probar conceptos y explorar opciones de diseño para obtener una retroalimentación oportuna por parte del usuario antes de lanzar al mercado la versión final del mismo (Becerra, 2005). Esta representación tangible de las barras energéticas derivadas de cereales andinos se llevó a prueba física con el propósito de facilitar la comunicación, la iteración y evaluación de las soluciones propuestas en la presente investigación (Marroquín, 2012).

Es oportuno tener en cuenta que un prototipo reúne características que permiten probar y validar aspectos técnicos y funcionales al equipo desarrollador con el fin de previsualizar los aspectos más relevantes para su mejora; pues la necesidad de poseer información preliminar previo a tomar atención sobre la complejidad del diseño final y la factibilidad técnica del mismo logra desarrollar ventajas competitivas dentro del producto en su naturaleza, costo, comunicación y concepto creativo (Casamen & Soto, 2015).

Por tal motivo el desarrollo de prototipo de barras energéticas en el sector gastronómico constituye un proceso esencial que garantiza el perfeccionamiento de las propuestas alimentarias a partir de la incorporación de características de innovación y valor a los productos (Smith, 2018). Tomando en cuenta una relación costo beneficio sobre los aspectos de su fabricación y la necesidad por incorporar un conjunto atributos capaces de conectar con la necesidad de un mercado cada vez más competitivo y exigente (Aponte, 2022).

### *Objetivos*

#### *Objetivo general*

Diseñar el prototipado de barras energéticas enriquecidas con cereales andinos.

#### *Objetivos específicos*

Establecer los referentes teóricos que permitan la realización del proyecto.

Realizar un estudio de mercado para identificar las barras energéticas con mayor aceptación de segmento.

Estandarizar pro

ductos y procesos utilizados en el diseño de barras energéticas

### Metodología

En el contexto de la presente investigación aplicada la modalidad desarrolló un principio cuantitativo descriptivo con el fin de otorgar un tratamiento científico a los datos obtenidos de forma numérica a partir de una aplicación estadística.

Al ubicar el marco de pertinencia institucional en la provincia de Cotopaxi la delimitación de la investigación hará énfasis en identificar información en todo su territorio tomando como referencia el número de personas estratificadas dentro de la Población Económicamente Activa (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos [INEC], 2010).

**Tabla 1**

*Población económicamente activa Cotopaxi*

| PEA por sexo | Año 2010 | %    | Año 2023 | %    |
|--------------|----------|------|----------|------|
| Mujeres      | 71.382   | 41%  | 84.002   | 41%  |
| Hombres      | 101.712  | 59%  | 119.695  | 59%  |
| Total        | 173.094  | 100% | 203.697  | 100% |

**Nota:** La presente tabla muestra la distribución poblacional de la Población Económicamente Activa de la provincia de Cotopaxi por sexo según censo 2010 y su proyección al 2023 según la tasa de crecimiento poblacional vigente.

Basado en este resultado la fórmula para el cálculo de la muestra hace referencia a aquella de poblaciones mayores a 100000 habitantes, la misma que se obtiene de:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra requerido.

N= Población Total

Z= Nivel de Confianza.

p= Proporción de personas con características de interés.

q= Proporción de personas que no cumplen las características.

e= Margen de error deseado.

**Tabla 2**

*Cálculo Muestral*

| Provincia | PEA 2023 | Muestra Calculada |
|-----------|----------|-------------------|
| Cotopaxi  | 203.697  | 383               |

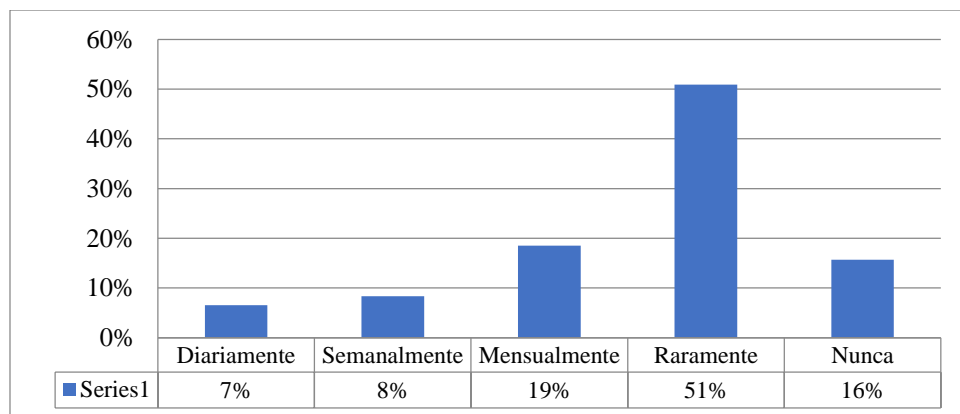
En concordancia al cálculo muestral se debe aplicar un número de 383 encuestas a la Población Económicamente Activa de la provincia de Cotopaxi.

**Resultados**

*Encuestas aplicadas población económicamente activa de la provincia de Cotopaxi.*

**Figura 1**

*Frecuencia de consumo*



Como se muestra en la tabla 3, en relación con la frecuencia de consumo de barras energéticas o snacks similares la mayoría de los encuestados lo hacen raramente en un 51%, seguido de quienes lo hacen mensualmente con un 19%. Un porcentaje menor lo hace diariamente representado por un 7% y semanalmente con un 8% mientras que el porcentaje restante nunca lo ha consumido.

Este resultado nos demuestra que las barras energéticas tienen baja popularidad en la población, puede ser por desconocimiento de los beneficios que aportan o por un mal concepto creado hacia las mismas, en las cuales la gente cree que son solo para deportistas.

**Tabla 3**

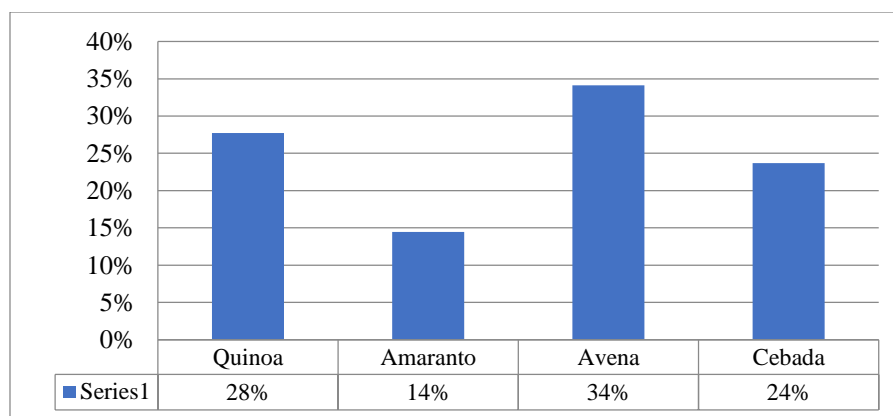
*Restricción alimentaria*

| Restricción alimentaria     | %    |
|-----------------------------|------|
| Vegetariana                 | 4%   |
| Vegana                      | 1%   |
| Sin Gluten                  | 0%   |
| Dieta baja en carbohidratos | 4%   |
| Dieta baja en grasa         | 11%  |
| Alimentación sin azúcar     | 4%   |
| Ayuno intermitente          | 3%   |
| Ninguna                     | 74%  |
| Total                       | 100% |

Como se muestra en la tabla 4, la mayoría de los encuestados es decir un 71% no siguen ninguna restricción alimentaria, sin embargo, es necesario tomar en cuenta notar que existen varios grupos minoritarios con restricciones específicas; tal es el caso de la dieta baja en grasa que está conformado por un 11%, mientras que un 4% se adhiere a una dieta baja en carbohidratos y sin azúcar. Por otro lado, un 3% practica un ayuno intermitente seguido del 1% que practica una dieta vegana. Tomando en cuenta estos datos la ausencia de restricciones alimentarias podría presentar oportunidades para la elaboración de barras energéticas que satisfagan estas necesidades específicas.

**Figura 2**

*Conocimiento sobre el tipo de cereal*



A partir de los siguientes datos se destaca que la avena es el cereal andino más conocido con un 34% de reconocimiento lo que identifica una familiaridad relativamente alta entre los consumidores. La quinoa sigue de cerca con un 28% de conocimiento lo que la posiciona como otra posición popular, mientras que el amaranto y la cebada, aunque menos conocidos aun cuentan con un 14% y 24% de reconocimiento respectivamente.

El conocimiento de los consumidores sobre estos cereales andinos proporciona a la investigación una base sólida para tomar decisiones informadas sobre el diseño de producto y su introducción al mercado.

**Tabla 4**

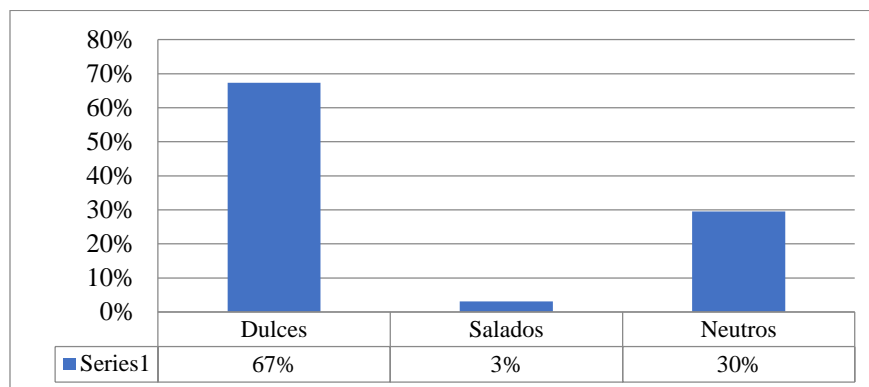
*Preferencia de sabor*

| Preferencia de sabor | %    |
|----------------------|------|
| Dulces               | 67%  |
| Salados              | 3%   |
| Neutros              | 30%  |
| Total                | 100% |

Los datos obtenidos indican que una gran mayoría correspondiente al 67% prefiere sabores dulces en la característica fundamental de las barras energéticas.

**Figura 3**

*Preferencia de sabor*



Este hallazgo es relevante para dicha formulación y comercialización de estas, ya que sugiere la elección más atractiva para el segmento. Por otro lado, apenas un 3% da preferencia a los sabores salados; mientras que un 30% opta por sabores neutros.

**Tabla 5**

*Preferencia de precio*

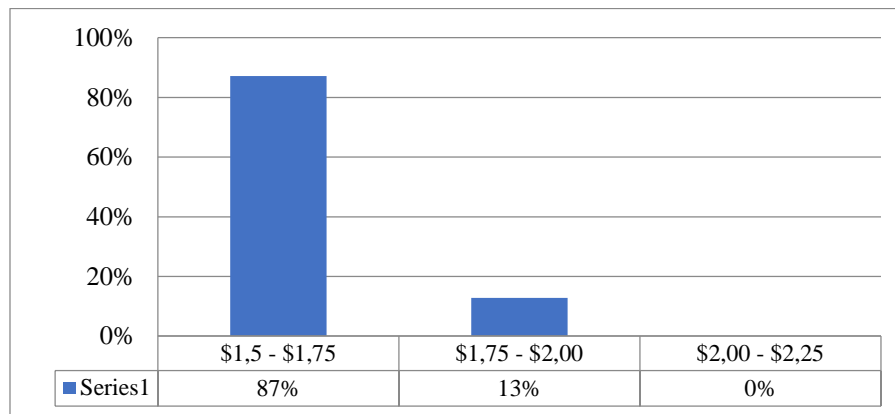
| Preferencia de precio | %    |
|-----------------------|------|
| \$1,5 - \$1,75        | 87%  |
| \$1,75 - \$2,00       | 13%  |
| \$2,00 - \$2,25       | 0%   |
| Total                 | 100% |



Se observa que en los encuestados un 87% prefiere un rango de precios que oscila entre \$1,50 y \$1,75 por unidad; esto indica que existe una alta sensibilidad frente al precio en vista de que el segmento valora opciones asequibles con su economía; en contraste apenas un 13% muestra preferencia por un rango de precio entre los \$2,00 y \$2,25.

**Figura 4**

*Preferencia de precio*



Estos resultados destacan que es importante mantener un precio competitivo y asequible para garantizar el éxito del proyecto.

*Discusión*

Los resultados indican que las barras energéticas cuentan con una escasa popularidad entre los participantes de la encuesta, lo cual podría estar vinculado a la falta de conocimiento acerca de sus beneficios o a percepciones negativas sobre su uso. Aunque la mayoría de los encuestados no tiene restricciones alimentarias, se identifican grupos minoritarios que sí las siguen, sugiriendo posibles oportunidades para la creación de barras energéticas que satisfagan estas necesidades específicas (Doe, 2020). La comprensión de los consumidores sobre los cereales andinos es limitada, destacándose la avena como el más conocido, seguido por la quinoa, el amaranto y la cebada (Jara, 2022). La preferencia mayoritaria de los encuestados se inclina hacia sabores dulces en las barras energéticas, y se observa una alta sensibilidad al precio, con una clara preferencia por opciones económicas. Para asegurar el éxito en el mercado, es crucial tener en cuenta estos aspectos al diseñar y comercializar barras energéticas que se ajusten a las necesidades y preferencias de los consumidores (Alfaro & Flores, 2007).

Se analizaron los antecedentes de diseño de prototipado de barras energéticas, para lo cual se encontró algunas investigaciones importantes como Luna Paulina (2021), de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con la tesis titulada: Barras energéticas a base de cereales, en la cual se realiza un alcance descriptivo que se basa en la búsqueda de

bibliografías da como resultado que las materias primas más utilizadas por los distintos autores son: amaranto, avena, quinoa y trigo y la incorporación de varios ingredientes en los que destaca: miel de abeja, coco, panela, chocolate, mantequilla, agua, azúcar, con un peso en barra de 25g, 30g, 50g, 100g. Se analizó cinco valores nutricionales: energía (Kcal), proteína, carbohidratos, fibra y grasa. Para realizar los análisis estadísticos se transformó todos los datos obtenidos a un mismo peso en barra de 100g, y se comparó cinco formulaciones de cada materia prima por cada componente nutricional, otra investigación importante que sirvió para el desarrollo de este proyecto de investigación fue Casamen & Soto (2015), de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la tesis titulada: alternativas para la industrialización de barras energéticas a partir de la quinua (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y chía (*Salvia hispanica* L.) con tres tipos de jarabes: miel de agave, miel de abeja y glucosa en los laboratorios académicos de la carrera de ingeniería agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2015. Se obtuvo como resultado del análisis organoléptico a los distintos tratamientos donde se evaluó el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad, esta encuesta se realizó a 100 estudiantes de la Unidad Educativa Alejandro Dávalos Calle. Con los datos obtenidos se realizó la tabulación en el programa estadístico Infostat y Excel aplicando un esquema de análisis de varianza con el diseño de bloques completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial de 3\*3. Dando como resultado los tres mejores tratamientos como son, t6 (a2b3) Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y glucosa, t5 (a2b2) Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) miel de abeja, t2 (a1b2) Quinoa (*Chenopodium quinoa*) miel de abeja.

## Conclusiones

- El diseño de barras energéticas enriquecidas con cereales andinos ofrece un producto final nutricionalmente valioso al combinar cuidadosamente cereales andinos con otros ingredientes ricos en vitaminas, minerales y antioxidantes.
- La optimización de los procesos de producción de las barras energéticas implica perfeccionar las diversas fases de fabricación, que van desde la elección de las materias primas hasta las técnicas de procesamiento y conservación, asegurando así la eficiencia y la calidad del producto final.
- Se espera la obtención de un producto final apto para la comercialización que será lanzado en el mercado, ofreciendo posibilidades para el emprendimiento tanto entre los estudiantes como dentro de la comunidad académica.
- Investigaciones científicas respaldan las características funcionales de las barras energéticas enriquecidas con cereales andinos, evidenciando su valor nutricional, capacidad antioxidante y contribuciones positivas para la salud.
- Las barras energéticas que incorporan cereales andinos ofrecen una opción nutricionalmente valiosa y saludable, ayudando a abordar la carencia de alimentos

nutritivos en un entorno donde la ingesta de cereales andinos ha experimentado una reducción.

- Los logros científicos y tecnológicos alcanzados en el transcurso del proyecto no solo proporcionarán beneficios internos, sino que también serán compartidos con la comunidad académica y la industria gastronómica.
- A través de evaluaciones sensoriales, se logró estandarizar recetas y procesos, además de realizar un cálculo calórico preciso para las barras energéticas elaboradas con quinua, amaranto, cebada y avena.
- La investigación subraya la relevancia de las barras energéticas enriquecidas con cereales andinos como opciones nutricionales saludables y prácticas para combatir la desnutrición y fomentar una alimentación equilibrada.
- Se encontraron antecedentes significativos en investigaciones previas sobre el diseño de barras energéticas a base de cereales andinos, proporcionando información valiosa para el desarrollo y la mejora continua de este tipo de productos

### **Conflicto de intereses**

No existe un conflicto de intereses

### ***Referencias Bibliográficas***

- Alfaro, N., & Flores, B. (2007). *Unidad didáctica: nutrición en el ciclo de la vida*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP/OPS. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/barritas.htm>.
- Aponte Martínez, E. M. (2022). *Desarrollo de una barra energética a partir de cultivos andinos: Quinoa (Chenopodium quinoa), Avena (Avena Sativa) y Amaranto (Amaranthus Caudatus L)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36524>
- Asociación Mexicana del Amaranto. (2006). *Amaranto, el mejor alimento de origen vegetal*. <http://www.amaranta.com.mx>
- Becerra, R. (2005). *El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo*. [http://www.conabio.go.mx/institucion/conabio\\_ espanol/doctos/amaranto.html](http://www.conabio.go.mx/institucion/conabio_ espanol/doctos/amaranto.html)
- Bupa, (2021). *Carbohidratos: la importancia de consumirlos y como elegir los correctos*. <https://www.muysaludable.cl/>
- Casamen, L., & Soto, G. (2015). *Alternativas para la industrialización de barras energéticas a partir de la quinua (Chenopodium quínoa), amaranto (Amaranthus hypochondriacus) y chía (Salvia hispánica L.) con tres tipos de*

- jarabes: miel de agave, miel de abeja y glucosa* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga].  
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2639>
- Doe, M. (2020). Tendencias actuales en el diseño de barras energéticas. *Revista de Nutrición y Diseño de Alimentos*, 15(3), 45-58.  
<https://www.redalyc.org/journal/5722/572269616004/html/>
- Castronuovo, L., Tiscornia, M. V., Gutkowski, P., & Allemandi, L. (2019). Obstáculos y facilitadores percibidos para el consumo de frutas y verduras: estudio cualitativo. *Revista Argentina de Salud Pública*, 10(41), 14-21.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-810X2019000400014&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-810X2019000400014&lng=es&tlng=es).
- Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos [INEC]. (2010). *Ecuador en cifras*.  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censos/#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Censo%202010%2C%20Ecuador,11%2C7%25%20en%202010>
- Jara, J (2022). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de barras energéticas a base de quinua (Chenopodium quínoa) y semilla de chía* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Lima, Lima Perú].  
<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/15793>
- Luna, P. (2021). *Barras energéticas a base de cereales* [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba].  
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15527>
- Marroquín Santamarina, C. A. (2012). *Formulación y aceptabilidad de barras de amaranto para población escolar* [Tesis de licenciatura, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, Guatemala].  
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/09/15/Marroquin-Cecilia>
- Martínez Agustín, O., & Martínez de Victoria, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 01-14.  
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112006000500002&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500002&lng=es&tlng=es).
- Martínez García, R. M., Jiménez Ortega, A. I., López Sobaler, A. M., & Ortega, R. M. (2018). Estrategias nutricionales que mejoran la función cognitiva. *Nutrición Hospitalaria*, 35(6), 16-19. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.2281>
- Smith, J. (2018). Tendencias que guiarán las características de las barras nutritivas. *Revista The food tech*. <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/estas-son-las-tendencias-que-guiaran-las-caracteristicas-de-las-barras-nutritivas/>

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



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 Alfa Publicaciones**.





