INNOVACIÓN UNIVERSITARIA

ISSN: 2953-7606



Universidad Internacional de las Américas

REVISTA VOL. 8, 2026

CONTENIDO

Presentación.....1

EDITORIAL

Del temor a la confianza: la integración ética de la inteligencia artificial en la investigación académica universitaria.....6

ARTÍCULOS

Buenas prácticas internacionales para el abordaje interdisciplinario del climaterio y la menopausia: aportes desde Reino Unido y Canadá al sistema costarricense.....17

Interacciones entre plantas medicinales y antimicrobianos en infecciones bacterianas y parasitarias: una revisión narrativa con enfoque en Costa Rica.....52

Evaluación de resultados de aprendizaje en Educación Superior: modelo metodológico mediado por un LMS.....100

Clasificación de patrones de consumo petrolero en 58 países mediante clúster jerárquico: tendencias globales y contexto de Costa Rica (2019–2023).....124

INNOVACIÓN UNIVERSITARIA
ISSN: 2953-7606

INNOVACIÓN UNIVERSITARIA
ISSN: 2953-7606

PUBLICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS
GERENCIA DE INNOVACIÓN Y CALIDAD
VOLUMEN 8, 2026 – ISSN:2953-7606



Todos los artículos publicados en esta revista están protegidos bajo la licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

La revista *Innovación Universitaria* es una publicación multidisciplinaria en formato digital y de acceso libre que tiene el objetivo de promover una cultura de investigación desde un enfoque interdisciplinario y propiciar un intercambio académico entre miembros de la comunidad científica nacional e internacional. Asimismo, se propone divulgar los trabajos y experiencias que reflejen el quehacer científico, principalmente desde el ámbito de Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales, Ingenierías, Educación, Administración y Derecho, así como de áreas o temáticas afines.

Esta revista sigue el modelo de publicación de acceso abierto diamante y se apoya en las normas y códigos de ética internacionales establecidos por el *Committee on Publication Ethics* (COPE). También se apoya en los principios de transparencia y mejores prácticas en publicaciones académicas de la Asociación de Editores Académicos de Acceso Abierto (OASPA), asociación que también integra organizaciones académicas como COPE, DOAJ y WAME.

EQUIPO EDITORIAL 2026

DIRECCIÓN EDITORIAL

- Adriana Luna Canales – Editora en jefe
- Alejandro Monge Salazar – Editor Asociado

EQUIPO TÉCNICO

- Roberto Aragón Quintanilla – Desarrollo Web
- José Esteban Ulloa Granados – Diseño Gráfico
- Gina Valerio Calvo – Corrección de estilo

CONSEJO EDITORIAL

- Harold Coronado Coronado - Universidad Internacional de las Américas
- Emmanuel Coto Roque – Universidad Internacional de las Américas
- Mónica Delgado Marín - Universidad Internacional de las Américas
- Karen Kenton Paniagua - Universidad Internacional de las Américas
- Luis Carlos Serrano Madrigal – Universidad Internacional de las Américas

COMITÉ CIENTÍFICO EXTERNO

Gustavo Jiménez Barboza, Mag. – Universidad de Costa Rica (UCR)
Daniel García Ramírez - Independiente
Pablo Calderón Villalobos, Mag. – Universidad Nacional (UNA)
Juan Esteban Durango Rave, Mag. – Universidad Libre de Derecho
Grettcheng Flores Sandí, Dra. – Universidad de Costa Rica (UCR)
Esteban Paniagua Vega, Mag. – Universidad nacional (UNA)
Juan Carlos Morales-Jiménez, Dr. – Universidad Estatal a Distancia (UNED)
Juan Diego Sánchez Sánchez, Dr. – Independiente
Fernando Montero Cordero, Mag. – Universidad Nacional (UNA)
Gilmar Navarrete Chacón, Ing. – FONAFIFO
Duayner Salas Chaverri, Mag. – Universidad de Costa Rica (UCR)
Gustavo Sáenz García, Mag. – Punto Seguro
Guiselle María Garbanzo Vargas, Dra. – Universidad de Costa Rica (UCR)
Oralia Suárez Rosario, Dra. – Universidad de Panamá (UP)
María de los Ángeles Ortega Del Rosario, Dra. – Universidad Tecnológica de Panamá (UTP)
Rafael R. Cúnsulo, Dr. – Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino (UNSTA)
Cecilia E. Saavedra Fresia, Mag. – Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino (UNSTA)
Solange Finkelsztein, Dra. – Universidad Austral
Román Augusto Monroy, Mag. – Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino (UNSTA)
Pablo Bianchi Palomares, Dr. – Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO)
Pedro Luis Figueroa, Mag. – Universidad Provincial de Córdoba (UPC)
Erica Schenkel, Dra. – Universidad Nacional del Sur - CONICET
Ivanna Novotny Núñez, Dra. – Universidad Del Norte Santo Tomas de Aquino (UNSTA)
Juan Pablo Vélez Uribe, Dr. – Corporación Universitaria Remington
Diana María Vásquez Avellaneda, Dra. – Universidad del Valle
Milton Trujillo-Losada, Dr. – Universidad del Valle
José Luis Camarena Martínez, Dr. – Universidad Externado de Colombia
Alejandro Arango Correa, Dr. – Corporación Universitaria Remington
Luis Alberto Vargas Marín, Dr. – Universidad de Manizales

Juan Esteban Vélez Álvarez, Mag. – Corporación Universitaria Remington
Rhina Dinora Flores Navas, Mag. – Universidad Nueva San Salvador (UNSSA)
Antonio Vásquez Hidalgo, Ph.D. – Universidad de El Salvador (UES)
Diego Enrique Tovar Osegueda, Mag. – Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA)
José Osman López Canales, Dr. – Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)
Luis Diego Chacón Víquez, Dr. – Universidad Tecnológica de Honduras (UTH)
Diana Carolina Miralda Fúnez, Mag. – Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)
José Carlos Aránguez Aránguez, Dr. – Universidad Europea de Madrid (UEM)
Diego Arceredillo Alonso, Dr. – Universidad Internacional de Valencia (VIU)
Alejandro del Pino Del Pino Tortonda, Dr. – Universidad Camilo José Cela (UCJC)
María del Pilar Jiménez Martínez, Dra. – Universidad Camilo José Cela (UCJC)
María Raquel Picornell Buendía, Dra. – Universidad Camilo José Cela (UCJC)
Sara Cabañas Area, Dra. – Universidad Camilo José Cela (UCJC)
Daniel del Valle-Inclán Rodríguez de Miñón, Dr. – Universidad Camilo José Cela (UCJC)
Percy Guzmán Montero, Dr. – National Cancer Institute (NCI)
Sandra Rentas, Mag. – University of Nevada
Paul Sánchez Ruiz, Dr. – Iowa State University of Science and Technology (Ivy College of Business)
Jonathan Hernández Omaña, Dr. – Universidad Autónoma del Estado de México (UAE Méx)
Sergio Zepeda Hernández, Dr. – Universidad Autónoma Metropolitana (UAM - Cuajimalpa)
Mario Chavarría Suárez, Dr. – Universidad Autónoma Metropolitana (UAM - Cuajimalpa)
Aureola Quiñonez Salcido, Dra. – Universidad Autónoma Metropolitana (UAM - Cuajimalpa)
Mariana Moranchel Pocaterra, Dra. – Universidad Autónoma Metropolitana (UAM - Cuajimalpa)
Josué A. Velázquez Moyado, Dr. – Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Sandra Hernández Muñoz, Dra. – Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Cuajimalpa)
Martina Carlos Arroyo, Dra. – Universidad del Valle de Atemajac (UNIVA)
Rafael Velázquez Flores, Dr. – Universidad Autónoma de Baja California (UABC)
Omar Hernández Vargas, Mag. – Universidad de Guadalajara (UdeG)
Christian Paulina Mendoza Torres, Dra. – Universidad de Celaya (UDEC)
Guillermo Isaac González Rodríguez, Dr. – Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez (TECMM)
Aracelly Krisanda Mérida González, Dra. – Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)
Lianne Mosqueda Padrón, Dra. – Universidad de Las Tunas (ULT)
Rodolfo de Oliveira Medeiros, Dr. – Universidad de Marília (UNIMAR)
Eduardo Ortigoza Moreno, Dr. – Universidad del Norte (UNINORTE)
Ángeles M. Maqueira Yamasaki, Mag. – Universidad de Lima (ULIMA)

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

PRESENTACIÓN

Cada nuevo volumen de una revista científica representa mucho más que la publicación de un conjunto de artículos. Detrás de cada edición existe un trabajo continuo de lectura minuciosa, evaluación, revisión, corrección, edición, gestión de metadatos y acompañamiento a personas autoras y revisoras. Pero, sobre todo, existe un compromiso con la calidad, con la generación y divulgación del conocimiento, porque publicar periódicamente implica sostener un proceso que se construye día a día y que requiere aprendizaje, organización y mejora continua.

El Volumen 8 de Innovación Universitaria es el resultado de todo ese esfuerzo. Durante 2026 trabajamos no solo para garantizar la continuidad de nuestra publicación, sino también para fortalecer y mejorar progresivamente los procesos que hacen posible su gestión editorial.

Uno de los principales hitos de este año fue la incorporación de nuestra revista al Catálogo 2.0 de Latindex. Más allá de entender la indexación como un fin último, la asumimos como parte de un proceso permanente de fortalecimiento de la calidad, la visibilidad y la sostenibilidad de la gestión editorial.

Son muchos los aprendizajes y estos no han ocurrido de manera aislada. A lo largo del año hemos tenido la oportunidad de participar en congresos, encuentros académicos, talleres y actividades de capacitación, tanto a nivel local como internacional, relacionados con la redacción científica, la comunicación académica, la optimización de metadatos y la gestión editorial. Cada uno de estos espacios han sido sumamente enriquecedores y representan una gran oportunidad para nuestra revista. Escuchar otras experiencias, encontrarnos con colegas que, desde diferentes contextos, enfrentan desafíos similares a los nuestros, conocer las soluciones que se están desarrollando en distintos países y contrastarlas con nuestro propio trabajo nos ha ayudado a comprender que los retos de las revistas científicas, al igual que los aprendizajes tampoco son aislados.

Entre todas estas experiencias, asistir al Foro Latinoamericano de Ciencia Abierta, celebrado en Costa Rica en agosto de este año fue realmente especial. Este evento permitió acercarnos a discusiones vigentes sobre conocimiento abierto basados en los pilares de Ciencia Abierta de la

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

UNESCO, evaluación científica, ética, inteligencia artificial, alfabetización y divulgación científica, entre otros temas fundamentales en el ámbito de la publicación científica y académica. (Universidad de Costa Rica, 2026). Asimismo, participar en este evento fue fundamental para comprender que en América Latina existe una comunidad que está construyendo, aprendiendo y buscando nuevas formas de fortalecer la comunicación científica a pesar de la coyuntura actual.

Pero más allá de los conocimientos adquiridos, estos espacios permitieron validar el camino recorrido, ya que el conocer y aprender sobre otras experiencias hizo posible reconocer que muchos de los desafíos y necesidades que enfrentamos forman parte de conversaciones más amplias que actualmente atraviesan a las revistas científicas de acceso abierto no comercial de nuestra región, sin importar si se trata de instituciones educativas públicas o como en nuestro caso, de una institución de educación superior privada. También nos recuerda algo fundamental: todavía tenemos mucho por aprender.