#### Indexaciones



# Análisis jurídico crítico sobre el procedimiento criminalístico en el levantamiento de evidencias: delito de robo con resultado de muerte

*Critical legal analysis of the criminalistics procedure in collecting evidence: crime of robbery resulting in death*

- <sup>1</sup> **Ciro Bernardo Mendoza Mendoza**  <https://orcid.org/0000-0001-5228-3063>  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca Ecuador  
[Ciro.mendoza.28@est.ucacue.edu.ec](mailto:Ciro.mendoza.28@est.ucacue.edu.ec)
- <sup>2</sup> **Julio César Inga Yanza**  <https://orcid.org/0000-0002-4852-7501>  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca – Ecuador  
[jinga@ucacue.edu.ec](mailto:jinga@ucacue.edu.ec)



## Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/01/2024

Revisado: 15/02/2024

Aceptado: 05/03/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.470>

## Cítese:

Mendoza Mendoza, C. B., & Inga Yanza, J. C. . (2024). Análisis jurídico crítico sobre el procedimiento criminalístico en el levantamiento de evidencias: delito de robo con resultado de muerte. AlfaPublicaciones, 6(2), 86–111.  
<https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.470>



**ALFA PUBLICACIONES**, 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://alfapublicaciones.com>

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 Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras**

**claves:**

robo, crimen,  
muerte,  
evidencias,  
indicio,  
levantamiento  
erróneo  
(UNESCO  
Thesauro)

**Keywords:**

robbery, crime,  
death,  
evidence,  
indication,  
erroneous  
survey  
(UNESCO  
Thesaurus)

**Resumen**

**Introducción:** la criminalística es una ciencia auxiliar del derecho penal, a la cual se le ha dado diferentes denominaciones y varios conceptos de acuerdo con las escuelas que se han dedicado a su estudio, bajo este precepto se puede decir que la criminalística es una ciencia auxiliar del derecho penal que se encarga del reconocimiento, especificación y evaluación de los indicios recogidos en el lugar de los hechos. **Objetivos:** en la presente investigación se realizó un análisis crítico jurídico sobre los errores de los auxiliares de justicia en el delito de robo con muerte al momento de levantar los indicios en la escena del hecho en el Ecuador. **Metodología:** la investigación presenta un enfoque cualitativo, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica, asimismo, se utilizaron los métodos analítico - sintético, inductivo - deductivo, histórico – lógico y dogmático, además de las técnicas de revisión bibliográfica. **Resultados:** luego del análisis crítico se justificó que, si bien es cierto el personal de criminalística son los auxiliares de la justicia y mediante su trabajo ayudan a descubrir el camino a la verdad de los hechos sucedidos, sin embargo, en la realidad cometen muchos errores que pasan factura dentro de un proceso judicial llegando inclusive a la anulación de una prueba que puede llegar a ser de vital importancia para la realización de la justicia. **Conclusiones:** es necesario que el personal de criminalística se encuentre con sus conocimientos actualizados, con nuevas técnicas para realizar el levantamiento de evidencias en la escena de los hechos, realizar de manera adecuada los procedimientos de cadena de custodia, empezando con el levantamiento de evidencias, embalaje, transporte y análisis. **Área de estudio general:** Derecho. **Área de estudio específica:** Derecho Procesal.

**Abstract**

**Introduction:** Criminalistics is an auxiliary science of criminal law, which has been given different names and several concepts according to the schools that have been dedicated to its study, under this precept it can be said that criminalistics is an auxiliary science of criminal law that is responsible for the recognition, specification and evaluation of the evidence collected at the scene of the facts. **Objectives:** In this research, a critical legal analysis was carried out on the errors of the judicial assistants in the crime of robbery with

---

death at the time of collecting the evidence at the scene of the event in Ecuador. **Methodology:** the research presents a qualitative approach, an exhaustive bibliographic review was carried out, as well as analytical-synthetic, inductive-deductive, historical-logical and dogmatic methods, in addition to bibliographic review techniques. **Results:** after the critical analysis, it was justified that, although it is true that criminalistics personnel are the auxiliaries of justice and through their work they help to discover the path to the truth of the events that occurred, however, in reality they make many errors that take their toll within a judicial process, even reaching the annulment of a test that can become of vital importance for the realization of the investigation. justice. **Conclusions:** It is necessary for criminalistics personnel to have their knowledge updated, with new techniques to carry out the collection of evidence at the scene of the facts, to adequately carry out the chain of custody procedures, starting with the collection of evidence, packaging, transport and analysis. **General Area of Study:** Law. **Specific area of study:** Procedural Law.

---

## Introducción

La criminalística es una ciencia auxiliar del derecho penal, a la cual se le ha dado diferentes denominaciones y varios conceptos de acuerdo a las escuelas que se han dedicado a su estudio, bajo este precepto se puede decir que la criminalística es una ciencia auxiliar del derecho penal que se encarga del reconocimiento, especificación y evaluación de los indicios recogidos en el lugar de los hechos, este procedimiento permite que el personal de criminalística denominados peritos se encarguen de realizar las actividades necesarias para llegar a la verdad de los hechos.

Hans Gros (1900), define a la criminalística como el “Arte de la instrucción judicial fundada en el estudio del hombre criminal y los métodos científicos de descubrir y apreciar las pruebas” es decir el autor refiere que la criminalística es un auxiliar de la administración de justicia, cuyo estudio tiene su fundamento en la persona que delinque, y la función de recabar información relevante que servirá como medios de prueba en un juicio penal.

En la actualidad la criminalística y la criminología van de la mano con el actuar del órgano rector de la investigación penal pues, cuando se comete un delito en este caso un robo con resultado de muerte, al momento de poner la denuncia en fiscalía, se abre una fase de investigación, asignando así un fiscal para que éste pueda iniciar con las diligencias



necesarias con la finalidad de recabar pruebas de cargo como de descargo para establecer la responsabilidad penal y el grado de participación del acusado.

Durante este proceso, si bien es cierto el Código Orgánico Integral Penal determina que fiscalía es el titular de la acción penal, pues para recabar pruebas suficientes y determinar la responsabilidad de la persona, requiere del auxilio de órganos administrativos quienes se encargan de realizar el levantamiento de las evidencias dejadas por el causante en el lugar de los hechos (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Sin embargo, existe un problema al momento realizar estas diligencias investigativas, el personal de criminalística suele cometer una serie de falencias que en un juicio tiene graves consecuencias llegando incluso a que el victimario sea ratificado como inocente dejando en la impunidad a la víctima, justamente por la falta de observancia de los protocolos que se deben seguir para levantar, preservar y analizar una evidencia que puede ser relevante en el juicio penal.

Por lo que es de vital importancia capacitar constantemente al personal encargado de realizar dichas diligencias para que puedan tener pleno conocimiento del manejo de los procedimientos de las evidencias, con la finalidad de evitar nulidades procesales en el juicio penal, ayudando de esta forma a que se haga justicia con la víctima en el caso de que el acusado resulte culpable o que se ratifique el estado de inocencia de una persona que no es culpable. Cabe recalcar que el Ecuador es un país democrático y sobre todo garantista de los derechos humanos, así como del respeto por las garantías del debido proceso.

Por tanto, la profesión y el quehacer científico menciona Guzmán (1997), que están dirigidos al reconocimiento, individualización, evacuación de la evidencia física, por medio de la aplicación de las ciencias naturales, en cuestiones legales con respecto a este procedimiento existe una deficiente manipulación y recolección de evidencias, pesquisas, ubicación y fijación de evidencias, de los vestigios encontrados en la escena del crimen.

Ante la problemática planteada es necesario contar con una política pública que ayude al personal de criminalística a mejorar estos procesos administrativos, actualizar sus conocimientos y adquirir destrezas actualizadas para realizar dichas actividades de manera eficiente que permitan presentar al juzgador pruebas idóneas y eficaces que demuestren sin lugar a duda la responsabilidad, participación y autoría de la persona acusada.

#### *Marco teórico*

La violación del ordenamiento jurídico mediante la comisión de delitos está considerada como un hecho que tiene gran trascendencia en la sociedad, llegando inclusive a poner en crisis a las instituciones estatales, tal como lo estamos viviendo en la actualidad.

El delito ha sido castigado desde la época griega, pasando por la romana hasta nuestros tiempos, siendo este la única razón para que el Estado a través de sus instituciones pueda imponer sanciones incluso que lleguen a privar de la libertad a una persona, en este sentido, varios autores se han dedicado al estudiar el delito, para entender sus inicios, causas, factores entre otros, con la finalidad de poder brindar apoyo a quienes delinquen.

Hay que tomar en consideración que en el Ecuador desde la promulgación de la última Constitución 2008 misma que se encuentra materializada de Derechos Constitucionales, la normativa en especial la penal también está diseñada bajo los derechos constitucionales, por tanto, determina una justicia restaurativa, en la cual el delincuente pueda ser rehabilitado y reinsertado en la sociedad para que no vuelva a delinquir.

Sin embargo, es notorio que día a día la delincuencia avanza y cada vez con más fuerza, por tanto, es necesario que el Estado se refuerce para que continúe tomando el control en las calles asegurando de esta manera el orden y la paz social, pero ¿qué sucede cuando a pesar de estos controles se cometen delitos?, pues al tener el Estado conocimiento de la violación de bienes jurídicos que están protegidos por la Constitución y las leyes, activa su contingente judicial para que se proceda con la investigación de los hechos denunciados.

Aquí Fiscalía juega un rol de suprema importancia ya que tiene en sus manos el descubrir la verdad y para ello es necesario contar con personal auxiliar que contribuyan a través de sus conocimientos con el esclarecimiento de la verdad, en esta parte entra en contexto la criminología y la criminalística.

#### *Definición de criminalística*

La criminalística, así como las ciencias forenses nace a finales del siglo XVII, fundamentados en la frase que dice todo contacto deja un rastro, dicha frase los forenses la han catalogado como una regla de la investigación técnico científica, la misma que depende del perito investigador para encontrar los rastros que dejan las personas en la escena de los hechos, pasando a determinar cómo sucedieron los hechos y quien es el responsable o responsables de la comisión del delito.

Tanto la criminalística como la criminología son ciencias auxiliares del derecho penal, las mismas que permiten la evolución del derecho y obtener resultados más eficientes y precisos mediante la presentación de pruebas necesarias y concluyentes para demostrar la culpabilidad de la o las personas que están siendo acusadas de un delito, en el caso que se procederá a analizar en esta investigación es el delito de robo con resultado de muerte.

Hay que tomar en consideración que en el derecho procesal penal se rige por los principios de objetividad e in dubio pro-reo, estos principios dependen el uno del otro en caso de existir alguna duda sobre la responsabilidad del acusado en el cometimiento del delito.

Hay que considerar que el juzgador no tiene conocimiento previo de los hechos suscitados, sino que las partes exponen sus teorías debidamente fundamentadas para que el juzgador pueda emitir su pronunciamiento ya sea declarando la culpabilidad de la persona o personas o ratificando su inocencia sin ninguna duda razonable, sino en base a la certeza que generan las pruebas evacuadas en la etapa de juicio, y estas pruebas en la mayor parte se obtienen de las ciencias auxiliares como es la criminología y la criminalística.

A continuación, se procederá a separar los términos de criminología y criminalista para entender de mejor manera el quehacer de cada una de estas áreas, y cuáles son sus funciones frente a cada momento, durante el proceso de investigación.

Con respecto a la criminalística, la Real Academia Española, define a la criminalística como: “Estudio de indicios de un hecho criminal con el fin de determinar todos los datos posibles relativos a la víctima o a las circunstancias del crimen”. En función de esta definición se puede manifestar que la criminalística es una ciencia auxiliar del derecho que trabaja en conjunto con la fiscalía general del Estado.

Edmond Locard (2010), considerado el padre de la criminalística conceptualiza a esta ciencia como la investigación de la prueba del delito, mediante el establecimiento de las pruebas indiciarias y la agrupación de las nociones en un cuerpo de doctrina.

Analizando los conceptos emitidos por los autores referidos, se puede indicar que es una disciplina técnico científica, jurídica y metodológica que mezcla las diferentes áreas científicas que pueden ser aplicadas a la investigación delictiva.

La importancia que tiene la criminalística en el ámbito investigativo radica en la decisiva contribución para esclarecer la verdad en la investigación del delito. Es así como esta calidad de la criminalística hace de esta rama un instrumento muy valioso e inobjetable para quienes la utilicen, por lo que es necesario no descuidar los avances tecnológicos y académicos sobre esta materia.

Por otro lado, es necesario mencionar que la criminalística no solo se dedica al estudio del ser humano sino todos indicios y evidencias dejadas por el delincuente en la escena de los hechos, en este sentido, la criminalística considera no solo los métodos que dilucidan las causas de la perpetración de los hechos sino también la individualización de los autores (Burgos, 1994).

Ahora bien, es necesario recalcar la diferenciación entre el trabajo de campo y el trabajo técnico, por tanto, la criminología cuenta con los conocimientos metodológicos y técnicos que aportan al estudio evidencias científicas sobre un hecho delictivo, así como a los presuntos autores del delito.

Por otro lado, la criminología según Cesare Lombroso, expresa que es una ciencia multidisciplinaria que se dedica al estudio del delito, la victimización y la justicia penal, desde este precepto no se entiende a la criminología como una ciencia sino más bien como una combinación de otras ciencias.

Ahora bien, en función de lo anotado anteriormente, la criminalística tiene como sujeto al perito o técnico en criminalística denominado criminalista, el desarrollo de estas actividades está a cargo del personal de la Policía Judicial toda vez que esta institución cuenta con el personal preparado académicamente y con la formación profesional para el desarrollo y ejecución de estas actividades.

Es así como el profesional que realiza la labor de la criminología es un criminólogo, quien debe contar con una preparación con respecto a las ciencias sociales tales como: la antropología, sociología y la psicología. A continuación, se procederá a desarrollar cada una de las ciencias que tiene directa relación con la criminología.

#### *Antropología criminal*

La antropología criminal está relacionada directamente con la criminología, pero también de la antropología en general, esta ciencia se dedica al estudio de los factores relacionados con la actividad criminal de cierto grupo de personas.

De acuerdo con la definición de la Real Academia Española (RAE, 2023), la antropología forense es el “conjunto de ciencias que estudian los aspectos biológicos, culturales y sociales del ser humano. Por tanto, la antropología forense utiliza recursos que le son proporcionados por otras disciplinas con respecto a la biología, la cual que ofrece una solución a los problemas correspondientes a la medicina legal, la misma que se dedica al estudio de restos óseos por orden judicial para determinar la identidad de la o las víctimas y la causa de muerte, cuando no es posible su identificación a simple vista, por ejemplo, se aplica en personas que han fallecido hace mucho tiempo.

En este sentido se puede manifestar que la antropología criminal se dedica al estudio de fenómenos antisociales, desde una mirada biológica y social desde la criminología, por tanto se puede decir que la antropología se divide en dos campos: física y social o cultural, mismas que se preocupan de la forma en que los criminales viven en sociedad, su adaptación, en otras palabras como evolucionan, su cultura y costumbres (Especialistas en criminología y derecho penal, 2018).

En otras palabras, la antropología criminal investiga el desenvolvimiento y los factores biológicos que están relacionados con el origen de la personalidad antisocial como causas persistentes en la sociedad, pueden ser por conductas heredadas, o adquiridas.

Por tanto, los peritajes que se realizan en el ámbito de la antropología biológica y social permiten que los profesionales encargados de estas pericias perfeccionen las técnicas de identificación ya existentes dando paso al desarrollo de nuevas técnicas, es necesario mencionar que esta ciencia es muy poco desarrollada en el Ecuador, no así en otros países como México, Argentina, que se han dedicado al estudio de la antropología biológica y social.

### *Sociología criminal*

Según la definición de la Real Academia Española en adelante (RAE, 2023), es la “Rama de la sociología general que estudia el delito como una conducta desviada, sus causas, forma, desarrollo, efectos y su relación con otros hechos sociales, para poder detectar conductas sociales que pueden ser delictivas, asimismo la RAE nos presenta otra definición más sintetizada y manifiesta que “Analiza los factores de criminalidad tanto en forma descriptiva como explicativa” (RAE, 2023).

Por lo manifestado la sociología criminal se centra en el estudio de la conducta del individuo, causas, desarrollo, efectos y su relación con hechos sociales para detectar dichas conductas delictivas, es decir procede a analizar de manera descriptiva como explicativa la esencia misma del criminal. Es necesario mencionar que el crimen existe junto con la humanidad, así tenemos el caso bíblico de Caín y Abel.

Por otro lado, tomando el pensamiento de Ferri, considera que la sociología criminal se encarga de estudiar todas aquellas manifestaciones que presenta la criminalidad, con la finalidad corregir conductas delictivas con miras a su desaparición.

### *Psicología criminal*

Es otra rama de la criminología, la misma que se ocupa de descubrir raíces sociales e interpersonales de las conductas delictivas, cuyo objetivo es la mejora de técnicas de rehabilitación y prevención de los delincuentes (Universitat Carlemany, 2024). Es una disciplina que está en constante evolución debido a los avances de la ciencia médica basada en el ser humano quien a través de la aplicación de técnicas adecuadas brindan información nueva y relevante para entender el actuar criminal y partiendo de este descubrimiento brindar un tratamiento eficaz para su rehabilitación.

La psicología criminal está íntimamente ligada con la salud mental de los individuos, que estudia la relación entre el crimen, la ley y los intentos de modificar una conducta que puede considerar como criminal, mediante la aplicación de las herramientas que brinda la psicología.

Por lo antes mencionado se puede decir que la psicología criminal es aplicada en diferentes campos, pero especialmente en el ámbito jurídico tales como en los juzgados,

centros penitenciarios, fiscalías, esto con la finalidad de identificar o medir la intencionalidad con el que se procedió a cometer el crimen. De esta forma también el juzgador podrá entender o tener una medida de la intencionalidad o dolo con la que actuó el delincuente, por otro lado, esta área aplicada desde un centro penitenciario lo que permite es brindar ayuda al criminal para que pueda ser rehabilitado satisfactoriamente.

Ahora bien luego de haber analizado lo que son las ciencias auxiliares y su importancia para el quehacer de la justicia, es importante mencionar que existen manuales que rigen el trabajo de los peritos en los diferentes campos de la criminología y la criminalística, el conocimiento y dominio de los mismos permiten que la labor pericial sea exitosa y eficiente y permita tener los suficientes elementos probatorios para comparecer ante un juicio penal y en este caso el fiscal al ser el titular de la acción penal pública pueda fundamentar y demostrar su acusación ante el tribunal penal.

#### *Perito*

Cabanellas (2012), define al perito como el especialista, conocedor, práctico o versado en una ciencia, arte u oficio. Quien posee título estatal de haber hecho determinados estudios o de poseer experiencia en una rama del conocimiento o en una actividad cualquiera. En otras palabras, un perito es una persona experta en un área o ciencia del cual se deriva la palabra perito judicial hablando ya dentro del ámbito judicial.

En este sentido Cabanellas (2012), en su diccionario manifiesta que perito judicial es quien interviene en el procedimiento civil, penal o de otra jurisdicción, como la persona “que, poseyendo especiales conocimientos teóricos o prácticos, informa, bajo juramento, al juzgador sobre puntos litigiosos en cuanto se relacionan con su especial saber o experiencia” (p. 360). Entonces, el perito judicial es la persona experta que tiene autorización judicial para realizar actividades de experticia con la finalidad de esclarecer mediante su opinión temas legales de acuerdo con la materia en litigio.

#### *Pericia*

La pericia es la actividad que realiza el perito sobre información contenida en informes médicos, sobre la humanidad de las personas, sobre las víctimas con la finalidad de determinar cierta información relevante que permita entender cómo sucedieron los hechos, como son: la hora de la muerte de una persona, el objeto que causó la muerte, quien causó la muerte, cual fue el móvil para cometer el crimen.

Esta información por ejemplo la puede determinar un médico forense, que se encuentre debidamente autorizado como perito para realizar dichas diligencias las cuales serán documentos informativos tanto para el Ministerio Fiscal como para los juzgadores en un juicio, los cuales contendrán información relevante para determinar la situación jurídica del acusado o procesado.

En este orden de ideas, los peritajes son realizados por personal altamente capacitado en el área de criminalística, quienes llegan a la escena del crimen y, todo lo encontrado y verificado lo trasladan a un informe donde aportan su conocimiento experto, técnico y científico, pues su opinión será relevante para la evaluación del caso por parte del Juez o las partes, con la finalidad de ayudar a poseer conocimientos suficientes para dictar una sentencia.

En el Ecuador, quien realiza estas actividades periciales es la Policía Judicial, quienes cumplen acciones técnicas y científicas de investigación, analizando y realizando peritajes de los indicios, huellas, rastros o señales de evidencia de la comisión de un delito.

La Policía Judicial es la encargada de realizar estudios e investigaciones mediante la aplicación de técnicas procedimentales para identificar a las personas involucradas en un delito (víctima y victimario), los objetos, sustancias y materiales relacionados con el mismo, entregando los suficientes elementos de convicción que sustenten la acusación fiscal, permitiendo afianzar los fallos y decisiones por parte de la administración de justicia.

En este aspecto es necesario recalcar la falta de preparación de los auxiliares de justicia, toda vez que durante su labor se cometen errores y omisiones al manipular cualquier indicio, en la recolección, embalaje y rotulación de los elementos materia de prueba o evidencia que se remiten a los laboratorios o bodegas en donde se custodian las evidencias.

Estos errores de descuido o de desconocimiento, generan graves consecuencias en la recolección de información como resultado del estudio de cada indicio para llegar a descubrir la verdad, pues la mala manipulación, el mal embalaje o mala custodia de estos hace que rompa la cadena de custodia lo que hace que se invalide la información recabada y las consecuencias de esos errores puede dejar a un culpable en la impunidad y no dar una respuesta justa a la víctima.

La Policía Judicial también son servidores o representantes del Estado, por lo que es éste quien debe proveer todos los recursos para que puedan realizar su trabajo, para ello es necesario contar con personal idóneo con el conocimiento académico y técnico para realizar las recolección de evidencias así como su estudio respectivo, para ello es necesario contar con insumos reactivos, herramientas adecuadas para la labor criminológica, así como los equipos necesarios para el estudio de cada evidencia.

Frente a la indiferencia del Estado para reforzar a estas instituciones resulta muy difícil el trabajo pericial, lo que puede ser una causa para las deficiencias periciales que muchas veces se evidencian en juicio, generando que fiscalía se quede sin pruebas relevantes que

en la mayoría de los casos son relevantes para demostrar la participación o responsabilidad del procesado.

Frente a lo manifestado es necesario tener conciencia de lo importante y trascendente que es el trabajo de la Policía Judicial, toda vez que son auxiliares de la justicia para llegar a descubrir la verdad ya que de ellos depende la obtención de informes relevantes que sirven de material para una acusación fiscal.

Cuando ocurre un delito con resultado de muerte es necesario que el personal de primera respuesta que es la Policía Nacional, tengan el conocimiento previo para que puedan preservar la escena del crimen, sin embargo, desde ahí se cometen falencias toda vez que deben tener precaución para no alterar la escena del crimen especialmente cuando esta ocurre en lugares abiertos, hasta que llegue el personal de criminalística para hacer las diligencias pertinentes en cuanto al levantamiento del cadáver, evidencias, indicios entre otros.

#### *Cadena de custodia*

Se define a la cadena de custodia como un conjunto de procedimientos que garantizan la adecuada preservación de los indicios encontrados en el lugar de los hechos, durante el proceso de investigación desde la recolección hasta la valoración pro parte de la autoridad competente (Romero, 2010), bajo este criterio la cadena de custodia es un procedimiento que garantiza la individualidad, preservación y seguridad de los materiales, evidencias que se han recolectados y destinados a la investigación de un hecho delictivo.

Por lo antes expuesto, se debe mencionar que las características con las que cuenta la cadena de custodia son:

1. El control,
2. Seguridad y
3. Medidas de preservación.

#### *Control*

En este sentido, el control se relaciona con la identificación, individualización de los indicios, evidencias con la finalidad de asegurar un seguimiento minucioso, así como, el registro de los procesos de entrega y recepción de las evidencias.

#### *Seguridad*

Asimismo, se puede decir que la seguridad permite determinar medidas físicas y administrativas que sean necesarias para el cuidado de los indicios o evidencias recolectadas.



### *Medidas de preservación*

Las medidas de preservación permitirán garantizar la protección de las pruebas mediante la aplicación de procedimientos para evitar que se contaminen o destruyan por un mal manejo tratamiento de estas o ya sea por un inadecuado almacenamiento de las evidencias.

Por lo antes mencionado se resalta la importancia de un adecuado manejo de la evidencia o indicios por parte del personal de criminalística, para de esta manera no romper la cadena de custodia o que los elementos recabados se destruyan o puedan ser contaminados debido a una falta de observancia de los rigurosos procesos para su conservación.

En el siguiente tema se procederá a analizar de manera más amplia lo que es el delito de robo con resultado de muerte, figuras legales contempladas en el COIP, las mismas que en caso de llegar a cometerse tienen una sanción con pena privativa de libertad.

Cabe destacar que en este caso el personal de criminalística trabaja juntamente con la fiscalía cuyo trabajo es en el lugar de los hechos, en donde el delincuente deja huellas e indicios que con un análisis minucioso y adecuado se obtendrá información verídica sobre cómo sucedieron los hechos

### *Delito de robo con causa de muerte*

Es importante desarrollar lo que es el robo hasta llegar al resultado de muerte que muchas veces ocurre como consecuencia de llevar a cabo el hecho delictual. En este sentido el Código Orgánico Integral Penal en adelante COIP, define al delito de robo en el artículo 189 como: “La persona que mediante amenazas o violencias sustraiga o se apodere de cosa mueble ajena, sea que la violencia tenga lugar antes del acto para facilitararlo, en el momento de cometerlo o después de cometido para procurar impunidad” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Por tanto, el robo se da cuando una persona utiliza la fuerza en las cosas para apoderarse de lo que no le pertenece, en cambio en las personas se ejerce violencia, y es ahí donde el resultado puede ser la muerte de la víctima, en este aspecto el COIP, en el inciso sexto describe que si a “consecuencia del robo se ocasiona la muerte, y a continuación señala cual es la sanción por privar de la vida a una persona, por tanto el mismo código ibidem determina que la pena privativa de libertad será de 22 26 años (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Es así como el hecho se subsume al delito más grave y se juzga a la persona en este caso por la muerte ocasionada a la persona, ya que más si realizamos una ponderación de derecho vale más la vida que la propiedad, es por ello por lo que incluso el COIP,

determina una sanción más grave por la violación del bien jurídico protegido como es la vida (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

En el caso de que ocurre la muerte de una persona el lugar donde ocurre toma el nombre de escena del crimen, y es en este momento donde los peritos quienes se había explicado que son personal de la Policía Judicial que cuentan con el conocimiento experto para realizar actividades periciales mismas que permitirán recopilar evidencia, indicios, que en lo posterior se convertirán en pruebas fehacientes que servirán para demostrar la veracidad de los hechos, así como, la responsabilidad individualizada del o los causantes del hecho.

Ahora bien, en esta fase de recopilación y recolección de indicios, evidencias, muestras entre otros; por tanto, el proceso de investigación debe ser concordante con los principios constitucionales, derechos y el debido proceso, para lo cual el personal cuenta con manuales técnicos de investigación, instructivos, los cuales permiten un manejo eficiente para la conservación técnico científica de los indicios e información que se puede obtener de cada área y proceso que resulte de la investigación penal (Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2022), pero no únicamente en el tema de recolección y análisis de evidencia e indicios, sino también constituye un manual en el tema de derechos que se activan cuando una persona es detenida para comparecer ante la justicia, sin embargo, el desconocimiento hace que se cometan demasiados errores, teniendo como consecuencia grave la impunidad del delincuente.

Para entender mejor lo manifestado en el párrafo anterior, se ejemplificará como muchas veces el descuido o desconocimiento de los procedimientos técnico-forenses puede dar paso a que una persona que es culpable quede libre, el 28 de diciembre de 2023, un ciudadano extranjero de nacionalidad china atentó contra la vida de un sacerdote en la Ciudad de Cuenca, se procedió con la respectiva denuncia.

Sin embargo, al momento de la detención del ciudadano extranjero el personal encargado de realizar su detención no consideró que debían leerle sus derechos en su lengua natal, así como informar a la embajada de su país sobre su situación legal, lo que pudo ocurrir por olvido, desconocimiento o descuido del personal técnico (Extra.ec, 2024).

Como se puede observar en el presente ejemplo no se observaron las garantías del debido proceso, así como los manuales procedimentales para la realización de este procedimiento, lo que dio lugar a que se declare la violación de sus derechos constitucionales y se califique la detención como ilegal quedando así en libertad.

Es por ello, la necesidad de realizar capacitaciones constantes al personal técnico de la Policía Judicial, para que al realizar el levantamiento de evidencias e incluso observar los procedimientos a seguir para no alterar la cadena de custodia, aspecto en el cual también

se cometen demasiados errores, lo puedan realizar con la debida diligencia, realizando un trabajo minucioso y sobre todo respetar y aplicar las normas de prevención para evitar contaminar la escena del crimen así como preservar las evidencias hasta que se realicen todas las diligencias pertinentes para generar información relevante que lleve a la verdad de los hechos y no quede en la impunidad un caso por no haber observado y aplicado de manera correcta el procedimiento para la realización de dichas actividades forenses.

Al mismo tiempo se considera importante que dicho personal deba ser evaluado constantemente sobre sus conocimientos, para que de esta manera se mantengan actualizados en sus conocimientos, y no se limiten únicamente a realizar su trabajo con los limitados conocimientos que poseen, o en su defecto que por la falta de recursos no cuentan con todo el contingente material para proceder con su trabajo, es por ello que el Estado a través de sus organizaciones estatales deben prestar mayor atención y destinar los recursos necesarios para tener una Policía Judicial eficiente y con la capacidad de realmente ser un auxilio de la justicia.

En este orden de ideas, es menester considerar que no se pueden aplicar los mismos conocimientos y técnicas en todos los delitos, ya que son muy diferentes a un delito de muerte frente a un delito de secuestro o en un accidente de tránsito, para ello existen técnicas y procedimientos dirigidas a cada uno de los delitos existentes, sin embargo, el análisis y recolección de información para determinar la veracidad de los hechos pueden ser técnicas similares, pero no iguales.

### *Tipicidad*

El COIP, en el artículo 25 define lo que es la tipicidad en el siguiente sentido: “Los tipos penales describen los elementos de las conductas penalmente relevantes. Por tanto, la tipicidad no es más que la subsunción de los hechos al tipo penal (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

Autores como Molina (1995), manifiesta que la tipicidad es el primer elemento del delito, por lo que supone la puesta en peligro de un bien jurídico protegido, por ende, si en la tipicidad no se cumplen los elementos descritos, se estaría al frente de una atipicidad de la conducta. En otras palabras, la acción que viola una norma, por otro lado, debe reunir elementos que se adecuen en las figuras penales descritas en el COIP (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

En este sentido Zaffaroni (1981), expresa que la tipicidad como elemento del delito es un tema penal, por tanto, la función de la tipicidad es la individualización de las conductas que pueden encajar en un delito, este elemento únicamente se encuentra dentro de la ley penal en consecuencia el tipo es la conexión legal entre el delito y la conducta.

A continuación, se procederá a analizar dos sentencias en las cuales se incurrió en errores periciales, cuyas consecuencias fueron relevante dentro de un juicio oral.

*Fichas de observación*

**Tabla 1**

*Análisis caso por falsificación de documento privado y de uso doloso tipificado en el artículo 340 y 341 del Código Penal*

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| JUICIO:  | 056-2012                       |
| RECURSO:   | CASACIÓN                       |
| TRIBUNAL:  | SALA ESPECIALIZADA DE LO PENAL |
| <b>PRUEBAS PRACTICADAS EN AUDIENCIA</b>  |                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe de reconocimiento e informe pericial del lugar de los hechos</li> <li>• Reconocimiento de la evidencia (vehículo)</li> <li>• Informe pericial documentológico N° 045 (firmas testigos)</li> <li>• Informe pericial documentológico N° 011-2009 (firmas constantes en contrato de compra venta)</li> </ul> |                                |
| <b>VULNERACIONES INCURRIDAS POR EL TRIBUNAL A QUO</b>  |                                |
| Informe pericial de reconocimiento del lugar de los hechos realizado por los peritos Ab. Luis Toapanta Yaguar, quien no se presenta a rendir su testimonio en audiencia de juicio  |                                |
| Informe pericial de reconocimiento de la evidencia realizado por el perito Freddy Orquera Vega, quien no se presenta a rendir su testimonio en audiencia de juicio   |                                |
| <b>NORMATIVA LEGAL RESPECTO DE LA PRUEBA</b>   |                                |
| El artículo 454 numeral 1 inciso segundo del COIP, expresa que “Las investigaciones y pericias practicadas durante la investigación alcanzarán el valor de prueba, una vez que sean presentadas, incorporadas y valoradas en la audiencia ora de juicio (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).   |                                |
| Artículo 505 Testimonio de Peritos. - los peritos sustentarán oralmente los resultados de sus peritajes y responderán al interrogatorio y al contrainterrogatorio de los sujetos procesales.   |                                |
| <b>ILEGALIDAD DE LA PRUEBA</b>   |                                |
| De acuerdo con lo manifestado por la norma penal, en el presente caso no se presentan los peritos a rendir sus testimonios, por tanto, dichos documentos quedaron como meros informativos, por lo no se pudo justificar la materialidad de la infracción acusada.  |                                |
| Dichos documentos al no haber sido sometidos a contradicción e inmediación principios básicos en un juicio oral.   |                                |
| <b>CONSIDERACIONES DE LA SALA DE LO PENAL:</b>   |                                |
| Este error pericial y también por parte de fiscalía dio paso a que el Tribunal de la Sala Penal ratifique el estado de inocencia del acusado, por no haberse demostrado la falsificación de las firmas y uso de documento falso  |                                |
| Fuente: Corte Nacional de Justicia (2012)  |                                |

Como se puede evidenciar de la información contenida en la tabla de contenido, existió un descuido por parte de los peritos encargados de elaborar los informes tanto del reconocimiento del lugar de los hechos como del perito que realizó las pruebas grafológicas y documentológicas en las cuales se determinó que, si existió una falsificación de documentos, mismos que se hicieron uso para apropiarse de un vehículo.

Esta falta de comparecencia generó la nulidad de dichos informes por la falta de testimonio de los peritos, dejando sin prueba con la cual se podía demostrar que si existió la falsificación de firma y por ende documentos por lo que en función de este particular la Sala de lo Penal ratificó la inocencia del o los acusados, y posiblemente dejando en indefensión a la víctima o víctimas.

Es por ello, que es de vital importancia observar todos los procedimientos por parte del personal pericial con la finalidad de auxiliar a la justicia y otorgar hechos ciertos verídicos y probados sobre los hechos denunciados, para de esta manera otorgar al juez la verdad y que éste pueda hacer justicia sin dejar ninguna duda razonable sobre la culpabilidad de quien está siendo procesado.

Cabe mencionar que si bien es una sentencia que funge del año 2010, lo que se pretende demostrar es que los errores periciales han trascendido en el tiempo y hasta la actualidad se continúan cometiendo ciertos errores que dan paso a una declaratoria de vulneración de derechos y por ende ratificación del estado de inocencia de quien es acusado.

## Tabla 2

*Análisis caso por el delito de violación tipificado en el artículo 171 numeral 2 del COIP*

|   |  |
|---|--|
| JUICIO:   | 06310-2016-00114   |
| RECURSO:  | REVISIÓN   |
| TRIBUNAL:   | SALA ESPECIALIZADA DE LO PENAL, PENAL MILITAR, PENAL POLICIAL Y TRÁNSITO |
| <b>PRUEBAS PRACATICADAS EN LA AUDIENCIA</b>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Testimonio del perito / Informe pericial psicológico forense errado en metodología, técnica, fundamentación científica utilizada para su diseño y elaboración, y; conclusiones.</li></ul>   |  |
| <b>VULNERACIONES INCURRIDAS POR EL TRIBUNAL A QUO</b>   |  |
| Se considera que el informe pericial psicológico forense es un documento errado mas no falso. Sustentación de informe pericial psicológico forense en el cual no se ha justificado la metodología aplicada ni la técnica utilizada, mismo que ha sido debatido por tres peritos quienes han manifestado que la información de dicho informe no es suficiente para determinar la existencia del delito y la responsabilidad penal del acusado. |  |
| <b>NORMATIVA LEGAL RESPECTO DE LA PRUEBA</b>  |  |
| El artículo 658 numeral 3 del COIP, manifiesta “Si la sentencia se ha dictado en virtud de documentos o testigos falsos o de informes periciales malicioso o errados”   |  |
| El artículo 511 de la norma penal ya citada, expresa que “el informe pericial deberá contener como mínimo el lugar y fecha de realización del peritaje, identificación del perito, descripción y estado de la persona u objeto peritado, la técnica utilizada, la fundamentación científica, ilustraciones gráficas cuando corresponda, las conclusiones y la firma” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).                                   |  |

## Tabla 2

### *Análisis caso por el delito de violación tipificado en el artículo 171 numeral 2 del COIP (continuación)*

---

#### **ILEGALIDAD DE LA PRUEBA**

---

Se ha presentado el criterio de tres peritos expertos quienes coinciden con observaciones realizadas al informe pericial forense que ha sido elaborado por el perito que por sorteo de ley se le asignó dicha causa.

---

En este sentido tres peritos coinciden que:

1. la metodología no es una metodología forense sino clínica,
2. Se utilizó una prueba y metodología para medir la depresión que no ha sido contrastada con otras pruebas que es el estado de la ciencia, el estado del arte en el medio de los peritos establece que es necesario la existencia de una contrastación, un cruce de pruebas para determinar el estado de depresión y daño psicológico
3. Se ha aplicado de manera parcial, aislada, una metodología para la evaluación de la credibilidad del testimonio, que es el método CBCA, el cual forma parte de un protocolo muchas más amplio y que tiene varios componentes adicionales que no fueron aplicados por el perito.

Incluso manifiestan los peritos que aplicando el CBCA, no se ha establecido en el informe pericial cual es la razón que le permite al perito llegar a la conclusión de que la entrevista, la relación de los hechos realizada por la presunta víctima es altamente creíble, en función de 19n parámetros o criterios que debían aplicarse.

Dentro de la conclusión la perita asignada manifiesta que el testimonio de la víctima es altamente creíble, sin embargo, no se justifica en como la profesional llega a esa conclusión.

Por lo que en el presente informe se llega a cuestionar lo altamente creíble que hace constar en las conclusiones sin una justificación o fundamentación sustentable, haciendo que se considere un informe pericial psicológico forense errado.

---

#### **CONSIDERACIONES DE LA SALA DE LO PENAL:**

---

Se reconoce que el informe constituye un yerro, pero, no se considera como la única prueba sobre la que se sustenta la acusación, por tanto, una vez más se puede evidenciar que por la inobservancia de procedimientos o desconocimiento de técnicas, metodologías procedimientos que deben aplicarse se puede nulitar información de vital importancia para un juicio oral.

En el presente caso la Sala Especializada de lo Penal, Penal Militar, Penal Policial y de Tránsito declara la improcedencia del recurso de revisión interpuesto por el procesado.

Fuente: Corte Nacional de Justicia (2016)

---

En el presente caso, se cuestiona un informe pericial forense, toda vez que al momento de realizarlo no se observaron los requisitos que contempla el artículo 511, con respecto al informe pericial el cual deberá contener entre otros requisitos, la técnica utilizada, la fundamentación científica, ilustraciones gráficas cuando corresponda, las conclusiones, información que no se hizo constar en dicho documento pericial.

En su pronunciamiento la Corte Nacional manifiesta que los argumentos no están contruidos sobre hechos de prueba que puedan derrumbar la sentencia, por lo que el yerro del accionante con respecto al cuestionamiento de únicamente uno de todos los testimonios que constan dentro de los medios probatorios.

Una vez más queda demostrada la importancia dentro de un proceso penal de los informes periciales elaborados por expertos en cada materia, en el caso que se está analizando, profesional experta en el área de la psicología, quien, a través de sus conocimientos técnicos y científicos, utiliza métodos, técnicas para obtener la información verídica de los hechos, así como la elaboración de las conclusiones a las cuales se ha llegado con la aplicación de tales métodos.

Como conclusión se puede evidenciar que tanto con las directrices del Código Penal así como con el actual que es el COIP, se continua cometiendo errores periciales es por ello de vital importancia tener el conocimiento actualizado sobre los diferentes mecanismos que la ciencia ofrece a la actividad pericial para descubrir la verdad de los hechos y se brinde al juez información más allá de toda duda razonable para que sin lugar a errores pueda dictar sentencia ya sea ratificando o enervando el estado de inocencia de una persona.

#### *Propuesta*

En esta investigación se ha resaltado la importancia de la actividad forense, toda vez que esta constituye un auxiliar de fiscalía, en la recopilación de información para determinar indicios de responsabilidad penal de un individuo, cabe destacar que fiscalía es la parte administrativa mientras que los peritos forenses son la parte técnica en este proceso, por tanto, no puede funcionar la una sin la otra, de allí nace la importancia del trabajo en conjunto para llegar a descubrir la verdad y proceder de acuerdo a la información dejada en el lugar de los hechos por el delincuente,

Por lo antes mencionado es importante recordar que no hay delito perfecto, solo malos investigadores, por tanto, cuando se realiza un trabajo criminalístico lo que se debe descubrir es la información que dejó el delincuente ya que siempre quedan huellas, indicios y evidencias en la escena del crimen y en el cuerpo de la víctima.

Si bien es cierto fiscalía general del Estado ostenta la dirección de la investigación y cuenta con todos los recursos para realizar su labor investigativa con la finalidad de recabar elementos de cargo, así como descargo en contra de un ciudadano que procedió a infringir la ley y a causa de ello generó una violación a un bien jurídico protegido.