Sin duda, el mirar hacia afuera inevitablemente implica mirar nuestro propio contexto. Los resultados del Informe PISA 2025, publicados recientemente por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés), vuelven a poner sobre la mesa los desafíos que enfrenta la educación. En Costa Rica, aunque se observan algunos avances respecto de la medición anterior, el desempeño continúa por debajo del promedio de la OCDE en las áreas evaluadas (OECD, 2026)

Estos resultados constituyen una oportunidad para preguntarnos qué podemos hacer, desde los distintos espacios educativos y académicos, para fortalecer las capacidades de las personas para comprender, analizar, investigar, crear y tomar decisiones informadas.

Sería inaudito pensar que una revista científica por sí sola puede resolver los grandes desafíos educativos de un país. Sin embargo, creemos que producir, publicar y divulgar conocimiento también es una forma de contribuir. Cada investigación que encuentra un espacio para ser comunicada, cada artículo que pasa por un proceso de evaluación y cada conocimiento que se pone a disposición de otras personas forma parte de una cadena más amplia de generación, socialización, intercambio y apropiación del conocimiento.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Consideramos que la comunicación científica, entendida como un bien público, requiere del compromiso y respaldo de las instituciones universitarias, tanto para garantizar los recursos necesarios para su sostenibilidad como para promover políticas que favorezcan el acceso abierto y reconozcan el trabajo de quienes hacen posible los procesos editoriales. (Mora-Campos et al., 2024). En este sentido, el respaldo institucional ha sido fundamental para el desarrollo y consolidación de Innovación Universitaria, especialmente en un contexto en el que sostener una publicación científica implica mucho más que disponer de una plataforma para publicar artículos.

Ese es también el sentido del trabajo que hemos procurado desarrollar durante este año: continuar construyendo una revista que no solo publique, sino que aprenda, se cuestione y mejore continuamente. Con dicha convicción, este año presentamos el Volumen 8 de Innovación Universitaria, que reúne cinco contribuciones provenientes de diferentes áreas del conocimiento.

Esta edición incluye cinco artículos. En la sección Editorial se presenta una reflexión de Jorge Martínez Cortés, titulada “Del temor a la confianza: la integración ética de la inteligencia artificial en la investigación académica universitaria”, en la que se discute cómo la incorporación de la inteligencia artificial generativa (GenAI) en la investigación universitaria, las oportunidades que esta presenta para fortalecer distintas etapas de los procesos de investigación científica y académica y cómo esto supone también el pensar sobre las implicaciones éticas y los riesgos que deben tomarse en consideración para un uso responsable.

Luego, en la sección de Artículos se presentan cuatro textos: dos del área de Ciencias de la Salud, uno del área de Educación y otro del área de Ciencias Económicas. El primero fue desarrollado por Jéssica Cabrera, Bárbara Trelles y Franklin Escobar. El texto aborda el climaterio y la menopausia desde una perspectiva integral, considerando sus repercusiones físicas, psicológicas y sociales en la vida de las mujeres. Mediante un estudio descriptivo y comparativo, que incluye una revisión de literatura del período 2019-2024, las personas autoras comparan y analizan iniciativas interdisciplinarias desarrolladas en el Reino Unido y Canadá, con el propósito de valorar la viabilidad de implementar estrategias similares en el contexto costarricense y contribuir con el mejoramiento de la atención y la calidad de vida de las mujeres. Asimismo, se examinan las limitaciones del marco normativo costarricense en esta materia.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

El segundo artículo se titula “Interacciones de plantas medicinales más utilizadas en Costa Rica con medicamentos antimicrobianos indicados para infecciones bacterianas y parasitarias (protozoos y helmintos) en la CCSS”, escrito por Sandra Hernández Salón, Alberto Alonso solano Barquero y Nicole Garda Carvajal, quienes analizaron cómo la resistencia a los antimicrobianos puede abordarse como un problema de salud pública global, partiendo del contexto costarricense como ejemplo, debido al uso extendido de plantas medicinales como complemento terapéutico; este artículo también examina las interacciones entre plantas medicinales y medicamentos antimicrobianos, así como la capacidad que tienen estas interacciones de modificar la eficacia de los tratamientos y contribuir al desarrollo de resistencia.

Desde el ámbito de la educación, Ifigenia Scorza Agüero presenta el artículo “Evaluación de resultados de aprendizaje en Educación Superior: Modelo metodológico mediado por un LMS”, en el que se plantea la evaluación de los resultados de aprendizaje como un desafío para las instituciones de educación superior, en un contexto en el que los procesos de aseguramiento de la calidad y la comprobación del logro de los perfiles de egreso adquieren especial relevancia. A partir de un análisis documental, se propone desarrollar un modelo metodológico para la evaluación de los resultados de aprendizaje en carreras de grado, mediado por un sistema de gestión del aprendizaje (LMS).

Finalmente, Roberto Delgado Castro presenta una propuesta titulada “Clasificación de patrones de consumo petrolero en 58 países mediante clúster jerárquico: tendencias globales y contexto de Costa Rica (2019–2023)”, en el que categoriza 58 países incluidos en el Informe Estadístico Anual 2024 de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) en grupos homogéneos, según la evolución de su demanda de petróleo durante el período 2019–2023, con el propósito de identificar patrones globales de consumo energético y aportar elementos de referencia para el análisis de la política energética de Costa Rica.

Agradecemos a las personas autoras, revisoras y a quienes participan en las distintas etapas del proceso editorial por hacer posible esta nueva edición. Cada volumen que publicamos reafirma nuestro compromiso con la generación y divulgación del conocimiento, y nos recuerda que construir una revista científica también es un proceso colectivo y permanente de aprendizaje.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Esperamos que este nuevo volumen genere preguntas, de pie a conversaciones y contribuya, desde nuestra universidad, a seguir construyendo conocimiento para comprender y transformar nuestra realidad.

Adriana Luna Canales, Mag.

Editora en jefe

REFERENCIAS

Mora-Campos, A., Penabad-Camacho, L., Penabad-Camacho, M. A., Vega-Solano, M. F., Castro-Solano, M. M., Nova-Bustos, N., Ulate-Segura, M., Méndez-Solano, A., Morales-López, Y., & Cerdas-Vega, G. (2024). Management and Sustainability Model in Diamond Route (Non-commercial Open Access) Scientific Journals of Universidad Nacional, Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, *28*(S), 1-31. https://doi.org/10.15359/ree.28-S.20909

OECD. (2026). *PISA 2025 results (Volume I): Future-ready students*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/73451bc5-en

Universidad de Costa Rica. (2026). *Foro Latinoamericano de Ciencia Abierta: Programa científico*. Congresos de la Universidad de Costa Rica (Indico). https://indico.congresos.ucr.ac.cr/event/1/program

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

DEL TEMOR A LA CONFIANZA: LA INTEGRACIÓN ÉTICA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INVESTIGACIÓN ACADÉMICA UNIVERSITARIA

FROM FEAR TO TRUST: THE ETHICAL INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN UNIVERSITY ACADEMIC RESEARCH

DOI: https://doi.org/10.64312/sm9chs21

Jorge Martínez Cortés
jomartinez@uv.mx
Universidad Veracruzana
https://orcid.org/0000-0002-8696-2088
Xalapa, México

Recibido: 22-03-2026
Aceptado: 22-08-2026

RESUMEN

La incorporación de la inteligencia artificial generativa (GenAI) en la investigación universitaria ha transformado los procesos de producción científica al facilitar tareas como la búsqueda de información, la revisión bibliográfica, el análisis de datos y la redacción académica. Sin embargo, su adopción también ha suscitado preocupaciones relacionadas con la confiabilidad, la autoría, la integridad académica. La privacidad y los sesgos exigen una integración ética y responsable. Se desarrolló un ensayo académico de carácter analítico y argumentativo, sustentado en la literatura científica reciente y en documentos internacionales sobre IA, ética e investigación en educación superior. Se examinaron las principales oportunidades, riesgos y condiciones institucionales para promover un uso responsable de la IA en la investigación universitaria. El análisis muestra que la IA puede fortalecer distintas etapas de la investigación al mejorar la organización de la información, apoyar el diseño metodológico, optimizar la comunicación científica y favorecer la productividad. No obstante, persisten riesgos asociados a alucinaciones, referencias ficticias,

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

pérdida de autoría, vulneración de datos, reproducción de sesgos y desigualdad en el acceso. Se identifican como elementos esenciales la supervisión humana, la transparencia en la declaración del uso de la IA, la protección de datos y el establecimiento de políticas institucionales diferenciadas. La transición del temor a la confianza requiere alfabetización en IA, gobernanza institucional y formación ética. La IA debe entenderse como una herramienta complementaria que amplía las capacidades sin sustituir el juicio crítico, la responsabilidad académica ni la integridad científica, principios indispensables para una investigación universitaria confiable y socialmente responsable.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial, responsabilidad docente, alfabetización informacional, investigación, ética.

ABSTRACT

The incorporation of generative artificial intelligence (GAI) into university research has transformed scientific production processes by facilitating tasks such as information retrieval, literature review, data analysis, and academic writing. However, its adoption has also raised concerns related to reliability, authorship, academic integrity, privacy, and bias, highlighting the need for ethical and responsible integration. An analytical and argumentative academic essay was developed based on recent scientific literature and international documents on AI, ethics, and research in higher education. The main opportunities, risks, and institutional conditions for promoting the responsible use of AI in university research were examined. The analysis shows that AI can strengthen different stages of research by improving information organization, supporting methodological design, optimizing scientific communication, and fostering productivity. Nevertheless, risks persist, including hallucinations, fabricated references, loss of authorship, data breaches, reproduction of biases, and unequal access. Human oversight, transparency in reporting AI use, data protection, and the establishment of differentiated institutional policies are identified as essential elements. The transition from fear to trust requires AI literacy, institutional governance, and ethical training. AI should be understood as a complementary tool that expands capabilities without replacing critical judgment, academic

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

responsibility, or scientific integrity— principles that are indispensable to reliable and socially responsible university research.

KEYWORDS: artificial intelligence, teacher responsibility, information literacy, research, ethics.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de la inteligencia artificial generativa (IAG) en la educación superior representa una de las transformaciones más relevantes de la actividad académica contemporánea. Herramientas capaces de producir textos, resumir documentos, traducir contenidos, generar códigos, organizar información y proponer estructuras argumentativas han comenzado a intervenir en diferentes fases de la investigación universitaria.

Su uso se extiende desde la exploración inicial de un problema hasta la revisión bibliográfica, el análisis de datos, la redacción científica y la divulgación de resultados. Sin embargo, esta rápida expansión ha generado sentimientos encontrados entre docentes e investigadores. Por una parte, se reconoce que la inteligencia artificial (IA) puede facilitar tareas repetitivas, mejorar la productividad y ampliar el acceso a recursos académicos. Por otra parte, persisten temores relacionados con la confiabilidad de la información, la pérdida de autoría, el plagio, la privacidad, los sesgos y la posible sustitución del pensamiento crítico. Estas preocupaciones aumentan cuando las universidades carecen de lineamientos claros, de programas de formación y de mecanismos institucionales que orienten su uso.