En este sentido, la Fiscalía al contar con todo el contingente para realizar su labor, sin embargo, es necesario preguntarse si ¿basta con tener a su disposición todos los órganos estatales relacionados con la justicia o la ley?, pues, dicha pregunta se responde sola, no

es suficiente, ya que de nada sirve tener todo un contingente a disposición si no cuentan con los recursos para el desarrollo de su trabajo, es por ello de vital importancia que el Estado se preocupe por mantener un equipo humano capacitado, y con los recursos suficientes para la realización de sus actividades forenses.

Es menester considerar que la labor forense no solo se ocupa de recolectar evidencias, sino que también se ocupa del estudio de la persona mediante la aplicación de la psicología para entender los patrones de su conducta, por qué delinque, y con esta información determinar si son comportamientos adquiridos o heredados.

Por lo antes anotado, es necesario mencionar que en el Ecuador aún falta mucho por hacer en el tema forense, especialmente al momento de cerrar el círculo pues hacer justicia no solo implica dictar una sentencia declarando la culpabilidad del individuo sino también la capacitación, la rehabilitación y la reinserción social.

Son en estos dos últimos factores que no se ha tomado muy enserio para que la justicia sea eficiente, pues no sirve de nada que una persona tenga una privación de libertad si no cambia sus conductas, y lejos de rehabilitarse perfecciona sus habilidades delictuales, que es lo que ha venido sucediendo en el país en los últimos años, hasta llegar a la situación que hoy en día nos aqueja grandemente.

Sin embargo, resaltar que no solo debe quedar en un tema de investigación, sino que la justicia debe cumplir su objetivo, el cual es la rehabilitación del delincuente más no la sanción, pero, se deja de lado el estudio del infractor el cual permite aplicar una metodología que consienta una verdadera rehabilitación y el infractor pueda ser reinsertado en la sociedad, solo así la justicia habrá cumplido su objetivo.

En este orden de ideas al ser la Policía Judicial un representante del Estado es éste quien debe contar con una política pública que permita contar con los recursos necesarios a dicho departamento para que puedan realizar su trabajo de manera eficaz y eficiente, esto es dotar de recursos materiales, técnicos, y sobre todo de personal debidamente capacitado para el ejercicio de dichas actividades.

Tomando en consideración que de ellos depende que el Ministerio Público cuente con información relevante misma que será de utilidad en la etapa de juicio para de esta manera el juzgado pueda impartir justicia, de manera eficiente y sobre todo dando una respuesta tanto a la víctima como a la sociedad que siempre está expectante de sus decisiones.

Es por ello de vital importancia contar con una política pública eficiente que permita la salvación del delincuente, para ello se debe elaborar proyectos idóneos tanto para la recopilación de información importante que permita brindar una reparación a la víctima como una oportunidad al procesado hasta llegar a su total rehabilitación y reinserción en la sociedad.



La propuesta debe estar dirigida también al recurso humano, el cual debe ser el idóneo y suficiente que permita continuar con el proceso en este ámbito encaminado al delincuente, para que al cumplir su pena pueda salir y vivir su vida lejos de la delincuencia.

para brindar una rehabilitación eficiente al delincuente de acuerdo con la información con la que se cuenta, y sobre todo saber si se puede o no rehabilitar o ya es parte de su vida de su ser el delinquir y violentar la ley, por tanto, de acuerdo con cada caso se debe brindar ayuda profesional a la persona para que pueda superar los hábitos delictuales.

### Metodología

Este trabajo de investigación se realizó con un enfoque cuantitativo, es decir, se aplicaron la revisión bibliográfica y la fundamentación teórica que permitieron sustentar el problema de investigación respecto al control de sustancias catalogadas sujetas a fiscalización.

Asimismo, se aplicaron los métodos analítico - sintético, inductivo - deductivo, histórico – lógico y dogmático, así como las técnicas de revisión bibliográfica y de fichaje, además de las encuestas mismas que permitieron obtener resultados que confirmarán o negarán la hipótesis planteada. El nivel de profundidad es descriptivo-explicativo; descriptivo en virtud que permitió describir las principales características del tema en estudio; y, explicativo permitiendo adentrarse a las causas fundamentales del problema de investigación.

Se utilizaron métodos como el inductivo-deductivo, mismo que viabilizó el tratamiento a través de características particulares hasta llegar a conclusiones generales. Además, se aplicó el método analítico-sintético que consistió en la desmembración de información relevante sobre el tema para reconstruirla a manera de síntesis. Otro método utilizado fue el dogmático-jurídico que tuvo por objeto el estudio del derecho positivo y consintió sistematizar las normas de manera ordenada y sencilla.

### Resultados

Del presente trabajo de investigación se obtuvo los siguientes resultados.

Con los resultados obtenidos se puede confirmar que la labor pericial es muy deficiente en algunos casos y que a consecuencia del mal manejo o de la inobservancia de los protocolos establecidos para dicha actividad se obtiene documentos que no cumplen con las normas establecidas para que a posterior puedan constituir pruebas en un juicio.

La inobservancia o el desconocimiento de los protocolos y técnicas procedimentales para la labor pericial tiene grandes repercusiones en un juicio ya que al demostrarse que no se mantuvo la cadena de custodia deja dudas del procedimiento llevado a cabo y que este en algún momento pudo ser alterado.

La inobservancia o el desconocimiento de los protocolos y técnicas procedimentales de la labor pericial cuando no se ha tomado en consideración todo el proceso tal como determina la norma, pueden ser causales de nulidad de documentos que cuentan con información relevante o pertinente para resolver la situación jurídica de una persona.

El mal manejo de la evidencia recolectada en la escena del crimen puede ser contaminada y alterada lo que genera una duda en el juzgador u dicha pericia ya no sería objetiva por lo que no puede ser admitida dentro de un juicio como documentos probatorios, cabe recordar que el perito debe sustentar su informe para que este constituya prueba.

La actividad pericial, es muy importante al momento de recabar elementos de convicción para llegar a la verdad de los hechos, es por ello primordial la constante capacitación que pueda tener todo el personal encargado de realizar dichas diligencias investigativas, capacitación que se ha descuidado por parte del Estado.

La inobservancia de los peritos ocurre más en el ámbito del análisis de las pruebas, por lo que cometen errores al momento de manipular las evidencias mismas que deben tener un informe de todo lo que se realiza con cada una de ellas y tomando en cuenta la presencia de las personas intervinientes en esta fase de la investigación, para no violentar procedimientos y normativas constitucionales y legales.

### Discusión

Moreno González (1977), define a la criminalística como una disciplina o un conjunto de conocimientos cuya finalidad es determinar desde una perspectiva técnico pericial, si se cometió o no un delito, como se llevó a cabo y quien lo realizó, tal como manifiesta el referido autor la criminalística son más conocimientos, aplicación de técnicas, métodos, que permitirán dar respuesta a las siguientes interrogantes sobre el cometimiento de un delito ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿Quién? Cometió el asesinato.

Montiel Sosa (2010), confirma la teoría planteada por Moreno González al señalar que la criminalística es una “ciencia penal auxiliar, que, mediante sus conocimientos, metodología y tecnología aplicados al estudio de las evidencias materiales, descubre y unifica científicamente un hecho presuntamente delictuoso y al o a los presuntos autores, aportando las pruebas a los organismos que procuran y administran justicia” (p. 37).

Es importante la labor criminalística como parte del proceso penal investigativo que dirige Fiscalía General del Estado, por ello, es imprescindible fortalecer esta función en la batalla contra la delincuencia mediante actividades que coadyuvan a la labor técnica y científica de la investigación criminal para de esta forma contribuir con la administración de justicia (Taboada, 2021).

Para la realización eficiente de dichas actividades es importante contar con los recursos necesarios tales como equipamiento de laboratorios, tecnología, personal humano debidamente capacitado, recursos materiales tales como químicos, reactivos, bolsas, insumos de protección para el personal de campo, entre otros que son obligatorios para una eficiente labor y que permita contar con información relevante y que no deje lugar a dudas.

En este orden de ideas es necesario recalcar que la investigación criminal tiene como finalidad realizar un trabajo centrado en evidencias físicas conectadas entre sí, las mismas que permiten mediante el auxilio de la tecnología informática vincular y encontrar información relacionada al hecho, lo cual sería imposible realizarlo solamente con la mente humana (Mora & Sánchez, 2007). Partiendo de este concepto, se confirma la importancia de dotar al departamento de la Policía Judicial con los recursos necesarios para una gestión eficiente y eficaz.

En cuanto al delito de robo autores como Agudo et al. (2018), expresan que es un delito que atenta con la propiedad de la cual nace la necesidad de protegerla de quien pretende una apropiación ilícita de cosa mueble, ahora bien, es necesario mencionar que relacionando este criterio con la normativa penal, para que se configure el delito de robo este debe cumplir con un requisito en el caso de apropiación de una cosa mueble mediante la aplicación de la fuerza o si existe ataque a una persona debe reflejarse la violencia ejercida en contra de la humanidad de la víctima.

Por lo antes expuesto, si hablamos de un resultado de muerte causado por el ataque de un individuo cuyo objetivo era la apropiación mediante la violencia de una cosa mueble entonces estamos frente a un delito más grave como es la muerte de la víctima, pues se atentó violentamente contra el bien jurídico protegido que es la vida, situando al delincuente frente a un delito de homicidio determinado en el COIP, artículo 144, el mismo que reza: “La persona que mate a otra será sancionada con pena privativa de libertad de diez a trece años” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014). Es necesario explicar que este puede tener agravantes cuya pena aumentará según se demuestre la gravedad con la que se atacó a la víctima.

En este orden de ideas, es necesario mencionar también que el COIP, describe el delito de robo con resultado de muerte, contenido en el artículo 189 inciso sexto cuya consecuencia de adecuarse la conducta dentro de este tipo penal su sanción es mucho mayor a la mencionada en el párrafo anterior, es decir la pena es de veintidós a veintiséis años de pena privativa de la libertad (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

## Conclusiones

- Se concluye que, la información obtenida del análisis de las evidencias recolectadas o analizadas para la elaboración de informes periciales, deben ser realizadas de acuerdo con los procedimientos establecidos en los reglamentos e instructivos periciales.
- Asimismo, se concluye que es primordial mantener constante capacitación al personal, toda vez que, con el transcurso del tiempo, aparecen nuevos delitos, es necesario que los peritos vayan a la par de estos, para recabar información relevante que será de gran aporte en un juicio penal
- Se concluye que es importante y necesaria la capacitación de los peritos para que puedan generar doctrina que a futuro servirá de enseñanza para profesionales que están relacionados directamente con el caso, y por otro lado, sirva de aprendizaje para profesionales nuevos que deseen formarse en el área de la criminalística y del peritaje.
- Además, como se evidenció en las fichas de observación por la mala aplicación de las metodologías, técnicas entre otros se procedió a desestimar los informes periciales por la falta de comparecencia de los peritos a la audiencia de juicio.
- Por otro lado, se concluye que la mala aplicación de técnicas y procedimientos puede causar la nulidad de los informes periciales por falta de fundamentación en la aplicación de las diferentes técnicas que se deben conocer para saber cuál de ellas aplicar de acuerdo con cada caso concreto.

## Conflicto de intereses

No existe un conflicto de intereses

## Referencias Bibliográficas

Agudo Fernández, E., Jaén Vallejo, M., & Perrino Pérez, L. (2018). *Derecho penal aplicado: parte especial, delitos contra el patrimonio y contra el orden socioeconómico*. Madrid: Dykinson.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). *Código Orgánico Integral Penal (COIP)*. Quito: Registro Oficial N° 180.

Burgos Mata, Álvaro. (1994, mayo). Criminalística y Criminología. *Medicina Legal de Costa Rica*, 20(2), 45 - 47.  
<https://repositorio.binasss.sa.cr/repositorio/bitstream/handle/20.500.11764/2916/art12V11n1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cabanellas de las Cuevas, G. (2012). *Diccionario jurídico elemental*. Perú: Heliasta.

Corte Nacional de Justicia. (2012, noviembre 29). Recurso de casación 056-2012, Sentencia N.º 0506-2012, de Sala de Lo Civil, Mercantil de la Corte Nacional de Justicia

Corte Nacional de Justicia. (2016, marzo). Sentencia, 06310-2016-00114, Sala Especializada de lo Penal, Penal Militar, Penal Policial y tránsito

Extra.ec. (2024, enero 03). Cuenca: Revelan video del ataque de un ciudadano chino a un sacerdote en plena misa.

[https://www.google.com/search?q=ciudadano+chino+que+atent%C3%B3+contra+la+vida+de+un+sacerdote+en+cuencia&sca\\_esv=9cada9f24b7c0372&sxsrf=ACQVn09zz-](https://www.google.com/search?q=ciudadano+chino+que+atent%C3%B3+contra+la+vida+de+un+sacerdote+en+cuencia&sca_esv=9cada9f24b7c0372&sxsrf=ACQVn09zz-)

[OdsmbdUuxsqcVe1W5VGhpVbQ%3A1709005713267&ei=kVvdZb31D72GwbkPyJaruAU&oq=ciudadano+chino+que+atent&gs\\_lp=Egxnd3](https://www.google.com/search?q=ciudadano+chino+que+atent%C3%B3+contra+la+vida+de+un+sacerdote+en+cuencia&sca_esv=9cada9f24b7c0372&sxsrf=ACQVn09zz-OdsmbdUuxsqcVe1W5VGhpVbQ%3A1709005713267&ei=kVvdZb31D72GwbkPyJaruAU&oq=ciudadano+chino+que+atent&gs_lp=Egxnd3)

Especialistas en criminología y derecho penal. (2018, junio 11). *Antropología criminal y antropología forense*. <https://www.estudiocriminal.eu/blog/antropologia-criminal-y-antropologia-forense/>

Gross de Graz, Hanz. (1900). *Manual del Juez*. España: Biblioteca de Jurisprudencia, filosofía e historia.

Guzmán, C. (1997). *Manual de Criminalística*. Buenos Aires: La Rocca.

Locard, e. (2010). *Manual de técnica policiaca*. Valladolid: Maxtor.

Molina Fernández, F. (1995). El concepto de injusto en la evolución de la teoría jurídica del delito. *Revista Chilena de Derecho*, 265-296.

Montiel Sosa, J. (2010). *Criminalística*. México: Limusa.

Mora Izquierdo, R., & Sánchez Prada, M. D. (2007). *La evidencia física y la cadena de custodia en el proceso acausatorio*. Bogotá: Editores gráficos.

Moreno González, L. R. (1977). *Manual de introducción a la criminalística*. México: Porrúa.

Real Academia Española [RAE]. (2023). *Conceptos*. <https://dle.rae.es/criminal%C3%ADstica>

Romero Pogo, O. L. (2010, julio). La criminalística y su aporte en el desarrollo de la investigación fiscal [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/2371/1/TESIS%20OSCAR%20LEANDRO%20ROMERO%20POGO.pdf>

- Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2022). *Manual del subsistema de investigación técnico científica en materia de medicina legal y ciencias forenses sobre peritajes que se llevan a cabo a nivel nacional*.  
[https://www.cienciasforenses.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/5.-Manual-de-Procedimientos-Investigacio%CC%81n-FGE-PJ-2022-Final\\_compressed-2.pdf](https://www.cienciasforenses.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/5.-Manual-de-Procedimientos-Investigacio%CC%81n-FGE-PJ-2022-Final_compressed-2.pdf)
- Taboada Carrión, M. E. (2021). *Alcances de la criminalista en el esclarecimiento del delito de feminicidio en Lima Metropolitana periodo 2018-2020*. Lima.
- Universitat Carlemany. (2024, febrero 12). Psicología criminal: ¿qué es y cuáles son sus objetivos? <https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/psicologia-criminal-que-es-y-cuales-son-sus-objetivos/#:~:text=La%20psicolog%C3%ADa%20criminal%20es%20una,criminal%20utilizando%20distintas%20intervenciones%20psicol%C3%B3gicas.>
- Zaffaroni, E. R. (1981). *Tratado de Derecho Penal. Parte General III*. Buenos Aires: Ediar.

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



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 Alfa Publicaciones**.



Indexaciones



## Estado actual de la evaluación del ciclo de vida ambiental en procesos de soldadura manual por arco metálico (MMAW)

*Status of environmental life cycle assessment in manual metal arc welding (MMAW) processes*

- <sup>1</sup> Luis Stalin López Telenchana  <https://orcid.org/0000-0001-7548-0406>  
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.  
[luis.lopez@unach.edu.ec](mailto:luis.lopez@unach.edu.ec)
- <sup>2</sup> Edison Alejandro Estrella Vargas  <https://orcid.org/0009-0007-6673-6845>  
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.  
[edison.estrella@unach.edu.ec](mailto:edison.estrella@unach.edu.ec)
- <sup>3</sup> Cristhian Leodan Fajardo Maigua  <https://orcid.org/0009-0008-0413-1055>  
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.  
[cristhian.fajardo@unach.edu.ec](mailto:cristhian.fajardo@unach.edu.ec)
- <sup>4</sup> Luis Ángel Sáenz Hidalgo  <https://orcid.org/0009-0004-6327-5041>  
Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.  
[luis.saenz@unach.edu.ec](mailto:luis.saenz@unach.edu.ec)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/12/2023

Revisado: 15/01/2024

Aceptado: 14/02/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.474>

### Cítese:

López Telenchana, L. S., Estrella Vargas, E. A., Fajardo Maigua, C. L., & Sáenz Hidalgo, L. Ángel. (2024). Estado actual de la evaluación del ciclo de vida ambiental en procesos de soldadura manual por arco metálico (MMAW). AlfaPublicaciones, 6(2), 112–126. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.474>



ALFA PUBLICACIONES, 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://alfapublicaciones.com>

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 Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**Palabras**

**claves:**

procesos,  
soldadura,  
manual, arco,  
metálico, ciclo,  
vida, ambiental.

**Keywords:**

Processes,  
welding,  
manual, arc,  
metal, cycle,  
life,  
environmental.

**Resumen**

**Introducción:** en la actualidad la soldadura es uno de los procesos de fabricación más importante en el sector manufacturero, pues une dos o más piezas mediante calentamiento o mediante procesos de fundición, aplicando o no presión. La finalidad de la fabricación por procesos de soldadura es unir materiales para que cumplan requisitos o necesidades de servicio sin que ello implique costo elevados, implicaciones negativas al medio ambiente o efectos adversos a los trabajadores. Es por ello que la evaluación del ciclo de vida (ACV) es una metodología que se aplican a nivel ingenieril para evaluar los distintos impactos ambientales de las tecnologías de soldadura, esta metodología ha sido aplicada en procesos de soldadura manual por arco metálico (MMAW), en donde el consumo excesivo de recursos como electrodos y energía necesaria para fundir los consumibles contribuyen a la generación de impactos ambientales negativos, siendo procesos potenciales de calentamiento global, de creación de ozono fotoquímico y eutrofización. **Objetivo:** investigar el avance en el estado del arte de las evaluaciones del ciclo de vida ambiental en procesos de soldadura MMAW. **Resultados:** los resultados del análisis de ciclo de vida ambiental indican que, para un cordón de soldadura de 1 metro de longitud mediante el proceso MMAW se consume mayor cantidad de recursos, como materiales de relleno y revestimientos de electrodos, además de un mayor consumo de energía eléctrica por parte de la máquina de soldar, lo que contribuye a impactos ambientales comparativamente mayores a los generados en otros procesos de soldadura. **Conclusiones:** se concluyó que la baja velocidad de soldadura y tasa alta de deposición conducen a tiempos elevados de soldadura en procesos MMAW, en consecuencia, la baja productividad y el exceso de recursos generan un mayor impacto al medio ambiente.

**Abstract**

**Introduction:** welding is currently one of the most important manufacturing processes in the manufacturing sector, as it joins two or more parts by heating or by casting processes, applying pressure or not. The purpose of manufacturing by welding processes is to join materials to meet requirements or service needs without involving excessive costs, negative environmental implications, or adverse effects on workers. This is why the life cycle assessment

---

(ACV) is a methodology applied at the engineering level to evaluate the different environmental impacts of welding technologies. This methodology has been applied in manual metal arc welding processes (MMAW), where the excessive consumption of resources such as electrodes and energy needed to melt the consumables contribute to the generation of negative environmental impacts, being potential processes of global warming, photochemical ozone creation and eutrophication. To investigate the progress in the state of the art of environmental life cycle **Objective:** assessments in MMAW welding processes. **Results:** the results of the environmental life cycle analysis indicate that, for a weld bead of 1 meter in length using the MMAW process, a greater amount of resources are consumed, such as filler materials and electrode coatings, in addition to a greater consumption of electrical energy by the welding machine, which contributes to environmental impacts comparatively greater than those generated in other welding processes. **Conclusions:** it was concluded that low welding speed and high deposition rate lead to high welding times in MMAW processes, consequently, low productivity and excess resources generate a greater impact to the environment.