La inteligencia artificial no debe entenderse como una herramienta neutral ni como una solución automática a los problemas de la investigación. Sus efectos dependen de los propósitos para los que se utiliza, de las competencias de las personas investigadoras, de la calidad de los datos y de las condiciones éticas e institucionales que rigen su aplicación. Por ello, la discusión no puede reducirse a aceptarla o prohibirla. Es necesario construir una cultura de uso crítico que permita aprovechar sus posibilidades sin transferirle responsabilidades que corresponden exclusivamente al ser humano.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La Unesco sostiene que la incorporación de la inteligencia artificial generativa en la educación y la investigación debe adoptar un enfoque centrado en las personas, con énfasis en la protección de los derechos, la inclusión, la transparencia y la supervisión humana. (Miao & Holmes, 2023). Desde esta perspectiva, la confianza no consiste en aceptar de manera acrítica los resultados producidos por un sistema, sino en comprender sus capacidades, reconocer sus limitaciones y establecer procedimientos de verificación.

Este ensayo sostiene que el tránsito del temor a la confianza requiere una integración ética, transparente y formativa de la IAG. Para ello, se analizan las causas de la resistencia universitaria, las oportunidades que ofrece esta tecnología, los principales dilemas éticos y las condiciones necesarias para construir prácticas de investigación responsables. El tratamiento reflexivo y argumentativo del tema se ajusta a la naturaleza de los ensayos académicos, entendidos como textos analíticos y críticos sustentados en fuentes originales.

El Origen del Temor Ante la Inteligencia Artificial Generativa

El temor de la comunidad universitaria no debe considerarse únicamente una resistencia al cambio. Existen preocupaciones legítimas derivadas de las características de los sistemas generativos. Una de las principales es la responsabilidad de producir información falsa o imprecisa. Los modelos de lenguaje generan respuestas a partir de patrones estadísticos, pero no garantizan que sus afirmaciones sean verdaderas. Pueden presentar datos incorrectos, citas inexistentes o interpretaciones sin respaldo, aunque el texto parezca coherente y convincente.

Farquhar et al. (2024) señalan que los grandes modelos de lenguaje pueden producir contenidos plausibles que no corresponden a información verificable. Este fenómeno, conocido como alucinación, representa un riesgo importante para la investigación científica. Athaluri et al. (2023) documentaron referencias ficticias y errores bibliográficos en textos generados por inteligencia artificial, lo que demuestra que ninguna fuente sugerida por estas herramientas debe incorporarse sin haber sido localizada, revisada y comprobada.

Otra preocupación se relaciona con la autoría. La escritura académica no consiste solamente en presentar ideas terminadas, es un proceso mediante el cual se organiza el pensamiento, se

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

confrontan conceptos y se construyen argumentos. Cuando la generación de contenido se delega en exceso, puede debilitarse la capacidad de análisis de quien investiga. También surgen interrogantes sobre el grado de intervención tecnológica que debe declararse y sobre quién responde por un contenido producido parcialmente por un sistema automatizado.

La integridad académica constituye otra fuente de incertidumbre. En algunas instituciones, la inteligencia artificial se ha asociado de inmediato con el plagio y el fraude. No obstante, no todo uso constituye una conducta deshonesta, puede emplearse legítimamente para corregir la gramática, mejorar la claridad, traducir un fragmento o generar preguntas de reflexión. El problema surge cuando se utiliza para sustituir la contribución intelectual y el contenido se presenta como si hubiera sido elaborado íntegramente por la persona autora.

Bittle y El-Gayar (2025) indican que las respuestas institucionales no deberían centrarse únicamente en detectar textos generados por IAG. Es necesario establecer políticas claras, fortalecer la alfabetización en inteligencia artificial generativa y diseñar formas de evaluación que permitan valorar los procesos de razonamiento, las evidencias y la capacidad de defender los resultados.

El temor también se intensifica por la falta de lineamientos universitarios consistentes. Una herramienta puede estar permitida en un programa y prohibida por el otro; puede aceptarse para revisar el estilo, pero no existe orientación sobre cómo declarar su uso. Esta ambigüedad favorece tanto la utilización oculta como el rechazo defensivo. Davis y Csáki (2024) señalan que las instituciones de educación superior han comenzado a formular políticas basadas en la responsabilidad, la transparencia, la protección de los derechos y la supervisión humana, aunque su aplicación sigue siendo desigual.

Posibilidades Para la Investigación Universitaria

A pesar de los riesgos, la inteligencia artificial ofrece oportunidades relevantes. Durante la delimitación de un problema, puede ayudar a formular preguntas iniciales, a identificar perspectivas y a explorar relaciones conceptuales. Estas respuestas no deben asumirse como conocimiento definitivo, sino como estímulos para la reflexión que, posteriormente, deben

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

contrastarse con la literatura especializada. La revisión bibliográfica puede apoyar la organización de documentos, la comparación de conceptos y la elaboración preliminar de matrices. Las herramientas conectadas a conjuntos documentales delimitados facilitan la localización de fragmentos y la síntesis de la información.

Sin embargo, ninguna síntesis automática sustituye la lectura crítica de las fuentes originales, pues puede omitir matices, confundir resultados y conclusiones o ignorar limitaciones metodológicas. En el diseño de instrumentos, la inteligencia artificial puede contribuir a evaluar la claridad de las preguntas, identificar posibles ambigüedades y proponer formatos. Su intervención debe considerarse únicamente preliminar, ya que la validez de los instrumentos requiere revisión por expertos, pilotaje y análisis metodológico.

En los estudios cuantitativos puede ayudar a generar código, explicar procedimientos estadísticos y detectar errores. En investigaciones cualitativas, puede apoyar la organización inicial de los datos o la identificación exploratoria de patrones. En este último caso debe actuarse con especial precaución, porque introducir entrevistas o testimonios en plataformas externas puede vulnerar la confidencialidad. Además, una categoría propuesta por el sistema puede carecer de sensibilidad contextual y reproducir sesgos presentes en sus datos de entrenamiento.

En la redacción científica estas herramientas pueden mejorar la gramática, sugerir alternativas expresivas, traducir contenidos y verificar la coherencia. Esta posibilidad resulta especialmente útil para quienes escriben en una segunda lengua. No obstante, la mejora lingüística nunca debe sustituir la construcción del argumento, la selección de la evidencia ni la interpretación de los resultados. Bond et al. (2024) consideran que la inteligencia artificial en la educación superior debe estudiarse y emplearse con mayor rigor, con colaboración interdisciplinaria y con atención ética. Su utilidad no debe medirse solo por la rapidez con que produce textos, sino por su capacidad para contribuir a investigaciones relevantes, verificables y socialmente responsables.

Responsabilidad, Transparencia y Autoría

La responsabilidad humana constituye el principio central de cualquier integración ética. Una herramienta no puede asumir las obligaciones de una persona investigadora, justificar decisiones

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

metodológicas, responder ante los participantes ni rendir cuentas de los errores, quien incorpora contenido generado es responsable de verificar su exactitud y responder por sus consecuencias.

Resnik y Hosseini (2024) proponen que los investigadores identifiquen errores y sesgos, describan claramente cómo utilizaron los sistemas, protejan a las comunidades involucradas y eviten atribuir la autoría a las herramientas. La supervisión humana debe ser significativa: comprender la finalidad del sistema, evaluar sus productos, documentar las decisiones y conservar la autoridad para rechazar cualquier resultado. La transparencia es indispensable para construir confianza.

El declarar que se utilizó inteligencia artificial generativa resulta insuficiente. Debe indicarse cuál herramienta se empleó, con qué propósito, en cuál etapa de la investigación, qué tipo de información se introdujo y cómo se verificaron las respuestas. La World Association of Medical Editors sostiene que los sistemas generativos no pueden figurar como autores porque no cumplen los criterios de responsabilidad, aprobación final y declaración de conflictos de interés.

Sin embargo, su uso sustantivo debe comunicarse con claridad (Zielinski et al., 2023). La declaración de uso no debería interpretarse automáticamente como un reconocimiento de una falta. Por el contrario, debe considerarse una práctica de integridad. Las universidades y revistas necesitan establecer criterios proporcionales: una corrección ortográfica no tiene el mismo impacto que la generación de fragmentos completos, la elaboración de códigos analíticos o la formulación de interpretaciones.

Privacidad, Sesgos y Equidad

La protección de datos representa uno de los mayores desafíos. La facilidad para introducir información en una plataforma conversacional puede hacer olvidar que los datos se transfieren a servidores externos. Las revistas, expedientes y evaluaciones pueden contener nombres, experiencias personales o información institucional reservada. Antes de utilizar una herramienta, es necesario conocer cómo almacena los datos, quién puede acceder a ellos y si se utilizan para entrenar o mejorar el sistema. Cuando estas condiciones no estén claras, no deben introducirse datos confidenciales.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La anonimización debe realizarse previamente y las universidades deben proporcionar entornos seguros, protocolos de desidentificación y asesoría especializada. Prohibir el uso sin ofrecer alternativas puede provocar prácticas clandestinas o limitar investigaciones legítimas. Los sesgos también requieren atención. Los modelos se entrenan con grandes conjuntos de datos que reflejan desigualdades sociales, culturales y lingüísticas. En consecuencia, pueden favorecer perspectivas dominantes, publicaciones en inglés y teorías provenientes del Norte Global, mientras invisibilizan los conocimientos locales.

La justicia epistemológica exige preguntarse cuáles voces están representadas y cuáles quedan excluidas. Las universidades latinoamericanas deben evaluar la pertinencia y determinar cuáles quedan excluidas, así como considerar la pertenencia contextual de las respuestas generadas y promover investigaciones sobre el desempeño de estas tecnologías en español y en realidades regionales.

La desigualdad de acceso constituye otro problema. Las versiones gratuitas suelen ofrecer capacidades limitadas, mientras que las herramientas avanzadas requieren una suscripción. La integración ética debe impedir que la posibilidad de pagar determinados servicios se convierta en una ventaja académica determinante.

Formación y Gobernanza Universitaria

El tránsito del temor a la confianza depende de la formación. No basta con enseñar a redactar instrucciones. La alfabetización en inteligencia artificial debe incluir conocimientos técnicos básicos, búsqueda y verificación de información, metodología, ética, privacidad, autoría y análisis de sesgos.

Los estudiantes necesitan aprender a utilizar estas herramientas sin sustituir los procesos formativos. Los investigadores requieren protocolos para la gestión de datos, el análisis y la publicación. Los docentes deben contar con criterios para orientar y evaluar. Los comités de ética, las bibliotecas y las áreas jurídicas necesitan una preparación especializada acorde con sus responsabilidades. Las prohibiciones generales difícilmente constituyen una solución sostenible. Muchas funciones de inteligencia artificial ya están integradas en buscadores, plataformas y

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

procesadores de texto. Resulta más pertinente establecer una gobernanza diferenciada basada en niveles de riesgo.

Los usos permitidos podrían incluir la exploración de ideas, la corrección lingüística y la elaboración de materiales de divulgación. Los usos condicionados comprenderían el análisis de datos, la generación de código o la revisión de documentos internos, siempre con autorización y validación. Entre los usos prohibidos deben figurar la fabricación de resultados, la invención de fuentes, la introducción de información confidencial en sistemas no autorizados y la delegación de decisiones éticas. Las políticas deben actualizarse periódicamente y acompañarse de asesoría, infraestructura y mecanismos de evaluación. La responsabilidad individual es necesaria, pero no suficiente. Las instituciones deben proporcionar las condiciones que posibiliten el cumplimiento de sus propias normas.

CONCLUSIÓN

La inteligencia artificial generativa ha transformado las prácticas de investigación en la educación superior. Frente a este fenómeno la universidad no puede limitarse ni a una aceptación entusiasta ni a una prohibición absoluta, ambas posiciones ignoran la complejidad de una tecnología que ofrece oportunidades importantes, pero también conlleva riesgos epistemológicos, éticos y sociales.

El temor de docentes e investigadores tiene fundamentos legítimos: información falsa, referencias inexistentes, pérdida de autoría, vulneración de datos, sesgos y desigualdad en el acceso. Sin embargo, estas preocupaciones no deben conducir a la inmovilidad. La IAG puede apoyar la organización de la información, la revisión lingüística, el análisis preliminar, la programación y la divulgación, siempre que sus productos sean verificados. La confianza responsable no significa creer ciegamente en la tecnología, implica comprender sus limitaciones, utilizarla con fines justificables, proteger la información, declarar su intervención y mantener la responsabilidad humana.

Ningún sistema puede sustituir el juicio epistemológico, la sensibilidad contextual ni el compromiso ético de la persona investigadora. Las universidades deben formar a sus

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

comunidades, establecer políticas diferenciadas y ofrecer infraestructura segura. Asimismo, necesitan promover investigaciones contextualizadas que consideren las realidades lingüísticas y culturales de América Latina. Pasar del temor a la confianza implica aprender a cuestionar, verificar y decidir de manera responsable. La inteligencia artificial puede ampliar las capacidades de la investigación universitaria, pero únicamente cuando permanece subordinada a los principios de integridad, transparencia, equidad y bien común.

REFERENCIAS

Athaluri, S., Manthena, S., Kesapragada, V., Yarlagadda, V., Dave, T., y Duddumpudi, R. (2023). Exploring the boundaries of reality: Investigating Phenomenon of artificial intelligence hallucination in scientific writing through ChatGPT references. *Cureus, 15*(4), e37432. https://doi.org/10.7759/cureus.37432

Bittle, K., & El-Gayar, O. (2025). Generative AI and academic integrity in higher education: A systematic review and research agenda. *Information, 16*(4), 296. https://doi.org/10.3390/info16040296

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*, Article 4. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z

Dabis, A., & Csáki, C. (2024). AI and ethics: Investigating the first policy responses of higher education institutions to generative AI. *Humanities and Social Sciences Communications, 11*, 1006. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03526-z

Farquhar, S., Kossen, J., Kuhn, L., & Gal, Y. (2024). Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy. *Nature*, 630, 625–630. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07421-0

Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO.

Resnik, D. B., & Hosseini, M. (2025). The ethics of using artificial intelligence in scientific research: New guidance needed for a new tool. *AI and Ethics, 5*, 1499–1521. https://doi.org/10.1007/s43681-024-00493-8

Zielinski C, Winker MA, Aggarwal R, Ferris LE, Heinemann M, Lapeña JF, Pai SA, Ing Edsel, Citrome L, Alam M, Voight M, Habibzadeh F. (2023). Chatbots, generative AI, and scholarly manuscripts: WAME recommendations on chatbots and generative artificial intelligence in relation to scholarly publications. (2023). *Colombia Medica*, *54*(3), e1015868. https://doi.org/10.25100/cm.v54i3.5868

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

BUENAS PRÁCTICAS INTERNACIONALES PARA EL ABORDAJE INTERDISCIPLINARIO DEL CLIMATERIO Y LA MENOPAUSIA: APORTES DESDE REINO UNIDO Y CANADÁ AL SISTEMA COSTARRICENSE

INTERNATIONAL BEST PRACTICES FOR AN INTERDISCIPLINARY APPROACH TO THE CLIMACTERIC AND MENOPAUSE: INSIGHTS FROM THE UNITED KINGDOM AND CANADA FOR THE COSTA RICAN HEALTHCARE SYSTEM

DOI: https://doi.org/10.64312/ykqr2396

Jéssica Cabrera Picado
jcabrerap@edu.uia.ac.cr
Estudiante de Medicina y Cirugía, Universidad Internacional de las Américas
https://orcid.org/0009-0004-8131-6759
San José, Costa Rica

Bárbara del Rosario Trelles Cacín, Dra.
btrellesc@uia.ac.cr
Universidad Internacional de las Américas
https://orcid.org/0000-0002-4439-2961
San José, Costa Rica

Franklin Escobar Zárate, Dr.
fescobarz@edu.uia.ac.cr
Universidad Internacional de las Américas
https://orcid.org/0000-0003-2215-7845
San José, Costa Rica

Recibido: 26-12-2025
Aceptado: 11-09-2026

RESUMEN

El climaterio y la menopausia requieren un abordaje integral por sus repercusiones físicas, psicológicas y sociales. Reino Unido y Canadá han desarrollado estrategias interdisciplinarias que mejoran la atención y la calidad de vida de las mujeres. Este estudio comparó dichas estrategias

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

para identificar prácticas adaptables a Costa Rica y analizar las limitaciones de su marco normativo. Se llevó a cabo un estudio descriptivo y comparativo, con revisión de literatura entre 2019 y 2024, apoyada en la búsqueda entre los años 2024 a 2026 en PubMed y bases institucionales (NICE, NHS, Canadian Menopause Society, CCSS). La información se organizó mediante una matriz de extracción y se analizó de forma cualitativa y comparativa. Reino Unido y Canadá cuentan con modelos que integran equipos interdisciplinarios, educación continua y atención coordinada de la salud física y mental. Costa Rica, en cambio, presenta atención fragmentada, escasa articulación de servicios y ausencia de equipos interdisciplinarios formales. Su marco normativo, vigente desde 2009 y sin actualización posterior, resulta inoperante en la práctica: carece de mecanismos de implementación, seguimiento y asignación de responsabilidades, por lo que no logra traducirse en cambios reales en la atención. Las estrategias de Reino Unido y Canadá constituyen referentes adaptables para Costa Rica, cuya incorporación exige, como condición previa, actualizar el marco normativo nacional y dotarlo de mecanismos concretos de implementación y seguimiento.

PALABRAS CLAVE: menopausia, climaterio, salud de la mujer, estudios interdisciplinarios, atención centrada en la paciente.

ABSTRACT

The climacteric and menopause require a comprehensive approach because of their physical, psychological, and social repercussions. The United Kingdom and Canada have developed interdisciplinary strategies that improve healthcare and women's quality of life. This study compared these strategies to identify practices that could be adapted to Costa Rica and to analyze the limitations of its regulatory framework. A descriptive and comparative study was conducted, including a literature review covering the period from 2019 to 2024. The search was conducted between 2024 and 2026 using PubMed and institutional databases (NICE, NHS, Canadian Menopause Society and CCSS). The information was organized using an extraction matrix and analyzed qualitatively and comparatively. The United Kingdom and Canada have models that integrate interdisciplinary teams, continuing education, and coordinated physical and mental

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

healthcare. Costa Rica, in contrast, has fragmented care, limited coordination among services, and a lack of formal interdisciplinary teams. Its regulatory framework, which has been in force since 2009 without subsequent updates, has faced significant implementation limitations in practice: it lacks implementation, monitoring, and accountability mechanisms and therefore has not translated into meaningful changes in healthcare delivery. The strategies implemented in the United Kingdom and Canada constitute adaptable references for Costa Rica. Their incorporation requires, as a prerequisite, updating the national regulatory framework and providing it with concrete implementation and monitoring mechanisms.

KEYWORDS: menopause, climacteric, women's health, interdisciplinary studies, patient-centered care.

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura - Significado

BMJ British Medical Journal
BMS British Menopause Society
CCSS Caja Costarricense de Seguro Social
CENDEISSS Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social
CMAJ Canadian Medical Association Journal
EDUS Expediente Digital Único en Salud
EMAS European Menopause and Andropause Society
HRT Hormone Replacement Therapy (Terapia de Reemplazo Hormonal)
INAMU Instituto Nacional de las Mujeres
INCIENSA Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud
INEC Instituto Nacional de Estadística y Censos
IRSN Inhibidores de la Recaptación de Serotonina y Noradrenalina
ISRS Inhibidores Selectivos de la Recaptación de Serotonina
MBSR Mindfulness-Based Stress Reduction
MDT Multidisciplinary Team (Equipo Multidisciplinario)

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

MS Ministerio de Salud de Costa Rica

NAMS North American Menopause Society

NHS National Health Service (Reino Unido)

NICE National Institute for Health and Care Excellence

OMS Organización Mundial de la Salud

POI Premature Ovarian Insufficiency (Insuficiencia Ovárica Prematura)

SOGC Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada

TCC Terapia Cognitivo-Conductual

THS Terapia Hormonal Sustitutiva

TR Terapia de Reemplazo///TRH Terapia de Reemplazo Hormonal

INTRODUCCIÓN

La menopausia y climaterio son etapas fisiológicas en la vida de la mujer que, si bien son fundamentales para el ciclo vital, se han abordado tradicionalmente de forma limitada, centrándose en los síntomas físicos o en la intervención biomédica inmediata (NICE, 2019). Sin embargo, la literatura actual reconoce que se trata de procesos complejos en los que confluyen factores biológicos, emocionales, sociales y culturales, lo que puede repercutir significativamente en la calidad de vida. Esta visión integral se fundamenta en estudios recientes que describen las múltiples consecuencias para la calidad de vida, y en revisiones que subrayan la necesidad de intervenciones que aborden tanto aspectos físicos como psicosociales. (Davis et al., 2023).

En las últimas décadas, países como el Reino Unido y Canadá han desarrollado fuertes estrategias para el manejo de la menopausia y climaterio, caracterizadas por enfoques centrados en la persona, equipos multidisciplinarios y programas que incluyen educación continua, promoción de estilos de vida saludables y un mayor acceso a apoyo físico y emocional, por ejemplo, el National Health Service (NHS) en Reino Unido, el cual garantiza un acceso equitativo a la población. Estos modelos se basan en la evidencia de que un conocimiento adecuado, una orientación profesional oportuna y un trabajo coordinado entre disciplinas facilitan la toma de decisiones informadas y reducen el impacto de los síntomas en la vida diaria. (NICE, 2019; NHS, 2024; Currie et al., 2021).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La literatura también destaca la importancia de contar con vías de derivación claras, evaluaciones integrales que aborden tanto la salud física como la mental y grupos de apoyo que ofrezcan oportunidades para compartir experiencias y fortalecer las redes de apoyo. (Canadian Menopause Society, 2023; Lega et al., 2023).