---

## Introducción

En la actualidad la creciente concienciación mundial sobre la sostenibilidad y su aplicabilidad en los distintos procesos de fabricación a nivel industrial se ha convertido en uno de los mayores objetivos que persiguen los gobiernos de turno y el sector manufacturero. Cabe recalcar que según Chang et al. (2012), "la sostenibilidad considera las dimensiones ambientales, económicas y sociales como teoría de la triple cuenta de resultados" (p. 293). En este sentido, se puede establecer que hoy en día para que un proceso es considerado sostenible debe relacionarse en las tres dimensiones antes señaladas para ser considerado como eficaz y eficiente.

La metodología más avanzada y con mejores resultados para evaluar de forma adecuada el impacto ambiental de un proceso o de un producto es sin duda alguna el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2006), el ACV constituye una metodología estandarizada por la Organización Internacional de Normalización ampliamente utilizada en distintas organizaciones a nivel mundial, según Klöpffer & Grahl (2009), "el análisis de ciclo de vida es la mejor herramienta

metodológica utilizada para estimar el impacto ambiental potencial de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida" (p. 36). Por lo antes acotado podemos establecer que con el ACV de la Norma ISO 14040 se puede analizar y cuantificar tanto los aspectos ambientales como los impactos potenciales los procesos de procesos de soldadura manual por arco metálico (MMAW) de forma adecuada.

Al estudiar el ACV podemos establecer de mejor manera el impacto de cualquier actividad o proceso al medio ambiente. "Es el método más avanzado y la metodología experimental con mayores resultados en la evaluación de la carga medioambiental a nivel de proceso o de producto, y también en la prevención del desplazamiento de la carga de las distintas fases del ciclo de vida" (Chang et al., 2015, p. 47). En ese sentido el aplicar esta metodología al proceso de soldadura manual por arco metálico (MMAW) permitirá conocer técnicamente la carga ambiental de dicho proceso industrial.

Las diversas investigaciones desarrolladas alrededor de los procesos de soldadura manual por arco metálico muestran que las herramientas propuestas para la evaluación del impacto ambiental son útiles para tomar decisiones. Según Stijn et al. (2021), "las principales herramientas que se pueden adoptar para predecir el impacto ambiental y el rendimiento de los procesos de fabricación son la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) y la Evaluación de Riesgos (RA). Estos se caracterizan por diferentes metodologías y criterios de toma de decisiones (p. 91). Lo que contribuye en mejorar la eficiencia de los procesos de soldadura.

Para realizar el análisis de ACV y la correspondiente explicación de resultados la Organización Internacional de Normalización (ISO) define cuatro etapas. La primera etapa de cualquier análisis y la más importante es definir claramente las metas y objetivos del estudio, incluido el propósito del estudio y la aplicación prevista. Según Yilbas et al. (2020), "el objetivo principal pasa a ser examinar las influencias ambientales asociadas con la soldadura por arco metálico. Se debe definir una unidad funcional para proceder con el análisis y comparación del ACV" (p. 102).

La soldadura de cualquier tipo es el proceso con mayor importancia en la mayoría en el sector manufacturero. "En términos de consumo de material y energía, cada proceso de soldadura es diferente entre sí y, por tanto, tiene un impacto medioambiental diferente. Se estima que entre el 0,5 y el 1% de los consumibles de la soldadura por arco se convierten en partículas, gases y emisiones" (Sangwan et al., 2016, p. 63). Por lo antes expuesta, se puede establecer que, a nivel mundial, los contaminantes liberados durante el proceso de soldadura MMAW se expresan en toneladas lo que genera un problema de gestión de residuos sólidos y por otro lado el proceso obligatoriamente consume una gran cantidad de energía eléctrica, lo que en algunos países a provocado la generación de políticas de control de consumo responsable, con la finalidad de lograr una armonía entre el sector industrial que comúnmente necesita de este tipo de procesos de soldadura.

Existen diversas investigaciones en donde se han evaluado los impactos ambientales de procesos de soldadura, principalmente se ha estandarizado la utilización de placas metálicas de 1 m de largo y de diversos espesores. Según Sproesser et al. (2015), "establecieron que la soldadura manual por arco metálico (MMAW) contribuyó significativamente al deterioro del impacto ambiental, esto principalmente por el potencial de eutrofización, el potencial de acidificación y el potencial de eutrofización" (p. 51). Este análisis permite establecer la importancia de un adecuado control ambiental en este tipo de procesos de soldadura, pues su masificación significa un grave peligro de contaminación atmosférica, que son duda contribuya el calentamiento global.

El ACV de los procesos MMAW han generado diversos criterios para poder potenciarlos, entre los cuales se destacan la experimentación mediante la variación de los parámetros de aplicación del proceso de soldadura. Según Patil & Kadam (2020), "al modificar los parámetros de los procesos de soldadura manual por arco metálico como la corriente de soldadura (amperios), la velocidad de soldadura (mm/s), la separación de la raíz (mm) y el ángulo del electrodo (grados), el impacto ambiental generado por el proceso se reduce significativamente (p. 306). Por lo antes señalado se puede establecer que el ACV depende del contexto de operación en el cual se desarrolla el proceso de soldadura.

El análisis de ciclo de vida es una metodología ideal para establecer el impacto al medio ambiente generado por procesos de soldadura, que no involucran solamente materiales de aporte como electrodos, sino también el empleo de electricidad y la emisión de gases que afectan directamente a la capa de Ozono. Según Di Bella et al. (2022), "el ACV evalúa e integra información en múltiples categorías de impacto, como el uso del agua, el cambio climático y el agotamiento del ozono, con consideraciones de impacto múltiple destinadas a evitar el cambio de carga (p. 127). Por lo antes señalado se puede establecer que la reducción en una categoría de impacto conduce a un aumento en otras categorías de impacto, sin importar el proceso evaluado.

Varias investigaciones del sector metalmecánico exponen distintas dificultades que acarrea el empleo de procesos de soldadura, procesos cuya utilización es masificada debido a que fácil accesibilidad y sencilla aplicabilidad. Según Peña & Cogollos (2021), "la necesidad de introducir nuevos conceptos en la industria metalmecánica relacionados con la optimización de los recursos financieros, energéticos, y el aumento de la productividad sin detrimento de la calidad de las producciones realizadas y su influencia en el Medio Ambiente pone ante los especialistas de manufactura un reto en la búsqueda de alternativas para viabilizar estas exigencias" (p. 103). De las anteriores exigencias se puede establecer que la principal está en torno a la influencia de impactos negativos al ambiente, buscando soluciones viables mediante análisis ACV.

El Análisis de Ciclo de Vida Ambiental en procesos de soldadura es una evaluación de tipo cuantitativo, que arroja resultados que aportan de manera significativa en la

disminución del impacto negativo provocado al medio ambiente, y ayudan a la generación de políticas que mitiguen dicho impacto. Según Atencio & Yuriela (2019), "el impacto ambiental de procesos de soldadura MMAW tiene relevancia dado por el consumo de materiales como electrodos, láminas, varillas, entre otros, generando gran cantidad de materiales de desecho y además la emisión de gases perjudiciales a la atmósfera (p. 119). Por lo antes señalado es evidente que problemas como la acumulación de residuos sólidos y la contaminación atmosférica por gases industriales son los principales factores para evaluar mediante el ACV.

La soldadura manual por arco metálico es uno de los procesos de manufactura con mayor difusión debido a su sencilla aplicación. "El proceso de soldadura MMAW es una práctica que se asocia a la necesidad de construir elementos funcionales de tipo metálico altamente demandado, involucra la necesidad de realizar una tarea operativa que implica riesgos ambientales por ejercer esta actividad, principalmente por la proyección de partículas y la emisión de gases producto de la fundición del electrodo" (Tangarife et al., 2022, p. 30).

Los procesos de soldadura por su naturaleza y gran empleo en distintas áreas se han convertido en un problema ambiental en la actualidad. Según Nimker & Wattal (2020), "los efectos perjudiciales de los humos de soldadura, de las chispas y de la escoria sobre la calidad del aire y el agua han atraído el interés de muchos investigadores por investigar estos contaminantes y las posibles soluciones para mitigar el daño que los mismos ocasionan al medio ambiente" (p. 183). Por lo que aplicar de manera adecuada un ACV aporta de manera sustancial a mejorar los procesos de soldadura MMAW, pues se puede establecer de manera clara las repercusiones que tienen los desechos en el ambiente, generando sin duda alguna un impacto ambiental negativo tanto al agua como al aire.

Otra de las fuentes generadoras de desecho sólidos en procesos de soldadura MMAW son los electrodos revestidos. Según Priya (2023), "la pérdida de trozos asociada con los electrodos de soldadura en el proceso de soldadura MMAW también es una preocupación importante, ya que genera desperdicio de material y un aumento del costo de la soldadura. A nivel mundial, el mercado de consumibles de soldadura superó los 14.490 millones de dólares en 2023 y se espera que crezca anualmente un 4,3% (p. 49). De lo anterior acotada hay que establecer que la porción no utilizada de un electrodo de soldadura que queda después de que el electrodo se ha utilizado para soldar se denomina pérdida de trozo, mismo que se vuelve un desperdicio sólido que viene generando problemas en distintas organizaciones.

Los distintos análisis de ACV llevados a cabo en las investigaciones muestran la necesidad de implementar políticas de reciclado para las pérdidas de trozo de los electrodos revestidos. Según Khan & Madhukar (2023), "se prevé que la reutilización de los residuos de soldadura reducirá significativamente el impacto medioambiental. Además de los trozos y los restos de alambre y materiales, también se podrían utilizar

bloques tipo Lego como pequeñas unidades metálicas (p. 61). Por lo antes señalado, se puede establecer la necesidad de buscar alternativas ambientales que reduzcan los residuos sólidos, enfocando los esfuerzos en el reciclado de subproductos propios de los procesos de soldadura.

Distintas investigaciones en la actualidad emplean varios softwares para realizar el Análisis de Ciclo de Vida de forma más adecuada. En la investigación de Roucoules et al. (2020), realizaron el análisis de ACV con el software OpenLCA versión 1.10.1, integrado con la base de datos Ecoinvent versión 3.6, llegando a establecer que "La asignación de la carga ambiental pueden ser manejados mediante el límite de asignación por clasificación, es decir, se puede emplear el método de límite" (p. 34). Por lo antes indicado es posible determinar que el ACV se puede realizar mediante distintos métodos y los resultados serán relevantes en el campo de impacto ambiental.

### Metodología

En el presente trabajo se hace una recopilación del estado actual de las evaluaciones del Ciclo de Vida Ambiental (ACV) en procesos de soldadura manual por arco metálico (MMAW), para lo cual se desarrolló investigación cualitativa, además el presente estudio es una investigación documental que permite el estudio del conocimiento acumulado sobre el tema propuesto, finalmente el método de investigación ejecutado es analítico en donde se sintetizó la información de múltiples estudios realizados a nivel mundial.

Para desarrollar la investigación se emplearon criterios de inclusión y de exclusión, los primeros se relacionan a la producción científica académica de repositorios virtuales de alto impacto como Scopus y Scielo, se tomó en cuenta también tesis doctorales, para una mayor relevancia del estudio planteado, el enfoque de búsqueda de información está centrado en la evidencia existente en los trabajos investigativos del impacto ambiental de los procesos de soldadura y las causas comunes que provocan impactos negativos al medio ambiente, es decir los trozos de electros y las emisiones de gases a la atmósfera. Con relación a los segundos criterios no fueron tomados en cuenta investigaciones científicas con más de 5 años de publicadas a la realización de la investigación y por supuesto los otros procesos de soldadura, esto debido a que cada proceso genera sus propios desechos, además que los entornos en los que se ejecutan son distintos en cuanto a instalaciones, elementos consumibles, condiciones de consumos de electricidad, gas o cualquier otro elemento empleado en la fusión de las piezas a soldar.

Al ser una revisión sistemática de información no hace falta la autorización de instituciones u organizaciones, pues no se nombra marcas o instituciones en el desarrollo de la investigación, tampoco nace la necesidad de la autorización de consejos científicos, comité de ética, o consentimiento informado, pues es información de dominio público, lo que aporta de gran manera a la difusión de resultados de investigación así como su

recopilación y planteamiento principalmente de políticas ambientales que generen procesos de soldadura con mayor eficiencia y eficiencia.

La presente investigación busca ampliar los conocimientos sobre la problemática ambiental que se ha establecido en los procesos de soldadura MMAW, para ellos se plantea dos fases de ejecución, mismas que se describen a continuación:

En primer lugar, la búsqueda de información que haya sido publicada mediante procesos de revisión adecuados, con la finalidad de validar el contexto y poder realizar un análisis acorde al tema planteado. En segundo lugar, la valoración crítica de la información antes recolectada permite generar opiniones solventadas en un marco de investigación sin dejar de lado la perspectiva lógica de la investigativa de campo.

### Resultados

Del análisis de las diversas investigaciones se puede establecer el resultado del impacto del ciclo de vida ambiental ACV general, mismos que se presenta en la Tabla 1, en donde los distintos valores fueron tomados bajo la referencia de 1 m/mm<sup>2</sup> de cordón de soldadura.

**Tabla 1**

*Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida Ambiental (ACV) del proceso de soldadura*

| Grupo de categorías de impacto  | FSW      | Unidad                          |
|---|----------|---------------------------------|
| cambio climático (cambio climático biogénico)                                     | 1.80E-04 | kg CO2-Eq                       |
| cambio climático (fósil del cambio climático)                                     | 1.17E-02 | kg CO2-Eq                       |
| cambio climático (cambio climático uso de la tierra y cambio de uso de la tierra) | 1.41E-05 | kg CO2-Eq                       |
| cambio climático (cambio climático total)   | 1.19E-02 | kg CO2-Eq                       |
| Calidad del ecosistema (acidificación del agua dulce y terrestre).                | 3.38E-05 | mol H+-Eq.                      |
| calidad del ecosistema (ecotoxicidad del agua dulce)                              | 3.47E-03 | CTU (Unidad Tóxica Comparativa) |

**Tabla 1**

*Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida Ambiental (ACV) del proceso de soldadura (continuación)*

| Grupo de categorías de impacto                       | FSW      | Unidad  |
|--|----------|---|
| calidad del ecosistema (eutrofización de agua dulce) | 1.67E-05 | kg P-Eq   |
| calidad del ecosistema (eutrofización marina)        | 8.67E-06 | kg N-Eq   |
| calidad del ecosistema (eutrofización terrestre)     | 8.29E-05 | mol N-Eq  |
| salud humana (efectos cancerígenos)                  | 1.25E-10 | CTUh (CTU para humanos)   |
| salud humana (radiación ionizante)                   | 2.06E-03 | kgU235-Eq   |
| salud humana (efectos no cancerígenos)               | 1.13E-09 | CTUh  |
| salud humana (agotamiento de la capa de ozono)       | 4.57E-10 | kg CFC-11-Eq.   |
| salud humana (creación de ozono fotoquímico)         | 1.57E-05 | kg NMVOC-Eq (Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano-Equivalente) |
| salud humana (efectos respiratorios, inorgánicos)    | 1.39E-10 | incidencia de enfermedades  |
| recursos (agua disipada)                             | 0        | m <sup>3</sup> agua-Eq  |
| recursos (fósiles)                                   | 1.95E-01 | mj  |
| recursos (uso de la tierra)                          | 6.74E-02 | puntos  |
| recursos (minerales y metales)                       | 4.88E-12 | kg Sb-Eq  |

**Fuente:** Di Bella et al. (2022)



Como es evidente la emisión de CO<sub>2</sub> aporta de manera significativa en el cambio climático en sus distintas fases, esto sumado a que el proceso MMWA es el más popular en todo el mundo agrava más la situación en cuanto a impacto ambiental, al mismo tiempo estos resultados siguien la necesidad urgente del planteamiento de políticas ambiental y de soluciones viables que vayan en función de una verdadera mitigación de los impactos negativos que están generando este tipo de procesos de soldadura alrededor del planeta.

Otro de los causantes de contaminación ambiental en procesos industrial son los trozos de electrodos revestidos utilizados en la soldadura MMAW, de las investigaciones consultadas se establece que en promedio el trozo del electrodo llega a medir aproximadamente 2 pulgadas, lo que representa entre el 11 y el 17 % del electrodo útil. Lo antes señalado sin duda alguna genera un grave problema ambiental por desechos sólidos industriales. Las ACV analizadas establecen que la pérdida anual por la inutilización de los electrodos revestidos está en el orden de 720 millones a 1100 millones de dólares a nivel mundial (Vimal et al., 2015).

En términos de peso, esta pérdida podría representar aproximadamente 364 kT a nivel mundial, lo que en ciudades industrializadas ha generado inconvenientes en el tratamiento de desechos, esto debido a que el trozo del electrodo es difícil de reutilizar y, en general, de desechar, lo que aumenta el coste del proceso de soldadura. La decisión de deshacerse de los trozos de electrodos de soldadura está influenciada por el flujo residual presente en los trozos, la falta de una infraestructura de reciclaje adecuada y el cumplimiento de las directrices económicas y legales.

### Discusión

La aplicación de ACV en procesos de soldadura manual por arco metálico (MMAW) evidencia problemas ambiental que fundamentalmente se deben a la baja productividad por la falta de utilización de todos los electrodos como insumos y velocidad de soldadura cuya desproporción genera la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, que como se han demostrado en las múltiples investigaciones aportan de manera sustancial a la afectación negativa al medio ambiente, al punto de que todas las investigaciones citadas concuerdan en que el proceso MMAW genera mayores impactos ambientales en calentamiento global, acidificación, creación de ozono fotoquímico y eutrofización.

Los resultados de la aplicación de ACV en los procesos de soldadura han generado un aporte que permite realizar un acercamiento a las problemáticas existentes alrededor de la soldadura MMAW, pues concientiza sobre la necesidad de reducción de materiales de consumos como los electros revestidos, además de la urgencia de medidas que mitiguen el impacto negativo generado por la emisión de humos propios de la soldadura, alternativas como la implementación de estrategias a nivel técnico para reducir los

tiempos de ejecución de cordones de soldadura y la ocupación de la totalidad de un electrodo han sido señaladas en las investigaciones acotadas.

Otro de los inconvenientes que se evidenciaron en las investigaciones fue la falta de una política de recolección de residuos para los talleres y pequeñas industriales dedicadas a la manufactura, además varios artículos tratan sobre las precarias condiciones de trabajo, lo que provoca la falta de conciencia e intención entre los operadores y soldadora, lo que lleva a que se mezclen los trozos con otros desechos sólidos. Es imperativo que la industria de la soldadura tome medidas para minimizar la pérdida de trozos y reducir el impacto ambiental.

Los resultados de ACV buscan sin duda alguna garantizar que la soldadura siga desempeñando un papel importante en la industria y al mismo tiempo proteja el medio ambiente. Por lo que en esta revisión sistemática se encuentran propuestas generales que aportan a la reducción de pérdidas de trozos y a la reducción los costos de soldadura los cuales incluyen el uso de electrodos extendidos, almacenamiento y manipulación adecuados, técnicas de soldadura mejoradas, uso de procesos de soldadura eficientes en tiempo, todas estas soluciones son reiterativas en los trabajos consultados.

### Conclusiones

- Se pudo establecer que la aplicación de la soldadura manual por arco metálico (MMAW) contribuye significativamente al deterioro de las categorías de impacto ambiental analizadas mediante ACV, incluido, el potencial de eutrofización, el potencial de acidificación, el potencial de calentamiento global la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de desechos sólidos, lo que ha provocado en varios países la generación de políticas ambientales que regulen esta actividad industrial masificada.
- Se pudo concluir que los trozos inutilizados de los electrodos de los procesos de MMAW contribuyen significativamente al deterioro del medio ambiente, sobre todo por la falta de tratamiento adecuado de estos desechos sólidos, que combinados con el descontrol de las emisiones de gases propios del proceso de soldadura se convierten en un problema ambiental en todo el mundo principalmente debido al alto consumo de energía y al desperdicio descontrolado de recursos.
- Se pudo determinar que varias investigaciones coincidieron que la minimización y eliminación de residuos son una de las estrategias más apropiadas para reducir el impacto negativo generado por un proceso MMAW enfocados lógicamente en el desarrollo sostenible de un país. Esto no sólo reduce el coste de la soldadura, sino que también reduce el impacto medioambiental de la soldadura al reducir los residuos.