La revisión de estas experiencias internacionales permite identificar prácticas efectivas que podrían adaptarse al sistema de salud costarricense, donde aún persisten desafíos relacionados con la información disponible, la capacitación especializada y la coordinación interdisciplinaria. Analizar estos modelos ofrece una oportunidad para avanzar hacia estrategias más integrales, humanas y sostenibles que respondan a las necesidades reales de las mujeres en esta etapa de sus vidas.

Estudiar experiencias internacionales también resulta clave para identificar intervenciones escalables y culturalmente adaptables. Organismos internacionales y consensos europeos han destacado la menopausia como una oportunidad para promover la prevención, los estilos de vida saludables y el bienestar emocional. La incorporación de evidencia internacional permite fortalecer políticas públicas y diseñar modelos más integrados de atención. (WHO, s.f.; Rees et al., 2021).

Ante esta situación, se requiere un análisis exhaustivo para determinar cuáles enfoques interdisciplinarios de Reino Unido y Canadá pueden mejorar la atención de las mujeres en la menopausia y la perimenopausia en Costa Rica. El objetivo de este estudio es analizar estas estrategias, describir la situación nacional y evaluar cuáles son adecuadas para una atención más integral.

La pregunta central que orienta esta investigación es: ¿Cuáles son las mejores estrategias de abordaje interdisciplinar para el climaterio y la menopausia, en Reino Unido y Canadá, implementables en el sistema de salud costarricense? A partir de esta pregunta, el estudio busca identificar áreas de mejora que contribuyan a un enfoque más humano, informado y coordinado para todas las mujeres que atraviesan esta etapa de sus vidas.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

METODOLOGÍA

Este estudio empleó un enfoque descriptivo y comparativo para analizar las estrategias multidisciplinarias implementadas en el tratamiento de la perimenopausia y la menopausia en el Reino Unido y Canadá, y compararlas con el sistema de salud costarricense. Para lograr este objetivo general, se definió un enfoque metodológico basado en la revisión de la literatura, el análisis de contenido y la comparación sistemática de modelos de tratamiento.

La población de estudio consistió en documentos oficiales, guías clínicas, políticas públicas, informes institucionales, revisiones sistemáticas y artículos científicos publicados recientemente en el Reino Unido, Canadá y Costa Rica, todos ellos directamente relacionados con el tratamiento de la perimenopausia y la menopausia. Las fuentes se seleccionaron según criterios de relevancia, actualidad, exhaustividad y conexión explícita con el enfoque multidisciplinario. Los criterios de inclusión y exclusión aplicados de manera objetiva se detallan a continuación, en el apartado de estrategia de búsqueda.

La recopilación de datos se realizó mediante una búsqueda estructurada organizada en tres ejes, correspondientes a los objetivos específicos del estudio. Para identificar las principales estrategias de Reino Unido y Canadá, se utilizaron los descriptores “estrategias clave para el manejo del climaterio y menopausia” en los motores PubMed, Science Direct, Open Evidence, SciELO, Elsevier, CDC, NHS, NAMS y SOGC.

Para describir las estrategias utilizadas en Costa Rica, se emplearon los descriptores “estrategias principales para el manejo del climaterio y menopausia en Costa Rica” en PubMed, SciELO, Binasss, INCIENSA y el Ministerio de Salud de Costa Rica. Para la comparación entre estrategias, se utilizaron los descriptores “comparación de estrategias de manejo del climaterio y menopausia” en los mismos motores empleados para el primer objetivo. En todos los casos se trabajó con literatura en español e inglés.

Período de Búsqueda

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Se incluyeron documentos publicados entre 2019 y 2024 para la evidencia de Reino Unido y Canadá. Para el eje costarricense, dado el volumen limitado de investigación nacional disponible, se amplió el rango a documentos publicados entre 1978 y 2024.

Cadenas de Búsqueda

Los descriptores señalados se combinaron mediante los operadores booleanos AND y OR según la sintaxis propia de cada motor de búsqueda. A modo de ejemplo, en PubMed la búsqueda relacionada con el primer objetivo se formalizó como: (“menopause” [MeSH Terms] OR “climacteric” [MeSH Terms] OR “perimenopause” [MeSH Terms]) AND (“multidisciplinary care” OR “interdisciplinary approach” OR “treatment strategies”) AND (“clinical guideline” OR “management”).

Para el eje costarricense, la búsqueda se adaptó como: (“menopausia” OR “climaterio”) AND (“estrategias de manejo” OR “abordaje” OR “Costa Rica”). En las bases institucionales sin sintaxis booleana avanzada (NICE, NHS, Canadian Menopause Society, Binasss, INCIENSA, Ministerio de Salud), se emplearon los mismos descriptores adaptados al buscador propio de cada sitio.

Criterios de Inclusión

(a) Artículos con una vigencia no mayor a 5 años (2019-2024) para las investigaciones de Reino Unido y Canadá.

(b) Para las investigaciones desarrolladas en Costa Rica, documentos publicados entre 1978 y 2024, dada la escasa producción científica nacional disponible sobre el tema;

(c) Artículos en idioma inglés y español.

(d) Artículos cuya población de estudio esté comprendida en edad de menopausia; (e) estudios basados en revisiones de artículos y ensayos clínicos.

(e) Artículos científicos con manejo interdisciplinario referente exclusivamente al objeto de estudio.

(f) Estrategias implementadas específicamente en Reino Unido y Canadá.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Criterios de Exclusión

(a) Artículos de opinión, blogs o contenido no revisado por pares.

(b) Estrategias de países distintos a Reino Unido o Canadá, o que no se relacionaran con el contexto costarricense.

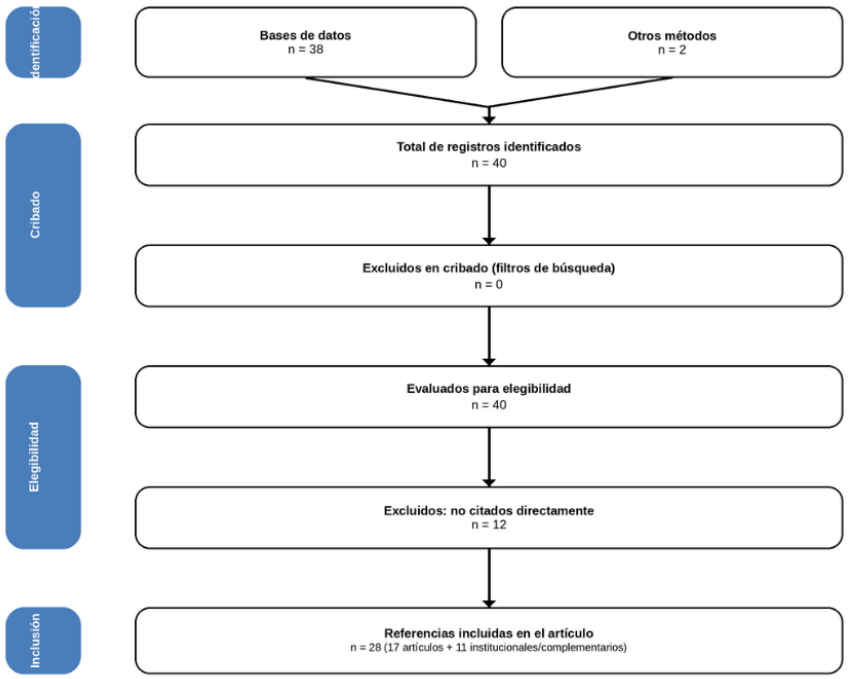
(c) Estudios de diseño longitudinal.

(d) Estudios sin datos suficientes o que no midieran resultados relevantes sobre las estrategias de abordaje evaluadas.

La búsqueda se organizó en dos rutas complementarias: una búsqueda académica sistemática en bases de datos científicas y una búsqueda institucional directa en sitios web oficiales. Como resultado de ambas rutas, se conformó un corpus documental total de 38 documentos para la investigación de la cual deriva este artículo, clasificados según su nivel de evidencia (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine) de la siguiente manera: revisiones sistemáticas y metaanálisis (nivel 1): 8 documentos (21.05%), estudios descriptivos y de cohorte (nivel 4): 2 documentos (5.26%) y revisiones bibliográficas, guías técnicas, tesis y estudios cualitativos (nivel 5): 28 documentos (73.68%). El proceso de identificación y selección se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama PRISMA



Se utilizó una matriz de extracción especialmente diseñada para estructurar sistemáticamente la información recopilada. En esta matriz, cada documento se clasificó según varios criterios: el tipo de estrategia descrita, el nivel de intervención (primaria, secundaria o terciaria), los componentes multidisciplinarios involucrados, el grupo objetivo, el alcance de cada metodología o servicio y los resultados reportados con respecto a la efectividad, la satisfacción o el impacto en la calidad de vida. El uso de esta herramienta aseguró un proceso de búsqueda sistemático y estandarizado, garantizando así la consistencia metodológica y la reproducibilidad de la recopilación de datos.

El análisis se realizó mediante análisis de contenido, lo que permitió dividir la información en unidades temáticas y compararla sistemáticamente. Este método permitió identificar categorías relacionadas con las prácticas de atención, la estructura organizativa de los servicios, los roles de los profesionales en equipos multidisciplinarios, los enfoques educativos utilizados y las intervenciones específicas implementadas en cada país.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Dicho enfoque facilitó la creación de patrones de similitud y diferencia entre los modelos investigados. Luego de categorizar la información, se realizó un análisis comparativo detallado de los modelos del Reino Unido, Canadá y Costa Rica, el cual permitió examinar no solo los elementos presentes en los respectivos sistemas, sino también el grado de integración, la transparencia de los flujos de atención, el acceso de las mujeres a servicios especializados y el rol de la educación para la salud. Con base en esta comparación, se identificaron opciones de adaptación específicas para el contexto costarricense, tomando en cuenta las características estructurales, culturales y organizativas del sistema nacional de salud.

Debido al tipo de estudio, no se requirió intervención directa ni participación de las pacientes. En consecuencia, no fue necesaria la selección o asignación de sujetos, la obtención del consentimiento informado ni las pruebas estadísticas inferenciales. El procesamiento de los datos fue cualitativo y se centró en la interpretación crítica de las fuentes, la comparación continua y la triangulación de datos de diferentes países y tipos de documentos.

Este enfoque validó la consistencia de la información recopilada y evitó conclusiones basadas en una sola fuente. Se identificaron elementos reproducibles mediante la evaluación de la relevancia, la viabilidad y la consistencia de cada estrategia en el contexto costarricense. En general, este enfoque metodológico permitió el desarrollo de un análisis integral, estructurado y sistemático que contribuye a una mejor comprensión de las prácticas interdisciplinarias y sus posibles aplicaciones dentro del sistema de salud costarricense, y proporciona una base sólida para la formulación de recomendaciones adaptadas al contexto nacional.

Esta triangulación se operacionalizó contrastando de manera independiente cada categoría temática entre tres tipos de fuentes: (a) guías clínicas e institucionales (NICE, NHS, Canadian Menopause Society, CCSS); (b) evidencia científica revisada por pares (PubMed, Science Direct, SciELO, Elsevier); y (c) marcos normativos y de política pública (informes gubernamentales, proyectos de ley y documentos oficiales de cada país).

Operativamente, para cada unidad temática identificada en el análisis de contenido (por ejemplo, “roles del equipo multidisciplinario”, “acceso a servicios especializados” o “componentes

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

educativos") se verificó su presencia, definición y alcance en al menos dos de las tres fuentes mencionadas. Una categoría se consideró consistente cuando la descripción coincidía entre fuentes; parcialmente consistente cuando existía coincidencia conceptual, pero con diferencias en el nivel de implementación o alcance reportado, y discrepante cuando la guía clínica o normativa describía un componente que no encontraba respaldo en la evidencia científica revisada, o viceversa.

Cuando se identificaron discrepancias entre la teoría normativa (lo que las guías clínicas o políticas públicas establecen formalmente) y la práctica clínica descrita en la literatura local costarricense, se aplicó el siguiente criterio metodológico: la discrepancia se documentó explícitamente como un hallazgo del estudio, en lugar de omitirla o resolverla de manera arbitraria; en el análisis comparativo se priorizó la evidencia con mayor jerarquía metodológica (revisiones sistemáticas y guías basadas en evidencia, por encima de informes descriptivos) y dicha brecha se señaló como una limitación o área de oportunidad para la adaptación al contexto costarricense, en lugar de asumir que la normativa se cumple efectivamente en la práctica. Este criterio se aplicó, por ejemplo, al contrastar lo establecido por la Guía de Manejo de la Mujer Adulta de la CCSS (2009) con lo reportado por la literatura nacional sobre su implementación real. (Charlton Lewis, 2003; East Goenaga, 2023).

Esta revisión confirmó la concordancia entre la literatura y los marcos conceptuales más reconocidos internacionalmente. También se evaluó el alcance del estudio para asegurar que las fuentes incluidas representaran adecuadamente la diversidad de enfoques utilizados en el Reino Unido y Canadá. Si bien el estudio se centró en la literatura, se consideró el potencial de sesgo proveniente de la información públicamente disponible; por lo tanto, se dio prioridad a la consulta de documentos oficiales y guías clínicas vigentes. Este proceso adicional fortaleció la credibilidad del análisis y aseguró que los hallazgos reflejaran con precisión la organización, implementación y alcance de las estrategias interdisciplinarias examinadas.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

RESULTADOS

Estrategias Interdisciplinarias Identificadas en Reino Unido y Canadá

La presentación de los resultados se organiza en tres categorías temáticas derivadas de los objetivos del estudio: las estrategias interdisciplinarias en Reino Unido y Canadá, el enfoque actual de Costa Rica y la comparación entre los tres países con sus respectivas brechas. Los hallazgos se exponen de forma descriptiva y analítica, en coherencia con la revisión documental realizada, y se complementan con tablas comparativas que sintetizan los principales elementos identificados.

Los resultados evidencian que tanto Reino Unido como Canadá han desarrollado modelos de atención interdisciplinaria centrados en la mujer, sustentados en guías clínicas actualizadas, sistemas de salud consolidados y estrategias orientadas a un abordaje integral del climaterio.

Principales Estrategias del Reino Unido

El análisis de las guías NICE (2019) permite identificar un conjunto de prácticas clave que orientan el abordaje del climaterio en el Reino Unido. En este contexto, el diagnóstico se realiza de manera individualizada, fundamentado en la historia clínica y la sintomatología de la paciente, recurriendo a pruebas hormonales únicamente cuando es clínicamente necesario. (Holloway, 2018). Este enfoque clínico favorece la reducción de intervenciones innecesarias y facilita un acceso más oportuno al tratamiento.

Asimismo, el modelo británico se caracteriza por una atención centrada en la paciente, en la cual se prioriza la educación clara, la toma de decisiones compartida y el seguimiento continuo. Este principio, conocido como *shared decision making*, implica una evaluación detallada de los síntomas y preferencias de la mujer, así como una discusión transparente de los riesgos, beneficios y alternativas terapéuticas. (Fatima & Rasheed, 2024; NHS, 2024). Como resultado, los planes de tratamiento son dinámicos y ajustables a lo largo del tiempo, lo que contribuye a una mayor adherencia y satisfacción de las pacientes.

En cuanto a la organización del sistema, el NHS garantiza un acceso equitativo a los servicios de salud, permitiendo la implementación estandarizada de lineamientos clínicos en todo el país. Esto

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

se traduce en una adecuada articulación entre niveles de atención, facilitando derivaciones oportunas a especialidades como ginecología y salud mental, así como el acceso a servicios comunitarios y plataformas digitales para la continuidad del cuidado. (Hobson & Dennis, 2024; Currie et al., 2021).

Desde el punto de vista terapéutico, el Reino Unido ofrece un abordaje diversificado que incluye tanto terapia hormonal como alternativas no hormonales. La terapia de reemplazo hormonal se considera una opción de primera línea en ausencia de contraindicaciones (Koysombat et al., 2024), mientras que las intervenciones no hormonales abarcan estrategias como la terapia cognitivo-conductual, el manejo del estrés, el ejercicio y los cambios en el estilo de vida. (Al Wattar & Talaulikar, 2024). Este enfoque integral permite adaptar el tratamiento a las características clínicas y preferencias de cada paciente.

Adicionalmente, el modelo británico reconoce de manera explícita el impacto psicológico del climaterio, integrando la salud mental y el apoyo emocional como componentes fundamentales del abordaje. En este sentido, se promueve la inclusión de apoyo psicológico, la referencia a terapia cognitivo-conductual y la provisión de material educativo tanto para las mujeres como para sus familia.s (NICE, 2015).

Finalmente, los resultados muestran un fortalecimiento progresivo de los servicios comunitarios, evidenciado en el desarrollo de clínicas especializadas, grupos de apoyo locales y programas educativos liderados por personal de enfermería, lo que amplía el alcance del sistema de salud más allá del entorno clínico tradicional. (Currie et al., 2021).

Estrategias de Canadá

En el caso de Canadá, las directrices provienen de organizaciones como NAMS, SOGC e IMS, integradas en guías como la Pocket Guide Menopause Management (2023), así como en estudios clínicos como el de Sydora et al. (2018). Este modelo se distingue por un enfoque altamente estructurado de atención interdisciplinaria, en el cual participan diversas disciplinas, incluyendo endocrinología, nutrición, psicología y salud sexual.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Uno de los elementos centrales del modelo canadiense es la evaluación individualizada del riesgo cardiovascular y metabólico antes de la indicación de terapia hormonal, lo que permite una toma de decisiones más segura y personalizada (Bacon, 2017). Este enfoque refleja una práctica clínica más preventiva y orientada a la reducción de riesgos a largo plazo.

Asimismo, se observa una amplia disponibilidad de opciones no hormonales, que incluyen desde farmacoterapia, como los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina, hasta intervenciones complementarias como el ejercicio, el manejo del estrés y estrategias psicoeducativas. (Reid et al., 2014). Esta diversidad terapéutica facilita la adaptación del tratamiento a las necesidades individuales de las pacientes.

El modelo canadiense también destaca por el uso de herramientas educativas accesibles, orientadas a promover decisiones informadas y el empoderamiento de las mujeres en su proceso de atención. (Reid et al., 2014). A esto se suma la existencia de programas comunitarios consolidados y equipos integrados, con un fuerte énfasis en la salud pública y la prevención (Reid et al., 2014; Rees et al., 2021).

En conjunto, estos elementos evidencian un sistema que trasciende el enfoque biomédico tradicional, incorporando dimensiones psicosociales y comunitarias en el abordaje del climaterio.

Enfoque Actual Adoptado por Costa Rica

El análisis del contexto costarricense evidencia la existencia de un marco normativo formalmente estructurado para el abordaje del climaterio; sin embargo, su implementación presenta limitaciones importantes que afectan la calidad y la integralidad de la atención. Los hallazgos se organizan en cuatro dimensiones principales: normativa, operativa, sociocultural y epidemiológica.

Marco Normativo Institucional

En Costa Rica, la Guía de manejo de la mujer adulta (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009) constituye el principal instrumento normativo para la atención del climaterio. Este documento establece lineamientos orientados a una atención integral, incorporando un

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

enfoque biopsicosocial, la utilización tanto de terapias hormonales como no hormonales, así como el énfasis en la educación y el autocuidado de las pacientes. (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009). Asimismo, plantea la necesidad de adaptar las intervenciones a las características culturales y necesidades individuales de cada mujer.

No obstante, actualizaciones posteriores, como el informe del CENDEISSS, han señalado debilidades en la eficiencia del sistema y la necesidad de fortalecer la coordinación interinstitucional. (García González, 2004). Además, se reconoce la importancia de modernizar los servicios de salud, incorporar la perspectiva de las usuarias y promover una mayor participación comunitaria como parte del proceso de atención. (García González, 2004).

A este marco normativo se suman desarrollos recientes que también deben considerarse. A finales de 2025 se presentó ante la Asamblea Legislativa de Costa Rica el proyecto de ley “Ley para la Atención Integral de la Menopausia, la Andropausia y los Cambios Hormonales de la Mediana Edad” (Expediente N° 25.347), que propone actualizar las guías clínicas institucionales y crear una comisión técnica interinstitucional para dar seguimiento a su implementación. (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2025).

A nivel internacional, el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) ha situado la menopausia como un asunto de derechos humanos y de salud pública, señalando su relación directa con el derecho a la salud, al trabajo, a la no discriminación y a la información, y ha promovido la integración de la atención de la menopausia dentro de los programas de salud sexual y reproductiva. (Fondo de Población de las Naciones Unidas [UNFPA], 2024).

En cuanto a la infraestructura disponible para implementar mejoras, el Expediente Digital Único en Salud (EDUS) y las plataformas de telemedicina ya consolidadas en la CCSS representan canales viables para extender programas de educación y acompañamiento a mujeres en climaterio, sin necesidad de crear infraestructura nueva. (Rosado Valenzuela et al., 2023).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Limitaciones Operativas y Estructurales

A pesar de contar con lineamientos normativos claros, los resultados muestran una brecha significativa entre la teoría y la práctica. La implementación de las guías tiende a ser parcial y superficial, lo que limita su impacto real en la atención clínica. (Mora Aguilar, 1978; Wolfman et al., 2021). En este contexto, predomina un modelo biomédico centrado en la resolución de síntomas, con escasa integración de abordajes interdisciplinarios. (Charlton Lewis, 2003).

Adicionalmente, se identifican limitaciones en la formación del personal de salud, ya que diversos estudios reportan una preparación insuficiente para el manejo integral del climaterio, particularmente en aspectos psicosociales y preventivos. (Achío Tacsan, 2003; East Goenaga, 2023). Esta situación se ve agravada por la escasez de servicios especializados, lo que genera una alta dependencia del primer nivel de atención, donde no siempre se cuenta con los recursos necesarios para un abordaje completo. (Mora Aguilar, 1978; Wolfman et al., 2021).

Dimensión Sociocultural

Desde el punto de vista sociocultural, los estudios revisados evidencian una limitada visibilidad del climaterio en el discurso público, mediático y educativo, lo que contribuye a su invisibilización como problema de salud relevante. (East Goenaga, 2023). Asimismo, persisten tabúes y estigmas asociados a esta etapa de la vida, lo que puede reducir la búsqueda activa de atención por parte de las mujeres y limitar la generación de demanda social para el desarrollo de políticas públicas específicas.