- Se pudo concluir que se requiere un reciclaje total del material de relleno en este caso de los electrodos para lograr escenarios productivos sostenibles. Estos trozos se pueden reutilizar en algunas situaciones, como capacitación en soldadura, trabajos de reparación y mantenimiento que requieren una soldadura más pequeña. Los trozos también podrían molerse y reducirse a polvo metálico o fundirse para reutilizarse como material de relleno en la fundición. Alternativas que han sido propuestas en las diversas investigaciones referenciadas.

### Conflicto de intereses

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

### Referencias Bibliográficas

- Atencio, G., & Yuriela, A. (2019). *Peligros y riesgos asociados a las labores de soldadura piscina olímpicas David* [Tesis doctoral, Universidad especializada de las Américas]
- Chang, J., Schau, E., & Finkbeiner, M. (2012). *Application of life cycle sustainability assessment to the bamboo and aluminum bicycle in surveying social risks of developing countries*. The 2nd World Sustainability Forum; November 1-302012
- Chang, Y., Sproesser, G., Neugebauer, S., Wolf, K., Scheumann, R., Pittner, A., Rethmeier, M., & Finkbeiner, M. (2015). Environmental and Social Life Cycle Assessment of Welding Technologies, *Procedia CIRP*, Volume 26, Pages 293-298, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.084>
- Di Bella, G., Alderucci, T., Salmeri, F., & Cucinotta, F. (2022). Integrating the sustainability aspects into the risk analysis for the manufacturing of dissimilar aluminum/steel friction stir welded single lap joints used in marine applications through a Life Cycle Assessment. *Sustainable Futures*, 4, 100101. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2022.100101>
- Khan, Anas Ullah, & Madhukar, Yuvraj K. (2023). Repurposing welding waste stubs and wires as substrate in directed energy deposition processes. *Journal of Cleaner Production*, 427, 139317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139317>.
- Klöppfer, W., & Grahl, B. (2009). *Ökobilanz (lca): Ein leitfaden für ausbildung und beruf*. John Wiley & Sons.
- Nimker, D., & Wattal, R. (2020). Recycling of submerged arc welding slag for sustainability. *Production & Manufacturing Research*, 8(1), 182-195.

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2006). *Gestión medioambiental - Evaluación del ciclo de vida - principios y marco* (ISO 14040:2006). 2. ed. Julio 2006 ed. Ginebra.

Patil, U., & Kadam, M. (2020). Multi objective optimization of MMAW process parameters for joining stainless steel 304 with mild steel by using response Surface methodology. *Materials Today: Proceedings*, 26(2), 305-310. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.277>.

Peña, J., & Cogollos, A. (2021). Apropriación social de la factibilidad ambiental del empleo de procesos de soldadura por fricción. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(1), 103-109. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202021000100103&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000100103&lng=es&tlng=es).

Priya Nagrale. (2023). Welding materials market research report information by type (Electrode & Fillers, Fluxes & Wires, and Gases), by Technology (Arc Welding, Resistance Welding, and Oxy-Fuel Welding), by End-Use Industry (Automotive & Transportation, Building & Construction. ID: MRFR/CnM/1194-HCR.

Roucoules, L., Paredes, M., Eynard, B., Morer Camo, P., & Rizzi, C. (2020). *Avances en Mecánica, Ingeniería de Diseño y Manufactura III* [Actas de la Conferencia Internacional Conjunta sobre Mecánica, Ingeniería de Diseño y Fabricación Avanzada, JCM 2020, 2-4 de junio de 2020]. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-70566-4>

Sangwan, K., Herrmann, C., Egede, P., Bhakar, V., & Singer, J. (2016). Life cycle assessment of arc welding and gas welding processes. *Procedia CIRP*, 48, 62-67. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.096>.

Sproesser, G., Chang, Y., Pittner, A., Finkbeiner, M., & Rethmeier, M. (2015). Life cycle assessment of welding technologies for thick metal plate welds. *Journal of Cleaner Production*, 108(2), 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.121>.

Stijn, A., Malabi, L., Wouterszoon, B., & Meijer, A. (2021). A Circular Economy Life Cycle Assessment (CE-LCA) model for building components. *Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105683. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105683>

Tangarife, H., Rodríguez, D., Salgado, A., Guevara, G., Valencia, J., & Peñuela, V. (2022). Realidad aumentada: impacto y tendencias en la formación profesional

de soldadura multiprocesos. *Revista Metalnova*, 5(1).  
<https://doi.org/10.22022/metalnova.v5i1.5301>

Vimal, K. E. K., Vinodh, S., & Raja, A. (2015). Modelling, assessment, and deployment of strategies for ensuring sustainable shielded metal arc welding process—a case study. *Journal of Cleaner Production*, 93, 364-377

Yilbas, B., Shaukat, M., Afzal, A., & Ashraf, F. (2020). Life cycle analysis for laser welding of alloys. *Optics & Laser Technology*, 126, 106064.  
<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2020.106064>



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



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 Alfa Publicaciones**.





Indexaciones



# Avances en modelos in silico para el descubrimiento rápido de fármacos: transformando la farmacología computacional

*Advances in models in silico for the fast discovery of pharmaceuticals: transforming pharmaceuticals*

- <sup>1</sup> Kimberly Zamira León Fiallos  <https://orcid.org/0009-0005-5734-4482>  
Docente de la carrera de Biología, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.  
[kz.leonf@uea.edu.ec](mailto:kz.leonf@uea.edu.ec)
- <sup>2</sup> Bryan Omar Zurita Sánchez  <https://orcid.org/0009-0006-9969-3012>  
Investigador Independiente, Puyo, Ecuador.  
[bqfbryan\\_zurita@hotmail.com](mailto:bqfbryan_zurita@hotmail.com)



## Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/01/2024

Revisado: 15/02/2024

Aceptado: 05/03/2024

Publicado: 05/04/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.485>

## Cítese:

León Fiallos, K. Z., & Zurita Sánchez, B. O. (2024). Avances en modelos in silico para el descubrimiento rápido de fármacos: transformando la farmacología computacional. AlfaPublicaciones, 6(2), 127–151. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i2.485>



**ALFA PUBLICACIONES**, 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://alfapublicaciones.com>

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 Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International**. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras**

**claves:**

Técnicas, In silico,  
Moléculas,  
Simulaciones,  
Fármaco.

**Resumen**

**Introducción.** El descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos enfrentan retos significativos debido a los altos costos, largos periodos de desarrollo y bajas tasas de éxito. La farmacología computacional, aprovechando modelos in silico, emerge como una solución prometedora, acelerando y economizando este proceso mediante la predicción de interacciones fármaco-blanco y optimización de propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas. **Objetivo.** Explorar el papel fundamental que juegan los modelos in silico en la revolución del descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos. **Metodología.** La investigación siguió un proceso metodológico basada en enfoque cualitativo, en el método científico analítico-sintético, mediante técnicas de observación y según su fuente de datos de tipo documental lo cual permitió observar el papel que juega los modelos in silico en relación con los fármacos. **Resultados.** Este artículo revisa el estado actual de la farmacología computacional, destacando las técnicas y herramientas de modelado in silico en la identificación de compuestos con potencial farmacológico. Se examinan casos de estudio donde la aplicación de modelos in silico ha resultado en el descubrimiento exitoso de nuevos fármacos, enfatizando su eficacia en el proceso de descubrimiento de fármacos. Se discuten los desafíos actuales y limitaciones de la farmacología computacional, junto con estrategias propuestas para superar estos obstáculos. Además, se proyectan las futuras direcciones y avances tecnológicos, considerando el papel disruptivo de la inteligencia artificial y la computación cuántica en la transformación del paradigma de descubrimiento de fármacos. **Conclusión.** Esta revisión subraya la importancia de continuar desarrollando y aplicando modelos in silico para facilitar el descubrimiento de nuevos fármacos, prometiendo una era de innovación farmacológica más rápida y personalizada. **Área de estudio general:** Biología. **Área de estudio específica:** Biotecnología y Farmacología.

**Keywords:**

Techniques, In silico,  
Molecules,

**Abstract**

**Introduction.** The Discovery and development of new drugs face significant challenges due to prohibitive costs, long development periods, and low success rates. Computational pharmacology, taking advantage of in silico models, emerges as a promising



Simulations,  
Drug.

solution, accelerating and economizing this process through the prediction of drug-target interactions and optimization of pharmacokinetic and pharmacodynamic properties. **Objective.** Explore the fundamental role that in silico models play in the revolution in the Discovery and development of new drugs. **Methodology.** The research followed a methodological process based on a qualitative approach, on the analytical-synthetic scientific method, through observation techniques and according to its documentary data source, which made it possible to observe the role played by in silico models in relation to drugs. **Results.** This article reviews the current state of computational pharmacology, highlighting in silico modeling techniques and tools in the identification of compounds with pharmacological potential. Case studies are examined where the application of in silico models has resulted in the successful discovery of new drugs, emphasizing their effectiveness in the drug discovery process. Current challenges and limitations of computational pharmacology are discussed, along with proposed strategies to overcome these obstacles. Furthermore, future directions and technological advances are projected, considering the disruptive role of artificial intelligence and quantum computing in the transformation of the drug Discovery paradigm. **Conclusion.** This review highlights the importance of continuing to develop and apply in silico models to facilitate new drug Discovery, promising an era of faster and more personalized pharmacological innovation.

## Introducción

El descubrimiento de fármacos es un proceso fundamental en el ámbito de la medicina y la farmacología, esencial para el desarrollo de nuevas terapias que mejoren la calidad de vida de las poblaciones globales. Tradicionalmente, este proceso ha implicado la identificación de compuestos candidatos, síntesis química, y una serie de pruebas in vitro e in vivo para evaluar su eficacia y seguridad. Sin embargo, el camino desde la concepción de una nueva molécula hasta su aprobación como medicamento es notoriamente largo, costoso y plagado de desafíos, con tasas de éxito relativamente bajas y períodos de desarrollo que pueden superar la década y costos que alcanzan los miles de millones de dólares.

En respuesta a estos retos, la farmacología computacional ha emergido como un campo vital, que aprovecha el poder del cálculo y las simulaciones para predecir la interacción entre fármacos y sus blancos biológicos, así como para optimizar las propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas de los compuestos candidatos. En la era moderna, donde la generación y análisis de grandes volúmenes de datos se ha vuelto más accesible, la farmacología computacional ofrece una vía prometedora para acelerar y economizar el descubrimiento de fármacos. Mediante el uso de modelos *in silico*, es posible simular la dinámica de las drogas en el organismo y su interacción con complejos biomoleculares específicos, permitiendo predecir con una precisión cada vez mayor su eficacia y perfil de seguridad antes de avanzar a las etapas de ensayo clínico.

Los modelos *in silico* abarcan desde el diseño de moléculas mediante el modelado de la estructura química hasta la simulación de su comportamiento en sistemas biológicos complejos, incluyendo la predicción de absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad (ADMET). Los modelos *in silico* representan una convergencia entre la tecnología informática y las ciencias biológicas, proporcionando un marco virtual para la simulación y análisis de procesos farmacológicos. Estos modelos se basan en algoritmos matemáticos y datos experimentales para predecir cómo las moléculas interactuarán con sus blancos biológicos, permitiendo una evaluación detallada de su actividad potencial como fármacos. La relevancia de estos modelos radica en su capacidad para simular experimentos que serían, de otro modo, inviables, costosos o éticamente cuestionables en las etapas tempranas de la investigación farmacéutica. La farmacología computacional utiliza diversas técnicas de modelado, incluyendo el diseño de fármacos asistido por computadora (CADD), la modelización de la dinámica molecular, y el análisis de redes biológicas, para identificar y optimizar nuevos compuestos farmacológicos. Estas herramientas permiten prever la afinidad de un compuesto por su receptor, su estabilidad química, su capacidad para cruzar barreras biológicas, y predecir posibles efectos secundarios, configurando un enfoque más racional y dirigido para el diseño de fármacos.

La aplicación de modelos *in silico* en la identificación de nuevos compuestos farmacológicos es especialmente relevante en el contexto de enfermedades complejas y patógenos de rápida evolución, donde la necesidad de tratamientos innovadores es constante. Mediante la exploración de vastas bibliotecas de compuestos y la realización de cribados virtuales, estos modelos pueden identificar rápidamente candidatos prometedores, reduciendo significativamente el tiempo y los recursos necesarios para el descubrimiento de fármacos.

El presente artículo tiene como objetivo principal explorar el papel fundamental que juegan los modelos *in silico* en la revolución del descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos. Específicamente, se propone: Describir el estado actual de la farmacología computacional, destacando las principales técnicas y herramientas de modelado *in silico*

utilizadas en la identificación de compuestos con potencial farmacológico; Examinar casos de estudio recientes donde la aplicación de modelos *in silico* ha resultado en la identificación y desarrollo exitoso de nuevos fármacos, subrayando la eficacia de estos modelos en el proceso de descubrimiento de fármacos; Discutir los desafíos y limitaciones actuales de la farmacología computacional, así como las estrategias propuestas para superar estos obstáculos, con el fin de optimizar la aplicación de modelos *in silico* en la investigación farmacéutica. Proyectar las futuras direcciones y avances tecnológicos en el campo de la farmacología computacional, considerando cómo estos pueden ampliar las capacidades de los modelos *in silico* y transformar el paradigma de descubrimiento de fármacos.

### Metodología

La investigación siguió un proceso metodológico basado en el enfoque cualitativo, debido a que se recopiló información concerniente al tema, así mismo se empleó la metodología analítica-sintética, ya que nos ha permitido explorar diferentes dilemas a cerca de los avances tecnológico en el descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos, se llevó a cabo mediante el manejo de las técnicas de observación, la cual posibilitó observar el papel que juega los modelos *in silico* en relación a los fármacos. A demás, se ejecutó mediante la técnica documental, en vista que se llevó a cabo a través de la recolección de información documental como, casos de estudio de los modelos *in silico* para el descubrimiento de nuevos compuestos con potencial farmacológico y revisiones de herramientas y software utilizados en el modelado molecular y la predicción de propiedades farmacocinéticas.

### Discusión

#### *Desarrollo de modelos in silico*

#### *Técnicas de modelado molecular utilizadas en la farmacología computacional*

El desarrollo de modelos *in silico* ha transformado radicalmente el campo de la farmacología computacional, proporcionando herramientas avanzadas para la identificación y optimización de nuevos compuestos con potencial terapéutico. La aplicación de técnicas de modelado molecular en la farmacología computacional abarca desde la predicción de la interacción entre fármacos y sus blancos biológicos hasta la optimización de las propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas de los compuestos candidatos.

Una revisión por Bhuvaneshwari et al. (2022), destacan la aplicación de herramientas de modelado molecular en terapéuticas micro y macromoleculares, subrayando su importancia en la mejora de la eficiencia y efectividad en el descubrimiento de fármacos. Este enfoque permite simular y entender mejor la interacción entre fármacos y proteínas

a nivel molecular, facilitando la identificación de compuestos con mayor potencial terapéutico.

Por otro lado, Platania & Bucolo (2021), discuten el uso de técnicas de simulación de dinámica molecular, especialmente en el contexto de fármacos alopáticos. Estas técnicas son fundamentales para comprender cómo los cambios estructurales en las moléculas afectan su interacción con los sitios activos de las proteínas, lo cual es crucial para el diseño racional de fármacos. La dinámica molecular ofrece una ventana al comportamiento dinámico de las moléculas en entornos similares a los biológicos, permitiendo ajustes precisos en el diseño de nuevos fármacos para mejorar su eficacia y reducir los efectos secundarios.

Kola-Mustapha et al. (2023), proporcionan un ejemplo específico de cómo el modelado molecular y la farmacología de redes pueden elucidar los mecanismos potenciales de acción de terapias naturales, como el aceite de neem contra el acné vulgaris. Este estudio demuestra la capacidad de los modelos *in silico* para integrar datos de múltiples escalas y sistemas, desde la interacción molecular hasta los efectos terapéuticos observados, ofreciendo una metodología prometedora para el descubrimiento de fármacos basados en compuestos naturales.

Finalmente, Agarwal & Kumar (2020), destacan la aplicación del estudio de modelado molecular en el descubrimiento de diversos tipos de compuestos líderes. Este enfoque no solo ayuda a predecir la eficacia de los nuevos compuestos, también optimiza el proceso de descubrimiento de fármacos al reducir la necesidad de ensayos experimentales costosos y prolongados. La utilización de modelado molecular en la farmacología computacional representa un método costo-efectivo y eficiente para la exploración de vastas bibliotecas químicas en busca de nuevos candidatos a fármacos (Agarwal & Kumar, 2020).

En conjunto, estas técnicas y estudios resaltan el papel crucial de los modelos *in silico* en la farmacología computacional moderna. Permiten una comprensión más profunda de las interacciones moleculares que subyacen a la actividad farmacológica, facilitan la identificación de nuevos candidatos a fármacos y optimizan las propiedades de los compuestos para su uso terapéutico. Además, la capacidad de simular y predecir la eficacia y seguridad de los compuestos en las etapas iniciales del desarrollo de fármacos ofrece una vía prometedora hacia una era de descubrimiento de fármacos más rápida y personalizada. La integración de estas herramientas computacionales con los métodos experimentales tradicionales está configurando un nuevo paradigma en la investigación y desarrollo farmacéutico, uno que promete acelerar la llegada de terapias innovadoras al mercado y mejorar los tratamientos disponibles para diversas enfermedades.

*Discusión sobre los modelos in silico en la predicción de la actividad biológica y las propiedades ADME.*

Los modelos in silico han revolucionado la forma en que se predice la actividad biológica y las propiedades ADME (Absorción, Distribución, Metabolismo y Excreción) de potenciales fármacos. Estas herramientas computacionales ofrecen una vía eficiente y costo-efectiva para evaluar candidatos a fármacos mucho antes de los ensayos clínicos, lo que potencialmente reduce el riesgo de fracaso en etapas avanzadas de desarrollo.

Esaki & Ikeda (2023), discuten los desafíos y perspectivas en la curación de datos para el modelado ADME in silico, destacando la importancia de bases de datos precisas y detalladas para mejorar la fiabilidad de las predicciones. La calidad de los datos juega un papel crítico en el éxito de los modelos in silico, ya que las imprecisiones pueden conducir a predicciones erróneas que afectan negativamente la toma de decisiones en el desarrollo de fármacos (Esaki & Ikeda, 2023).

Por otro lado, Di Lascio et al. (2023) realizan una evaluación sistemática de modelos de aprendizaje automático tanto locales como globales para la predicción de propiedades ADME. Su investigación subraya cómo el aprendizaje automático y las técnicas de inteligencia artificial pueden mejorar significativamente la precisión de estas predicciones, permitiendo una selección más eficaz de candidatos a fármacos con perfiles de propiedades ADME favorables.

Munagala et al. (2022), aportan al debate presentando un estudio sobre la predicción in silico de ADME, bioactividad y toxicidad de algunos fármacos antivirales seleccionados. Este estudio ilustra cómo los modelos in silico pueden ser utilizados para evaluar rápidamente la viabilidad de los compuestos antivirales, proporcionando información valiosa sobre su potencial eficacia y seguridad.

Raducka et al. (2022) exploran la predicción in silico de ADME y toxicidad de derivados de benzimidazol y sus compuestos de coordinación con cobalto. Su trabajo destaca la capacidad de los modelos in silico para simular y predecir cómo estas complejas moléculas interactúan con sistemas biológicos.

La convergencia de la farmacología computacional con tecnologías de aprendizaje automático y bases de datos robustas está permitiendo una predicción más precisa y eficiente de la actividad biológica y las propiedades ADME. Estos avances no solo aceleran el proceso de descubrimiento de fármacos, también contribuyen a una mejor comprensión de los mecanismos subyacentes de la interacción fármaco-receptor, lo que es esencial para el diseño de fármacos más seguros y efectivos. A medida que la tecnología avanza, los modelos in silico se vuelven cada vez más sofisticados, incorporando simulaciones de alta complejidad que pueden predecir con precisión la

interacción de moléculas pequeñas dentro de sistemas biológicos enteros. Esto no solo implica una mejora en la predicción de las propiedades ADME sino también una mayor comprensión de los perfiles de toxicidad, lo que es crucial para la seguridad del paciente.

Por lo tanto, la integración de técnicas avanzadas de modelado y análisis de datos en la farmacología computacional está transformando el paradigma del descubrimiento y desarrollo de fármacos. Los modelos *in silico* representan una herramienta indispensable en la evaluación temprana de candidatos a fármacos, permitiendo una selección más informada y estratégica que tiene el potencial de mejorar significativamente las tasas de éxito en el desarrollo de fármacos.