Condición de Salud de las Mujeres en Costa Rica

En relación con la condición de salud, estudios como el de Mora Aguilar (1978) documentan una alta frecuencia de síntomas asociados al climaterio, incluyendo bochornos, insomnio, irritabilidad y disminución de la libido, así como una elevada prevalencia de comorbilidades como hipertensión y osteoporosis. Estos hallazgos reflejan la necesidad de un abordaje integral que contemple tanto la sintomatología como los factores de riesgo asociados.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Por su parte, Achío Tacsan (2003) coincide en señalar la ausencia de programas especializados y la necesidad de desarrollar servicios que respondan de manera más específica y culturalmente pertinente a las necesidades de esta población.

La Tabla 1 resume los principales hallazgos del análisis del contexto costarricense, organizados en dimensiones clave como el marco normativo, la implementación de lineamientos, la formación del personal, la estructura de los servicios y los factores socioculturales. Esta síntesis permite visualizar de manera integrada las fortalezas existentes y las principales limitaciones en el abordaje del climaterio en el país.

Tabla 1

Hallazgos principales del contexto costarricense

Dimensión	Hallazgos clave
Normativa	Guías CCSS con enfoque biopsicosocial
Implementación	Baja ejecución de lineamientos
Formación del personal	Insuficiente capacitación integral
Servicios	Modelo biomédico, poca interdisciplinariedad
Cultura y sociedad	Estigma y falta de visibilidad
Epidemiología	Síntomas frecuentes, comorbilidades

Nota. Elaboración propia con base en Achío Tacsan, 2003; Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia (2009), Charlton Lewis (2003), East Goenaga (2023), Wolfman et al. (2021).

Comparación Entre Reino Unido, Canadá y Costa Rica

El análisis comparativo entre los tres países permite identificar tanto similitudes en los principios teóricos de atención como diferencias significativas en su implementación práctica, lo que evidencia oportunidades de mejora para el contexto costarricense. (Tserotas et al., 2011).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Convergencias Internacionales

Como se describió en el apartado 1, Reino Unido y Canadá comparten principios comunes que trascienden las particularidades de cada sistema: la atención centrada en la mujer, la integración equilibrada de terapias hormonales y no hormonales, la consolidación de equipos interdisciplinarios como estándar de atención, y la incorporación sistemática de la educación continua y la toma de decisiones compartida. La convergencia entre ambos modelos, pese a operar bajo estructuras de financiamiento distintas —un sistema público universal en el caso del NHS y un sistema mixto en Canadá—, sugiere que estos elementos dependen menos del modelo de financiamiento que de una decisión institucional explícita de priorizar el climaterio como un problema de salud pública relevante.

Divergencias con Costa Rica

A diferencia de estos modelos, el apartado 2 evidenció que Costa Rica cuenta con un marco normativo formal, pero con una implementación fragmentada y sin equipos interdisciplinarios institucionalizados. La comparación permite precisar que esta brecha no responde a una ausencia de lineamientos técnicos —la Guía de la Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia (2009) contempla explícitamente un enfoque biopsicosocial similar al de NICE—, sino a la falta de mecanismos institucionales que traduzcan la normativa en práctica clínica sistemática, tales como capacitación obligatoria, indicadores de seguimiento o servicios especializados dedicados, elementos que sí están presentes en Reino Unido y Canadá.

Brechas Estructurales Identificadas

La comparación también permite identificar brechas estructurales específicas, no evidentes al analizar cada país por separado. Costa Rica carece de políticas laborales sensibles al climaterio, un componente que Reino Unido ha incorporado explícitamente en su marco normativo (Charlton Lewis, 2003), así como de programas comunitarios formalizados equivalentes a los desarrollados en Canadá. Estas ausencias, sumadas a la falta de continuidad del cuidado y seguimiento clínico estructurado, sugieren que las brechas costarricenses no son aisladas, sino que responden a la falta de una política pública integral que articule los distintos niveles de atención.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Las categorías incluidas en la Tabla 2 se construyeron mediante el cruce de la evidencia científica, las recomendaciones de las guías institucionales y los elementos identificados en los marcos normativos de cada país. Se seleccionaron aquellas dimensiones que aparecieron de manera recurrente en las fuentes y que permitían establecer una comparación homogénea entre los tres sistemas.

Los descriptores cualitativos utilizados para calificar cada dimensión (Alto/Alta, Moderado/Moderada, Bajo/Baja, Limitado) se asignaron siguiendo un marco de referencia basado en tres parámetros observables en la evidencia revisada: (a) el grado de institucionalización de la estrategia, es decir, si cuenta con respaldo normativo o guía clínica oficial vigente, o si su implementación es informal o aislada; (b) la cobertura poblacional o geográfica documentada en las fuentes, distinguiendo entre una práctica extendida a nivel nacional, de alcance parcial o regional, o de carácter anecdótico; y (c) la disponibilidad de recursos humanos y financiamiento dedicado, es decir, si existen equipos, presupuesto o programas formalmente asignados a la estrategia.

Así, la categoría “Alto/Alta” se asignó cuando la estrategia contaba con respaldo normativo vigente, cobertura documentada a nivel nacional y recursos dedicados (p. ej., el enfoque centrado en la mujer en las guías NICE del Reino Unido); la categoría “Moderado/Moderada” se asignó cuando existía respaldo institucional, pero con variabilidad regional en su implementación o dependencia de recursos locales (p. ej., la interdisciplinariedad en el Reino Unido, sujeta a la organización de cada fideicomiso del NHS); y las categorías “Bajo/Baja” o “Limitado” se asignaron cuando la evidencia reportaba la estrategia como ausente, informal o circunscrita a iniciativas aisladas, sin respaldo normativo ni financiamiento dedicado (por ejemplo, los programas comunitarios en Costa Rica).

Esta clasificación fue aplicada por los autores a partir de la matriz de extracción de datos descrita en el apartado de Metodología, basándose exclusivamente en lo reportado explícitamente por las fuentes consultadas, con el fin de garantizar la replicabilidad y objetividad del análisis.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Tabla 2

Comparación entre los tres países

Elemento	Reino Unido	Canadá	Costa Rica
Enfoque centrado en la mujer	Alto	Alto	Parcial
Interdisciplinariedad	Moderada a alta	Alta	Baja
Implementación de guías	Alta	Variable según jurisdicción	Baja
Educación y empoderamiento	Amplio desarrollo	Amplio desarrollo	Limitado
Oferta de opciones no hormonales	Variada, pero con desigual acceso	Amplia	Limitada
Programas comunitarios	Presentes	Fuertes	Escasos
Visibilidad pública	Alta	Media	Baja

Nota. Elaboración propia con base en Charlton Lewis (2003), Davis et al. (2023), NHS (2024), Rees et al. (2021), Tserotas et al. (2011).

Los resultados de la comparación cualitativa muestran diferencias relevantes entre Reino Unido, Canadá y Costa Rica en las dimensiones analizadas. Reino Unido y Canadá presentan un mayor grado de desarrollo en el enfoque centrado en la mujer, la interdisciplinariedad, la educación y el empoderamiento, así como en la disponibilidad de estrategias complementarias y programas de apoyo. No obstante, también se identificaron diferencias en el grado de implementación y alcance de estas estrategias, particularmente entre distintas jurisdicciones.

En Costa Rica se observaron mayores brechas en interdisciplinariedad, implementación de guías y recomendaciones, educación y empoderamiento, disponibilidad de opciones no hormonales, programas comunitarios y visibilidad pública del climaterio y la menopausia. Si bien existen elementos institucionales que pueden constituir una base para el desarrollo de un modelo integral, la evidencia analizada sugiere una limitada articulación entre los diferentes componentes de la atención.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La comparación también permitió identificar coincidencias conceptuales entre los modelos internacionales y las necesidades del contexto costarricense. Estas coincidencias representan oportunidades para adaptar estrategias relacionadas con la capacitación de profesionales, la coordinación de servicios, la educación de las mujeres, la participación en la toma de decisiones y el fortalecimiento de la atención interdisciplinaria. Sin embargo, la adaptación de estas prácticas requiere considerar las características organizativas y normativas del sistema nacional de salud, así como las brechas identificadas entre las recomendaciones existentes y su implementación.

DISCUSIÓN

La presente investigación comparó las estrategias interdisciplinarias implementadas para el abordaje del climaterio y la menopausia en Reino Unido y Canadá con el modelo actualmente adoptado en Costa Rica, con el fin de identificar buenas prácticas potencialmente adaptables al sistema nacional. La discusión de los hallazgos evidencia coincidencias relevantes con la literatura internacional, así como brechas persistentes en el contexto costarricense que explican la limitada implementación de un enfoque integral.

Interpretación General de los Resultados en Relación con la Literatura

Los resultados muestran que tanto Reino Unido como Canadá han logrado consolidar modelos de atención interdisciplinaria basados en guías clínicas robustas, procesos sistemáticos de capacitación profesional y mecanismos institucionales de seguimiento. En particular, el Reino Unido, mediante las guías NICE, ha estandarizado la atención centrada en la mujer y la toma de decisiones compartida como ejes centrales del cuidado. (NICE, 2019). Esto concuerda con la literatura internacional, que destaca la importancia de integrar factores biológicos, psicológicos y sociales en el manejo clínico para mejorar la calidad de vida y reducir comorbilidades. (Davis et al., 2023).

En contraste, los hallazgos correspondientes a Costa Rica revelan una brecha entre el marco normativo existente y su ejecución real en los servicios de salud, cuyos determinantes estructurales y operativos se analizan con mayor detalle en el apartado siguiente.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La literatura internacional es consistente al señalar que la evaluación integral, la toma de decisiones compartida y la coordinación entre disciplinas favorecen la calidad de vida, la adherencia terapéutica y el bienestar emocional durante esta etapa. (Davis et al., 2023; Rees et al., 2021).

Esto coincide directamente con los hallazgos de la presente investigación, donde ambos países exhiben estructuras organizadas que permiten intervenciones oportunas y coherentes con los cambios físicos, psicológicos y sociales propios del climaterio. Además, la solidez de sus marcos normativos refleja un compromiso sostenido con un modelo biopsicosocial, que se traduce en mejores resultados para las usuarias. (NICE, 2019; Rees et al., 2021).

Relación Entre las Diferencias Encontradas y los Modelos de Cada País

La mayor fortaleza de Reino Unido y Canadá radica en la existencia de estructuras institucionales consolidadas, equipos interdisciplinarios estables y canales de acceso diversificados, incluyendo clínicas especializadas, plataformas digitales y programas comunitarios. Estos hallazgos coinciden con estudios que documentan el efecto positivo de los modelos multidisciplinarios en la reducción de síntomas vasomotores, la adherencia terapéutica y el bienestar emocional. (Currie et al., 2021; Davis et al., 2023).

Por el contrario, Costa Rica presenta barreras estructurales y operativas, entre ellas la limitada coordinación entre niveles de atención, la escasez de recursos humanos capacitados en climaterio, los tiempos de consulta insuficientes y la falta de programas formales de educación y apoyo comunitario. Aunque la CCSS cuenta con lineamientos que promueven un enfoque biopsicosocial desde 2009 (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009), su implementación ha sido fragmentaria, con predominio de un modelo biomédico tradicional, escasa actualización profesional y limitada integración de equipos interdisciplinarios. (Charlton Lewis, 2003; East Goenaga, 2023).