#### *Ejemplos de éxito en el uso de modelos in silico para la identificación de nuevos fármacos*

Estos modelos ofrecen una manera eficaz de simular la interacción molecular entre fármacos y blancos biológicos, facilitando el descubrimiento de compuestos con potencial farmacológico significativo. A continuación, se presentan ejemplos que describen el éxito de estas tecnologías en la identificación de nuevos fármacos.

Awoonor-Williams et al. (2023), exploraron técnicas avanzadas *in silico* en las etapas tempranas del descubrimiento de fármacos, centrándose en la identificación de disruptores de la interacción proteína-proteína (PPI) entre YAP y TEAD, un objetivo terapéutico importante para el tratamiento del cáncer. Utilizando simulaciones de dinámica molecular y diseño de fármacos asistido por computadora, lograron identificar moléculas pequeñas potentes que inhiben esta interacción, demostrando la capacidad de las técnicas *in silico* para descubrir nuevos compuestos con actividad anticancerígena específica.

Nazarova & Katritch (2022), discuten cómo el descubrimiento de fármacos *in silico* se ha vuelto una práctica común en la industria farmacéutica, destacando varios casos de éxito. El artículo subraya la importancia de los modelos computacionales en la optimización de compuestos líderes y la predicción de su comportamiento en entornos biológicos complejos, lo que permite una selección más eficiente de candidatos a fármacos antes de proceder a ensayos experimentales.

Byadi et al. (2023), presentan un estudio de descubrimiento *in silico* de inhibidores novedosos contra la proteasa principal (Mpro) del SARS-CoV-2, utilizando una base de datos de productos naturales del norte de África. A través de cribados virtuales y evaluaciones de docking molecular, identificaron compuestos con una fuerte afinidad de unión a Mpro, proporcionando candidatos prometedores para el desarrollo de tratamientos contra el COVID-19. Este trabajo ilustra cómo los modelos *in silico* pueden acelerar el descubrimiento de fármacos antivirales en respuesta a emergencias sanitarias globales.

Biswas & Bagchi (2022) ofrece una visión general del descubrimiento de fármacos in silico con un enfoque particular en el cáncer, destacando cómo estas técnicas pueden identificar nuevos agentes terapéuticos dirigidos a mecanismos específicos de la enfermedad. La revisión aborda el potencial de los modelos in silico para descifrar las complejidades de las redes de señalización del cáncer y encontrar puntos de intervención novedosos, facilitando el desarrollo de terapias más efectivas y personalizadas.

Estos ejemplos describen el papel transformador de los modelos in silico en el descubrimiento y desarrollo de fármacos. Al permitir simulaciones detalladas y análisis de grandes bibliotecas de compuestos, estos modelos computacionales no solo aceleran el proceso de identificación de nuevos fármacos, también mejoran la precisión de las predicciones sobre su eficacia y seguridad. Además, la capacidad de probar hipótesis complejas sobre la interacción fármaco-blanco sin la necesidad de ensayos experimentales costosos y prolongados presenta una ventaja significativa, especialmente en las fases tempranas de la investigación farmacéutica. A medida que las tecnologías computacionales avanzan, se espera que los modelos in silico continúen desempeñando un papel crucial en la superación de los desafíos del descubrimiento de fármacos, abriendo nuevas fronteras en la búsqueda de terapias innovadoras.

#### *Aplicación de modelos in silico en la identificación de nuevos fármacos*

##### *Casos de estudio de los modelos in silico para el descubrimiento de nuevos compuestos con potencial farmacológico*

Los modelos in silico se han establecido como herramientas indispensables en el descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos, ofreciendo métodos eficientes para evaluar el potencial farmacológico de compuestos antes de proceder a costosas y prolongadas pruebas experimentales. A través de casos de estudio específicos, es posible apreciar cómo estas tecnologías han sido fundamentales en la identificación de nuevos compuestos con significativo potencial terapéutico.

Un estudio realizado por Mhya et al. (2021), quienes utilizaron modelos in silico para investigar el potencial antidiabético de compuestos fenólicos presentes en las hojas de *Balanites aegyptiaca*. Mediante técnicas de docking molecular, identificaron varios compuestos con alta afinidad de unión a enzimas clave implicadas en la diabetes, sugiriendo que *Balanites aegyptiaca* podría ser una fuente valiosa de agentes antidiabéticos naturales. Este estudio no solo demuestra la eficacia de los modelos in silico en la identificación de nuevos fármacos potenciales sino también su capacidad para explorar fuentes naturales de compuestos bioactivos.

En otra investigación realizada por Ibrahim et al. (2023), donde exploraron la capacidad de inhibidores de SIRT2 derivados de fuentes naturales como agentes anticancerígenos

mediante el uso de herramientas in silico. Los resultados de su estudio ofrecieron aportes valiosos sobre la interacción entre estos inhibidores y la enzima SIRT2, un objetivo terapéutico relevante en el tratamiento del cáncer. La identificación de compuestos naturales como inhibidores de SIRT2 a través de modelos in silico subraya la importancia de estas tecnologías en el descubrimiento de nuevos fármacos con mecanismos de acción específicos (Ibrahimet al., 2023).

Onyango (2023), realizó una revisión sistemática sobre modelos in silico para el descubrimiento de fármacos anti-COVID-19, resaltando varios estudios donde estas herramientas tienen un papel importante en la rápida identificación de compuestos con actividad antiviral contra el SARS-CoV-2. La capacidad de los modelos in silico para evaluar rápidamente grandes bibliotecas de compuestos ha sido especialmente valiosa en el contexto de la pandemia de COVID-19.

Estos casos de estudio refieren la versatilidad y el poder de los modelos in silico en el descubrimiento de fármacos. Al simular la interacción entre compuestos y blancos biológicos, estos modelos permiten una evaluación preliminar de la eficacia y seguridad de potenciales fármacos, acelerando el proceso de descubrimiento y reduciendo el riesgo de fracaso en etapas posteriores. Además, la capacidad de los modelos in silico para explorar la bioactividad de compuestos derivados de fuentes naturales abre nuevas avenidas para el descubrimiento de fármacos, aprovechando la biodiversidad como fuente de nuevos agentes terapéuticos. En este sentido, los modelos in silico se han convertido en una herramienta indispensable en la investigación farmacéutica, ofreciendo un enfoque eficiente y costo-efectivo para la identificación de nuevos fármacos. A medida que estas tecnologías continúan evolucionando, es probable que su impacto en el descubrimiento y desarrollo de fármacos se expanda aún más, abriendo nuevas posibilidades para el tratamiento de enfermedades complejas y emergentes.

#### *Integración de modelos in silico con métodos experimentales*

La integración de modelos in silico con métodos experimentales representa un enfoque innovador en la validación de candidatos a fármacos, combinando lo mejor de ambos: la eficiencia y la capacidad predictiva de las simulaciones computacionales con la rigurosidad y la fiabilidad de los experimentos en laboratorio. Esta sinergia es fundamental para acelerar el proceso de descubrimiento de fármacos, optimizando recursos y tiempo al identificar los compuestos más prometedores para avanzar hacia las fases de prueba clínica.

Iwata (2023) destaca, la aplicación de tecnologías in silico en la identificación de blancos de fármacos y el análisis farmacocinético, destacando cómo estas herramientas pueden complementar las técnicas experimentales al predecir la interacción de los fármacos con sus objetivos y su comportamiento en el organismo. La combinación de modelado in



silico con ensayos bioquímicos y estudios de ligandos puede acelerar la identificación y optimización de compuestos con potencial terapéutico, ahorrando tiempo y recursos en el desarrollo de fármacos.

El trabajo de Tawada (2023), donde ilustra la integración de la química orgánica sintética con el descubrimiento de fármacos in silico en la identificación de inhibidores de la renina y O-GlcNAcase. Este enfoque combinado permitió la rápida síntesis y evaluación de una serie de compuestos, demostrando la eficacia de utilizar modelos computacionales para dirigir la síntesis química hacia compuestos con alta actividad biológica y selectividad. La interacción entre el modelado in silico y los métodos experimentales facilitó la identificación de candidatos a fármacos con propiedades mejoradas, destacando el potencial de esta estrategia integrada en el proceso de descubrimiento de fármacos (Tawada, 2023).

Sebastia-Saez et al. (2023), presentan un caso de estudio sobre el modelado in silico de la entrega transdérmica de fármacos macromoleculares asistida por un dispositivo hiperbárico de estiramiento de la piel. Este trabajo destaca cómo los modelos in silico pueden ser utilizados para predecir y optimizar la entrega de fármacos, complementando los experimentos in vitro e in vivo para evaluar la eficacia de los sistemas de entrega de fármacos. La integración de simulaciones in silico con pruebas experimentales permitió un diseño más eficiente de dispositivos de administración de fármacos, mejorando la precisión en la entrega de terapias macromoleculares a través de la piel.

Santos et al. (2021), discuten la aplicación de un enfoque integrado in silico y experimental hacia el diseño de una proteína recombinante novedosa que contiene un scFv anti-HER2. Este estudio ejemplifica cómo la modelización y simulación in silico pueden guiar el diseño y la ingeniería de proteínas terapéuticas, con las técnicas experimentales validando posteriormente la funcionalidad y eficacia de la proteína diseñada. La combinación de análisis in silico con ensayos biológicos y estudios de unión proporcionó una comprensión más profunda de la interacción entre el scFv y el receptor HER2, facilitando el desarrollo de terapias dirigidas contra el cáncer.

Estos trabajos recalcan la importancia de combinar modelos in silico con métodos experimentales en el descubrimiento y desarrollo de fármacos. Esta estrategia integrada no solo mejora la eficiencia y eficacia en la identificación de nuevos compuestos terapéuticos, sino que también proporciona importantes aportes sobre su mecanismo de acción, optimización de la entrega de fármacos y evaluación de la seguridad y eficacia. La adopción de enfoques integrados se convierte en una práctica estándar en la industria farmacéutica, prometiendo acelerar el desarrollo de terapias innovadoras y personalizadas para enfrentar los desafíos médicos del futuro.

### *Herramientas y software en farmacología computacional*

#### *Revisión de las principales herramientas y software utilizados en el modelado molecular y la predicción de propiedades farmacocinéticas*

La farmacología computacional ha experimentado un auge significativo gracias a la evolución de las herramientas y software de modelado molecular, los cuales juegan un papel fundamental en el diseño de fármacos y la predicción de sus propiedades farmacocinéticas. Estas tecnologías permiten simular y entender los procesos biológicos a nivel molecular, ofreciendo una vía rápida y costo-eficiente para el descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos.

Chawla et al. (2022) ofrece una visión detallada sobre la aplicación de la simulación por computadora y el modelado en la farmacocinética y farmacodinámica. Este enfoque computacional facilita una comprensión profunda de cómo los fármacos interactúan con el organismo, permitiendo predecir su absorción, distribución, metabolismo y excreción (ADME) con una precisión cada vez mayor. La capacidad de simular estos procesos en las etapas tempranas del desarrollo de fármacos puede reducir significativamente la necesidad de ensayos clínicos, acelerando el tiempo de llegada al mercado de nuevos tratamientos (Chawla et al., 2022).

Patel et al. (2022), revisan las herramientas de software computacional disponibles para el diseño y descubrimiento de fármacos, destacando la importancia de plataformas como AutoDock, Schrödinger y MOE en el proceso de diseño de fármacos. Estos programas permiten a los investigadores realizar un cribado virtual de bibliotecas de compuestos contra objetivos biológicos específicos, identificar interacciones moleculares clave y optimizar las estructuras de los compuestos para mejorar su actividad y selectividad. Este análisis subraya cómo el software de diseño de fármacos asistido por computadora se ha convertido en un componente indispensable del arsenal de herramientas disponible para los científicos en la industria farmacéutica.

Tiwari et al. (2024), discuten el papel de la simulación computacional en la mejora de la eficacia de los estudios de farmacocinética y farmacodinámica. Estas técnicas computacionales ofrecen ventajas notables, como la capacidad de predecir la respuesta de un organismo a un fármaco sin necesidad de experimentación física, proporcionando una herramienta valiosa para la evaluación de seguridad y eficacia de los fármacos en desarrollo. La revisión enfatiza cómo la simulación por computadora puede complementar y en algunos casos reemplazar los estudios in vivo e in vitro, contribuyendo a una investigación farmacéutica más ética y eficiente.

Por último, Hasan et al. (2022) examinan la aplicación de la modelización matemática y las herramientas computacionales en el proceso moderno de diseño y desarrollo de

fármacos. Este estudio destaca cómo el avance en las tecnologías de la información ha permitido el desarrollo de modelos computacionales sofisticados que pueden predecir con alta precisión la eficacia y seguridad de los nuevos compuestos. La integración de estas herramientas en las estrategias de desarrollo de fármacos ofrece la posibilidad de acelerar significativamente el proceso de descubrimiento y optimización de fármacos (Hasan et al., 2022).

La integración de herramientas y software de farmacología computacional en el descubrimiento y desarrollo de fármacos ha revolucionado la manera en que se identifican y optimizan los nuevos compuestos terapéuticos. Estas tecnologías ofrecen una vía para entender mejor los complejos mecanismos biológicos a nivel molecular, permitiendo una predicción precisa de las propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas de los fármacos. A medida que estas herramientas continúan evolucionando, se espera que su impacto en la aceleración del descubrimiento de fármacos y la mejora de la eficacia terapéutica se expanda aún más, marcando el comienzo de una nueva era en la investigación farmacéutica. En la siguiente tabla se presentan las principales herramientas y software

**Tabla 1**

*Herramientas y software en farmacología computacional*

| Nombre                                | Funcionalidad  | Desarrollador   |
|---------------------------------------|--|---|
| AutoDock                              | Predicción de cómo las moléculas pequeñas se unen a una proteína de interés.                       | The Scripps Research Institute                            |
| Schrödinger                           | Suite de software para modelado molecular, simulación y diseño de fármacos.                        | Schrödinger, LLC  |
| MOE (Molecular Operating Environment) | Diseño de fármacos asistido por computadora y modelado de estructuras moleculares.                 | Chemical Computing Group                                  |
| AMBER                                 | Simulación de dinámica molecular para biomoléculas.  | Universidad de California, San Francisco                  |
| GROMACS                               | Simulación de dinámica molecular, principalmente para biomoléculas.                                | Desarrollado originalmente en la Universidad de Groningen |
| Discovery Studio                      | Plataforma para modelado y simulación en ciencias de la vida.                                      | BIOVIA (Dassault Systèmes)                                |
| GOLD                                  | Herramienta de docking molecular para predecir cómo las moléculas pequeñas se unen a una proteína. | The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC)         |
| OpenEye Scientific Software           | Software para el descubrimiento de fármacos, modelado molecular y diseño de fármacos.              | OpenEye Scientific Software, Inc.                         |

*Discusión sobre la accesibilidad, ventajas y limitaciones de estas herramientas*

La integración de herramientas y software in silico en el descubrimiento y desarrollo de fármacos ha transformado las estrategias farmacéuticas, ofreciendo métodos avanzados

para la predicción de propiedades ADMET (absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad), el diseño de moléculas y la evaluación de la interacción fármaco-blanco. Sin embargo, a pesar de sus indudables ventajas, estas tecnologías también presentan desafíos y limitaciones que deben ser abordados para maximizar su eficacia.

La accesibilidad a herramientas y software *in silico* varía significativamente dependiendo de factores como el costo, la facilidad de uso y los requisitos de infraestructura tecnológica. Kar et al. (2022) indican que muchas de las plataformas más avanzadas requieren suscripciones costosas o licencias de uso, lo que puede limitar su disponibilidad para instituciones académicas o pequeñas empresas de biotecnología con presupuestos restringidos. Además, la complejidad de algunas aplicaciones demanda una capacitación especializada, lo que puede representar una barrera adicional para su adopción generalizada.

Las herramientas *in silico* ofrecen múltiples ventajas que han impulsado su adopción en la investigación farmacéutica. Permiten realizar simulaciones y predicciones rápidas sobre la interacción molecular de potenciales fármacos con sus blancos biológicos, lo que ayuda a identificar candidatos prometedores con mayor eficiencia y menor costo en comparación con los métodos experimentales tradicionales (Cox & Gupta, 2022). Además, la capacidad de estas herramientas para predecir propiedades ADMET de nuevos compuestos puede reducir significativamente el riesgo de fracaso en etapas posteriores del desarrollo de fármacos, optimizando el proceso de selección y diseño de moléculas.

A pesar de sus beneficios, las herramientas *in silico* no están exentas de limitaciones. Una de las principales críticas a estas tecnologías es su dependencia de la calidad y cantidad de los datos experimentales disponibles para el entrenamiento de modelos y algoritmos. Las predicciones pueden verse afectadas negativamente por bases de datos incompletas o inexactas, lo que puede llevar a resultados erróneos o interpretaciones equivocadas (Kar et al., 2022). Además, mientras que los modelos *in silico* son excelentes para simular interacciones moleculares específicas, pueden no capturar completamente la complejidad de los sistemas biológicos en su totalidad, limitando su capacidad para predecir efectos en organismos vivos con precisión absoluta.

Para superar estas limitaciones y mejorar la accesibilidad, es importante el desarrollo continuo de bases de datos abiertas y la estandarización de formatos de datos para facilitar el intercambio de información científica. La implementación de interfaces de usuario más intuitivas y programas de capacitación puede ayudar a reducir la barrera de entrada para nuevos usuarios. Cox & Gupta (2022), refieren que la integración de técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático está ampliando las capacidades de predicción de las herramientas *in silico*, permitiendo modelos más robustos y precisos que pueden aprender y adaptarse a partir de grandes conjuntos de datos.

Las herramientas y software in silico presentan desafíos en términos de accesibilidad y limitaciones inherentes a sus capacidades predictivas, sus ventajas en la aceleración del descubrimiento y desarrollo de fármacos son indiscutibles. Superar estos desafíos requiere un esfuerzo colaborativo entre desarrolladores de software, investigadores y organismos reguladores para mejorar la calidad de las predicciones y hacer estas herramientas más accesibles y eficaces.

### *Desafíos y perspectivas futuras*

#### *Desafíos actuales en la implementación de modelos in silico*

La implementación de modelos in silico en el descubrimiento de fármacos ha abierto un vasto campo de posibilidades para la identificación y optimización de nuevos compuestos terapéuticos. Sin embargo, a pesar de los avances significativos y los éxitos notables, esta metodología enfrenta desafíos inherentes que limitan su potencial y eficacia. Este análisis se centra en los desafíos actuales en la implementación de modelos in silico en el descubrimiento de fármacos y esboza posibles soluciones y perspectivas para el futuro.

Uno de los desafíos más significativos en la implementación de modelos in silico es la calidad y disponibilidad de los datos necesarios para alimentar estos modelos. Esaki & Ikeda (2023), discuten las dificultades y perspectivas de la curación de datos para el modelado ADME in silico, destacando cómo la precisión de las predicciones depende críticamente de la calidad de los datos disponibles. La falta de bases de datos completas, precisas y accesibles puede llevar a predicciones erróneas, afectando negativamente el proceso de descubrimiento de fármacos.

En el trabajo de Meqbil & Van Rijn (2022), subrayan los desafíos asociados con la complejidad de los sistemas biológicos y su modelado in silico, particularmente en el contexto del descubrimiento de fármacos en receptores opioides delta. Esta complejidad biológica a menudo dificulta la predicción precisa de la actividad farmacológica, dado que los modelos in silico pueden no capturar completamente la dinámica y las interacciones moleculares en sistemas biológicos reales.

Chang et al. (2022), abordan la necesidad de una mejor integración entre los modelos in silico y los métodos experimentales. La validación experimental de las predicciones in silico es fundamental para asegurar la relevancia y aplicabilidad de los resultados. Sin embargo, esta integración plantea desafíos logísticos y metodológicos, incluyendo la necesidad de recursos sustanciales y la adaptación de los hallazgos computacionales a modelos experimentales viables.

Para Yang et al. (2023), donde discuten los desafíos en la predicción de blancos farmacológicos mediante modelos in silico, resaltando cómo la implementación de modelos quimio-genómicos basados en información multi-escala puede mejorar la

precisión de estas predicciones. Sin embargo, el desarrollo y la implementación de tales modelos requieren una comprensión profunda de la biología molecular y la química computacional, así como el acceso a datos multidimensionales de alta calidad.

Para superar estos desafíos, es imperativo el desarrollo de bases de datos más robustas y accesibles, que incorporen datos experimentales verificados y de alta calidad. La colaboración entre académicos, la industria y las instituciones gubernamentales puede facilitar la estandarización y el intercambio de datos, mejorando la calidad de las predicciones *in silico*. La investigación continua en el campo de la biología de sistemas y la bioinformática es fundamental para mejorar la capacidad de los modelos *in silico* de capturar la complejidad de los sistemas biológicos. Esto incluye el desarrollo de algoritmos más sofisticados que puedan simular dinámicas moleculares complejas y predecir interacciones farmacológicas con mayor precisión.

La integración efectiva de los modelos *in silico* con experimentación experimental requiere no solo avances tecnológicos sino también un enfoque interdisciplinario que combine conocimientos de la farmacología, la química computacional y la biología molecular. La implementación de estrategias de investigación traslacional puede facilitar esta integración, promoviendo un ciclo continuo de validación y refinamiento de los modelos computacionales. Finalmente, la adopción de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el aprendizaje profundo ofrece perspectivas prometedoras para superar los desafíos actuales en el modelado *in silico*.

Aunque los modelos *in silico* enfrentan desafíos significativos en su implementación, las perspectivas futuras son alentadoras. A través de la mejora continua de las tecnologías computacionales, la colaboración interdisciplinaria y la integración de nuevos enfoques metodológicos, es posible superar estos obstáculos, abriendo nuevos caminos para el descubrimiento y desarrollo de fármacos.

#### *Perspectivas sobre el futuro de la farmacología computacional*

La farmacología computacional se encuentra en una encrucijada de innovación y transformación, con la promesa de superar sus desafíos actuales a través de la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) y la computación cuántica, estas tecnologías ofrecen soluciones a las limitaciones existentes para el descubrimiento y desarrollo de fármacos y cómo estos avances tecnológicos pueden actuar como disruptores en el campo de la farmacología computacional.

La IA, con su capacidad para procesar y analizar grandes volúmenes de datos a una velocidad y precisión sin precedentes, tiene el potencial de revolucionar la farmacología computacional. Algoritmos de aprendizaje profundo y redes neuronales pueden identificar patrones y correlaciones ocultas dentro de datos complejos, facilitando la

identificación de nuevos blancos terapéuticos y la predicción de propiedades farmacológicas de compuestos con una precisión mejorada. Cova et al. (2022), donde destacan cómo la IA puede acelerar significativamente el cribado de compuestos y la optimización de candidatos a fármacos, reduciendo los ciclos de desarrollo y los costos asociados. Además, la capacidad de la IA para aprender de datos experimentales y mejorar continuamente sus modelos predictivos promete una era de descubrimientos farmacológicos más eficientes y personalizados.

La computación cuántica representa otra frontera tecnológica con el potencial de transformar la farmacología computacional. Como discuten Izsák et al. (2023), esta tecnología ofrece un enfoque novedoso para el modelado molecular y la simulación de sistemas biológicos, superando las limitaciones de capacidad de cálculo de las computadoras clásicas. La computación cuántica permite modelar interacciones moleculares y reacciones químicas con un nivel de detalle y precisión sin precedentes, ofreciendo nuevas perspectivas para el diseño racional de fármacos y la comprensión de mecanismos biológicos complejos. La capacidad de realizar simulaciones cuánticas precisas de moléculas y sus interacciones podría revolucionar la predicción de propiedades ADMET, la identificación de blancos y la optimización de candidatos a fármacos.

La integración de la IA y la computación cuántica en la farmacología computacional no está exenta de desafíos. La implementación efectiva de estas tecnologías requiere el desarrollo de infraestructura computacional avanzada, algoritmos especializados y la adquisición de competencias técnicas por parte de los investigadores. Además, la interpretación de los datos generados por estos sistemas avanzados y su integración en el proceso de descubrimiento y desarrollo de fármacos necesitan un marco de trabajo interdisciplinario que combine la informática, la biología y la química. Sin embargo, las perspectivas para el futuro de la farmacología computacional son extraordinariamente prometedoras. La IA y la computación cuántica no solo ofrecen soluciones a los desafíos actuales, también abren nuevas oportunidades para explorar el espacio químico y biológico con una eficiencia y creatividad sin precedentes. A medida que estas tecnologías continúen madurando, se espera que faciliten el descubrimiento de fármacos más rápidos, más económicos y personalizados, transformando fundamentalmente el campo de la farmacología computacional.

La farmacología computacional está al borde de una era de innovación impulsada por la IA y la computación cuántica. Estas tecnologías emergentes tienen el potencial de superar los desafíos actuales y ampliar significativamente las capacidades de predicción y diseño de fármacos. Al abordar las limitaciones existentes y adoptar estas herramientas avanzadas, el campo está bien posicionado para acelerar el descubrimiento de nuevos medicamentos y contribuir a la medicina del futuro.

### *El papel de la IA y el aprendizaje automático en la mejora de modelos in silico*

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) y el Aprendizaje Automático (ML) en los modelos in silico ha marcado un punto de inflexión en el campo de la farmacología computacional, ofreciendo métodos avanzados para la predicción de efectos farmacológicos y toxicológicos con una precisión sin precedentes. Los estudios de Rao et al. (2023), Hu et al. (2023), Killeen et al. (2023) y Wang et al. (2022), ilustran cómo la IA y el ML están redefiniendo las capacidades de los modelos in silico, desde la predicción de la toxicidad hasta la simulación de ensayos clínicos.

### *Mejora de la predicción de toxicidad*

Para Rao et al. (2023), donde demuestran la capacidad de los modelos de IA/ML para predecir la gravedad de la lesión hepática inducida por fármacos en moléculas pequeñas. Estos modelos pueden identificar patrones ocultos en conjuntos de datos complejos, permitiendo una evaluación más precisa del riesgo de toxicidad hepática antes de los ensayos clínicos. La implementación de estas tecnologías promete mejorar la seguridad de los medicamentos, reduciendo la incidencia de efectos adversos inesperados.

Hu et al. (2023), exploran la predicción in silico de toxicidad en órganos humanos utilizando métodos de IA, resaltando cómo estas herramientas avanzadas pueden simular y prever efectos tóxicos con gran detalle. La capacidad de predecir efectos adversos en órganos específicos antes de la experimentación in vivo es crucial para la evaluación de seguridad de nuevos compuestos, acelerando el proceso de descubrimiento de fármacos mientras se asegura su perfil de seguridad.

### *Simulación y planificación quirúrgica*

Killeen et al. (2023), discuten el papel de la simulación in silico, habilitada por IA, en el desarrollo de sistemas quirúrgicos inteligentes de próxima generación. Estas tecnologías permiten la planificación quirúrgica y la toma de decisiones basada en simulaciones precisas y personalizadas de procedimientos, mejorando los resultados para los pacientes y avanzando hacia una medicina más predictiva y personalizada.

### *Ensayos clínicos virtuales*

Con respecto a ensayos clínicos virtuales, Wang et al. (2022) revisan la aplicación de la IA en la realización de ensayos clínicos in silico, una innovación que tiene el potencial de transformar la manera en que se prueban los medicamentos. Mediante la simulación de poblaciones de pacientes virtuales y la predicción de resultados de ensayos, la IA ofrece información determinante sobre la eficacia y seguridad de los fármacos, reduciendo la necesidad de extensos ensayos clínicos y acelerando la introducción de nuevas terapias en el mercado.



### *Desafíos y perspectivas futuras sobre la IA en modelos in silico*

A pesar de estos avances, la implementación de IA y ML en modelos in silico enfrenta desafíos. La calidad y cantidad de los datos disponibles para entrenar los modelos de IA/ML son determinantes para su precisión y aplicabilidad. Además, la interpretación de los resultados y su integración en el proceso de desarrollo de fármacos requieren un entendimiento profundo tanto de la ciencia de datos como de la biología y farmacología subyacentes.

La evolución de la farmacología computacional dependerá en gran medida de cómo se aborden estos desafíos. La colaboración interdisciplinaria entre biólogos, químicos, farmacólogos y expertos en ciencia de datos es esencial para maximizar el potencial de la IA y el ML. Además, el desarrollo de algoritmos más sofisticados, capaces de gestionar la complejidad y la heterogeneidad de los datos biológicos, será clave para el avance de los modelos in silico.

La IA y el ML están sentando las bases para una nueva era en la farmacología computacional, ofreciendo herramientas poderosas para la predicción y simulación de efectos farmacológicos y toxicológicos. A medida que estas tecnologías continúan desarrollándose, se espera que su integración en modelos in silico proporcione una vía más rápida y segura para el descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos, revolucionando el campo de la investigación farmacéutica.

### **Conclusiones**

Este artículo ha explorado la evolución y el impacto de los modelos in silico en el campo del descubrimiento y desarrollo de fármacos. Desde la descripción de técnicas de modelado molecular y la discusión sobre su capacidad para predecir la actividad biológica y las propiedades ADMET, hasta la presentación de casos de estudio que ejemplifican su éxito en la identificación de nuevos compuestos terapéuticos. Además, se ha analizado la integración de estas herramientas computacionales con métodos experimentales, y se han examinado las principales plataformas de software utilizadas en la farmacología computacional, destacando tanto sus ventajas como sus limitaciones. Finalmente, se ha reflexionado sobre los desafíos actuales y las perspectivas futuras del campo, especialmente en relación con las promesas de la inteligencia artificial y la computación cuántica.

La síntesis de estos puntos clave subraya la importancia crítica de continuar desarrollando y aplicando modelos in silico dentro de la farmacología. Estas herramientas no solo ofrecen una ruta para acelerar el proceso de descubrimiento y desarrollo de fármacos, sino que también proporcionan una plataforma para la innovación terapéutica. La capacidad de simular interacciones moleculares y predecir el comportamiento de los fármacos en el

organismo antes de la síntesis y prueba experimental ofrece un potencial enorme para reducir los costos y tiempos asociados con la investigación farmacéutica tradicional.

Además, la integración de tecnologías emergentes como la IA y la computación cuántica presenta una oportunidad sin precedentes para superar los desafíos actuales de los modelos *in silico*, permitiendo una precisión, eficiencia y personalización aún mayores en el descubrimiento de fármacos. Estas tecnologías no solo pueden mejorar la capacidad predictiva de los modelos existentes, sino que también pueden abrir nuevas direcciones para la investigación farmacéutica, incluyendo la exploración de espacios químicos y biológicos previamente inaccesibles.

Sobre la importancia de estos avances, es evidente que los modelos *in silico* y las tecnologías computacionales representan una parte integral y cada vez más indispensable del futuro del descubrimiento de fármacos. Su desarrollo y aplicación continuos no solo acelerarán la identificación de nuevos fármacos, sino que también facilitarán el surgimiento de terapias más efectivas y seguras. A medida que se enfrentan desafíos globales emergentes en salud, como nuevas enfermedades infecciosas y la creciente resistencia a los antibióticos, la necesidad de innovar en el descubrimiento de fármacos se vuelve aún más crítica. En este contexto, los modelos *in silico* se posicionan como herramientas clave para abordar estas necesidades, promoviendo una era de descubrimientos farmacológicos más ágiles y personalizados.

La farmacología computacional, potenciada por modelos *in silico* y tecnologías avanzadas, continúa siendo un campo de investigación prometedor con el potencial de transformar radicalmente el descubrimiento y desarrollo de fármacos. A medida que se avanza, es imperativo que la comunidad científica global se comprometa a explorar y expandir las capacidades de estas herramientas, asegurando que puedan cumplir su promesa de acelerar y enriquecer la búsqueda de soluciones terapéuticas para los desafíos de salud del mundo.

#### Conflicto de intereses

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

#### *Referencias bibliográficas*

Agarwal, A., & Kumar, R. (2020). Application of Molecular Modeling Study in Discovery of Various Types of Novel Lead Compounds. *SSRN Electronic Journal*, 3(6). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3576518>

Awoonor-Williams, E., Dickson, C. J., Furet, P., Golosov, A. A., & Hornak, V. (2023). Leveraging advanced *in silico* techniques in early drug discovery: a study of potent

- small-molecule YAP-TEAD PPI disruptors. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 63(8), 2520–2531. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c00122>
- Bhuvaneshwari, S., Umashankar, M., & Kirubakaran, N. (2022). Molecular modeling tool application in micro- and macromolecule therapeutics – an updated review. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 12(1), 1–6. [https://doi.org/10.4103/IJNPND.IJNPND\\_73\\_21](https://doi.org/10.4103/IJNPND.IJNPND_73_21)
- Biswas, S., & Bagchi, A. (2022). An overview of in silico drug discovery with emphasis on cancer. *Handbook of oxidative stress in cancer: therapeutic aspects* (pp. 3215–3227). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-5422-0\\_137](https://doi.org/10.1007/978-981-16-5422-0_137)
- Byadi, S., Oblak, D., Kassmi, Y., Sadik, K., Hachim, M. E., Podlipnik, Č., & Aboulmouhajir, A. (2023). In silico discovery of novel inhibitors from Northern African natural products database against main protease (Mpro) of SARS-CoV-2. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 41(7), 2900–2910. <https://doi.org/10.1080/07391102.2022.2040594>
- Chang, Y., Hawkins, B. A., Du, J. J., Groundwater, P. W., Hibbs, D. E., & Lai, F. (2022). A guide to in silico drug design. *Pharmaceutics*, 15(1), 49. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15010049>
- Chawla, R., Rani, V., Mishra, M., & Kumar, K. (2022). Computer simulation and modeling in pharmacokinetics and pharmacodynamics. En *Computer Aided Pharmaceutics and Drug Delivery* (pp. 217–254). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-5180-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-16-5180-9_8)
- Cova, T., Vitorino, C., Ferreira, M., Nunes, S., Rondon-Villarreal, P., & Pais, A. (2022). *Artificial intelligence and quantum computing as the next pharma disruptors* (pp. 321–347). [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1787-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1787-8_14)
- Cox, P. B., & Gupta, R. (2022). Contemporary computational applications and tools in drug discovery. *ACS Medicinal Chemistry Letters*, 13(7), 1016–1029. <https://doi.org/10.1021/acsmchemlett.1c00662>
- Di Lascio, E., Gerebtzoff, G., & Rodríguez-Pérez, R. (2023). Systematic Evaluation of Local and Global Machine Learning Models for the Prediction of ADME Properties. *Molecular Pharmaceutics*, 20(3), 1758–1767. <https://doi.org/10.1021/acs.molpharmaceut.2c00962>
- Esaki, T., & Ikeda, K. (2023). Difficulties and prospects of data curation for ADME & in silico modeling. *Chem-Bio Informatics Journal*, 23(0), 1–6. <https://doi.org/10.1273/cbij.23.1>

- Hasan, M. R., Alsaiani, A. A., Fakhurji, B. Z., Molla, M. H. R., Asseri, A. H., Sumon, M. A. A., Park, M. N., Ahammad, F., & Kim, B. (2022). Application of mathematical modeling and computational tools in the modern drug design and development process. *Molecules*, 27(13), 4169. <https://doi.org/10.3390/molecules27134169>
- Hu, Y., Ren, Q., Liu, X., Gao, L., Xiao, L., & Yu, W. (2023). *In silico* prediction of human organ toxicity via artificial intelligence methods. *Chemical Research in Toxicology*, 36(7), 1044–1054. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.2c00411>
- Ibrahim, M. A. A., Abdeljawaad, K. A. A., Roshdy, E., Mohamed, D. E. M., Ali, T. F. S., Gabr, G. A., Jaragh-Alhadad, L. A., Mekhemer, G. A. H., Shawky, A. M., Sidhom, P. A., & Abdelrahman, A. H. M. (2023). *In silico* drug discovery of SIRT2 inhibitors from natural source as anticancer agents. *Scientific Reports*, 13(1), 2146. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28226-7>
- Iwata, H. (2023). Application of *in Silico* Technologies for Drug Target Discovery and pharmacokinetic Analysis. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 71(6), c22-00638. <https://doi.org/10.1248/cpb.c22-00638>
- Izsák, R., Riplinger, C., Blunt, N. S., de Souza, B., Holzmann, N., Crawford, O., Camps, J., Neese, F., & Schopf, P. (2023). Quantum computing in pharma: A multilayer embedding approach for near future applications. *Journal of Computational Chemistry*, 44(3), 406–421. <https://doi.org/10.1002/jcc.26958>
- Kar, S., Roy, K., & Leszczynski, J. (2022). *In silico* tools and software to predict ADMET of New Drug Candidates (pp. 85–115). [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1960-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1960-5_4)
- Killeen, B. D., Cho, S. M., Armand, M., Taylor, R. H., & Unberath, M. (2023). *In silico* simulation: a key enabling technology for next-generation intelligent surgical systems. *Progress in Biomedical Engineering*, 5(3), 032001. <https://doi.org/10.1088/2516-1091/acd28b>
- Kola-Mustapha, A. T., Raji, M. A., Adedeji, O., & Ambrose, G. O. (2023). Network Pharmacology and Molecular Modeling to Elucidate the Potential Mechanism of Neem Oil against *Acne vulgaris*. *Molecules*, 28(6), 2849. <https://doi.org/10.3390/molecules28062849>
- Meqbil, Y., & Van Rijn, R. (2022). Opportunities and challenges for *in silico* drug discovery at delta opioid receptors. *Pharmaceuticals*, 15(7), 873. <https://doi.org/10.3390/ph15070873>

- Mhya, D., Nuhu, A., & Mankilik, M. (2021). In-silico discovery of antidiabetic drug potential of Balanites Egyptian leaf's phenolic compounds. *Natural Resources for Human Health*, 1(2), 91–97. <https://doi.org/10.53365/nrfhh/142375>
- Munagala Alivelu, Natte Kavitha, & Cherkupally Ramaraju. (2022). In silico ADME, Bioactivity and Toxicity Prediction of some Selected Antiviral Drugs. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 637–643. <https://doi.org/10.32628/IJSRST2296101>
- Nazarova, A. L., & Katritch, V. (2022). It all clicks together: In silico drug discovery becoming mainstream. *Clinical and Translational Medicine*, 12(4). <https://doi.org/10.1002/ctm2.766>
- Onyango, O. H. (2023). In silico models for anti-COVID-19 drug discovery: a systematic review. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 2023, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2023/4562974>
- Patel, J. R., Joshi, H. V., A. Shah, U., & K. Patel, J. (2022). A review on computational software tools for drug design and discovery. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 12, 53–81. <https://doi.org/10.35652/IGJPS.2022.12006>
- Platania, C. B. M., & Bucolo, C. (2021). *Molecular dynamics simulation techniques as tools in drug discovery and pharmacology: a focus on allosteric drugs* (pp. 245–254). [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1154-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1154-8_14)
- Raducka, A., Świątkowski, M., Gobis, K., Szymański, P., & Czyłkowska, A. (2022). In Silico ADME and toxicity prediction of benzimidazole derivatives and its cobalt coordination compounds. synthesis, characterization and crystal structure. *Molecules*, 27(22), 8011. <https://doi.org/10.3390/molecules27228011>
- Rao, M., Nassiri, V., Alhambra, C., Snoeys, J., Van Goethem, F., Irrechukwu, O., Aleo, M. D., Geys, H., Mitra, K., & Will, Y. (2023). AI/ML models to predict the severity of drug-induced liver injury for small molecules. *Chemical Research in Toxicology*, 36(7), 1129–1139. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.3c00098>
- Santos, J., Cardoso, M., Moreira, I. S., Gonçalves, J., Correia, J. D. G., Verde, S. C., & Melo, R. (2021). Integrated in silico and experimental approach towards the design of a novel recombinant protein containing an anti-HER2 scFv. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3547. <https://doi.org/10.3390/ijms22073547>
- Sebastia-Saez, D., Benaouda, F., Lim, C. H., Lian, G., Jones, S. A., Cui, L., & Chen, T. (2023). In-silico modelling of transdermal delivery of macromolecule drugs assisted by a skin stretching hypobaric device. *Pharmaceutical Research*, 40(1), 295–305. <https://doi.org/10.1007/s11095-022-03423-7>

- Tawada, M. (2023). Creation of new lead compounds for renin inhibitors and O - GlcNAcase inhibitors by combining organic synthesis and in silico technology. *Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan*, 81(1), 25–34.  
<https://doi.org/10.5059/yukigoseikyokaishi.81.25>
- Tiwari, G., Shukla, A., Singh, A., & Tiwari, R. (2024). Computer simulation for effective pharmaceutical kinetics and dynamics: a review. *Current Computer-Aided Drug Design*, 20(4), 325–340.  
<https://doi.org/10.2174/1573409919666230228104901>
- Wang, Z., Gao, C., Glass, L., & Sun, J. (2022). Artificial intelligence for in silico clinical trials: a review. *ArXiv, abs/2209.09023*.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252367454>
- Yang, S.-Q., Zhang, L.-X., Ge, Y.-J., Zhang, J.-W., Hu, J.-X., Shen, C.-Y., Lu, A.-P., Hou, T.-J., & Cao, D.-S. (2023). In-silico target prediction by ensemble chemogenomic model based on multi-scale information of chemical structures and protein sequences. *Journal of Cheminformatics*, 15(1), 48.  
<https://doi.org/10.1186/s13321-023-00720-0>

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



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 Alfa Publicaciones**.



#### Indexaciones