Estas barreras no son exclusivas del país, la literatura señala que los sistemas de salud con alta demanda asistencial tienden a priorizar patologías agudas por encima de procesos vitales como el climaterio. (East Goenaga, 2023). Sin embargo, la persistencia de estas brechas en Costa Rica

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

confirma que la ausencia de un modelo interdisciplinario institucionalizado limita la accesibilidad, la continuidad del cuidado y la calidad de la atención. (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009; Mora Aguilar, 1978).

Estos hallazgos coinciden con estudios nacionales que desde décadas atrás han evidenciado vacíos en la atención, disponibilidad desigual de recursos y una percepción negativa del acompañamiento clínico brindado a las mujeres. (Achío Tacsan, 2003; Mora Aguilar, 1978). Asimismo, la literatura latinoamericana describe problemáticas similares, resaltando la necesidad de fortalecer modelos preventivos, incorporar la salud mental y ampliar las opciones terapéuticas no hormonales. (East Goenaga, 2023; Wolfman et al., 2021). La persistencia de estigmas culturales y la desinformación continúan siendo factores determinantes que condicionan la búsqueda de atención y generan inequidades en el acceso a servicios especializados. (East Goenaga, 2023).

Coherencia e Implicaciones de los Resultados Para la Pregunta de Investigación

La pregunta de investigación buscaba determinar cuáles estrategias implementadas en Reino Unido y Canadá podrían adaptarse al sistema de salud costarricense. Los resultados muestran que es factible incorporar varios elementos de estos modelos, especialmente aquellos relacionados con la educación continua de los profesionales de salud, el fortalecimiento del abordaje integral y la ampliación del rol de disciplinas como enfermería, nutrición, psicología y fisioterapia. (Davis et al., 2023; Rees et al., 2021).

Asimismo, los hallazgos revelan que Costa Rica cuenta con fundamentos normativos y una sólida tradición en atención primaria que podrían facilitar la implementación gradual de estas estrategias. No obstante, la evidencia demuestra que, para lograr una adopción exitosa, es necesario abordar limitaciones en recursos humanos, capacidad instalada, tiempos de consulta y procesos administrativos. (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009; Charlton Lewis, 2003).

En este sentido, la investigación confirma la hipótesis de que la falta de articulación interdisciplinaria constituye la brecha más significativa entre Costa Rica y los modelos estudiados,

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

lo cual explica la menor satisfacción de las mujeres y la baja visibilidad del climaterio en el sistema de salud. (Achío Tacsan, 2003; East Goenaga, 2023).

Coincidencias y Discrepancias con Otros Investigadores

Los resultados de este estudio coinciden con la investigación latinoamericana, que describe un manejo del climaterio fragmentado y centrado en la consulta médica, sin integración plena de componentes psicológicos, nutricionales y comunitarios. (East Goenaga, 2023).

En el contexto nacional, los hallazgos son consistentes con literatura costarricense que desde hace décadas señala insuficiencias en la atención del climaterio. (Achío Tacsan, 2003; Mora Aguilar, 1978) y la necesidad de modernizar los servicios de salud. (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009).

Sin embargo, también se identifican discrepancias. Algunos autores sostienen que la disponibilidad de guías clínicas es suficiente para mejorar la atención (NICE, 2019), mientras que los resultados de esta investigación muestran que, en Costa Rica, la existencia de lineamientos no se traduce necesariamente en cambios prácticos, debido a limitaciones en la implementación, la capacitación del personal y la estructura organizativa. (Charlton Lewis, 2003; East Goenaga, 2023). Esta diferencia evidencia que la calidad del servicio depende tanto de la normativa como de su ejecución operativa.

Viabilidad Económica y Administrativa en el Modelo de la CCSS

Más allá de la brecha normativa identificada, resulta pertinente valorar la viabilidad económica y administrativa de adoptar elementos de los modelos de Reino Unido y Canadá dentro de un sistema de seguridad social de cobertura universal y financiamiento solidario como el de la CCSS. A diferencia de sistemas con mayor flexibilidad presupuestaria para la creación de servicios especializados nuevos, la CCSS opera bajo restricciones de recursos humanos y financieros que hacen poco realista, en el corto plazo, la creación de clínicas de climaterio independientes similares a las descritas en el modelo canadiense. (Sydora et al., 2018).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

No obstante, la evidencia revisada sugiere que algunas estrategias interdisciplinarias no requieren necesariamente la creación de nueva infraestructura, sino la reorganización de recursos ya existentes. Por ejemplo, la incorporación formal del climaterio en las funciones ya asignadas a profesionales de enfermería, fisioterapia y trabajo social dentro de los Equipos Básicos de Atención Integral en Salud (EBAIS) representaría una estrategia de bajo costo adicional, al aprovechar personal ya contratado por la institución.

De manera similar, el uso del Expediente Digital Único en Salud (EDUS) y las plataformas de telemedicina ya consolidadas en la CCSS podrían reducir sustancialmente los costos de implementación de programas educativos y de acompañamiento, en comparación con la creación de servicios presenciales especializados. (Rosado Valenzuela et al., 2023). Estas alternativas, sin embargo, requerirían de un análisis costo-efectividad específico y de voluntad político-administrativa para su priorización dentro del presupuesto institucional, aspectos que exceden el alcance de la presente revisión, pero que constituyen una línea prioritaria para investigaciones futuras de carácter económico o de gestión en salud.

Desde el punto de vista administrativo, una estrategia de implementación gradual y por fases —iniciando en áreas de salud con mayor demanda reportada de consultas relacionadas con climaterio— permitiría evaluar la viabilidad operativa antes de una expansión a escala nacional, reduciendo el riesgo financiero asociado a una implementación simultánea en toda la red de servicios. Asimismo, la capacitación del personal de los EBAIS en el manejo del climaterio podría integrarse a los programas de educación continua que la CCSS ya ejecuta regularmente, en lugar de crear una estructura de capacitación paralela, lo cual reduciría tanto los costos como la resistencia institucional al cambio.

Desde la perspectiva económica, si bien no se dispone de un análisis costo-beneficio específico para Costa Rica, la evidencia internacional indica que los síntomas no tratados del climaterio generan costos indirectos significativos por ausentismo y pérdida de productividad laboral -una de cada diez mujeres reporta haber dejado su empleo a causa de la menopausia-, además de un mayor uso no programado de los servicios de salud. (Rees et al., 2021).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Esta evidencia respalda considerar la inversión en un modelo interdisciplinario como parte de una estrategia de salud pública a mediano plazo con potencial de generar ahorros indirectos, más que como un gasto adicional aislado.

Implicaciones Para el Sistema de Salud Costarricense

La comparación realizada evidencia que Costa Rica puede beneficiarse de la implementación de diversas estrategias orientadas a fortalecer el abordaje del climaterio. Entre ellas destacan el establecimiento de equipos interdisciplinarios formales, la capacitación continua en terapia de reemplazo hormonal (TRH) y alternativas no hormonales, el incremento del rol de disciplinas como enfermería y fisioterapia, así como el desarrollo de programas comunitarios basados en experiencias exitosas de Reino Unido y Canadá. (Davis et al., 2023; Rees et al., 2021; Wolfman et al., 2021). Asimismo, la incorporación de herramientas educativas accesibles para las mujeres resulta clave para mejorar la autogestión de la salud durante esta etapa. (East Goenaga, 2023).

Además, los resultados subrayan la necesidad de fortalecer la visibilidad pública del climaterio, ya que la falta de información contribuye a perpetuar estigmas socioculturales y disminuye la demanda social por servicios de atención integral. (Achío Tacsan, 2003; East Goenaga, 2023). En este contexto, la evidencia sugiere que el fortalecimiento de estrategias educativas y comunitarias puede mejorar la percepción del climaterio como un proceso natural que requiere acompañamiento integral desde los servicios de salud. (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009).

Limitaciones del Estudio

Aunque el análisis realizado fue exhaustivo, se identifican limitaciones inherentes al carácter documental de la investigación. En primer lugar, existe una dependencia de fuentes publicadas, las cuales pueden presentar limitaciones metodológicas propias. (Charlton Lewis, 2003). En segundo lugar, se evidencia la falta de datos cuantitativos nacionales actualizados sobre la prevalencia del climaterio y el uso de servicios de salud, lo que dificulta la contextualización precisa de los hallazgos. (Achío Tacsan, 2003; Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009). Finalmente, se identificó una escasez de estudios contemporáneos

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

costarricenses sobre climaterio, lo cual limita la comparación directa con modelos internacionales más desarrollados. (East Goenaga, 2023).

Una limitación adicional de este estudio es que gran parte de los datos normativos utilizados para caracterizar el modelo costarricense provienen de la Guía de Manejo de la Mujer Adulta de la Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia (2009), un documento con más de quince años de vigencia. Si bien esta guía continúa siendo la referencia institucional formal disponible, su antigüedad limita la posibilidad de evaluar si existen desarrollos normativos más recientes que pudieran modificar el panorama descrito.

En este sentido, es importante señalar que a finales de 2025 se presentó ante la Asamblea Legislativa de Costa Rica el proyecto de ley “Ley para la Atención Integral de la Menopausia, la Andropausia y los Cambios Hormonales de la Mediana Edad” (Expediente N° 25.347), el cual propone, entre otros aspectos, la actualización obligatoria de las guías clínicas y protocolos de la CCSS y el Ministerio de Salud (Artículo 5), la capacitación permanente del personal de salud (Artículo 6), la creación de una comisión técnica interinstitucional (Artículo 15) y la incorporación de estos temas en las políticas de salud ocupacional (Título III) (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2025).

Este proyecto, al encontrarse aún en trámite legislativo al momento de esta investigación, no pudo incorporarse como parte del marco normativo vigente analizado, pero representa evidencia de que el vacío regulatorio identificado en este estudio también ha sido reconocido a nivel legislativo, y constituye una línea de seguimiento relevante para futuras actualizaciones de este análisis.

Estas limitaciones no comprometen la validez de los hallazgos, pero ponen en evidencia la necesidad de desarrollar investigaciones futuras más amplias, con enfoques mixtos que integren datos cuantitativos y cualitativos para fortalecer la toma de decisiones en políticas de salud.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Recomendaciones Para Investigaciones Futuras

Los hallazgos de esta investigación permiten identificar diversas áreas críticas que requieren un abordaje más profundo mediante futuros estudios. Aunque la revisión documental permitió establecer diferencias significativas entre los modelos de Reino Unido, Canadá y Costa Rica, también evidenció vacíos de conocimiento que limitan la comprensión integral del fenómeno y restringen la capacidad de diseñar intervenciones contextualizadas. (Charlton Lewis, 2003; East Goenaga, 2023). En este sentido, las investigaciones futuras deberían orientarse hacia líneas más específicas que permitan fortalecer la base empírica y la toma de decisiones en políticas públicas.

En primer lugar, resulta necesario desarrollar estudios cuantitativos y cualitativos nacionales que midan de manera actualizada la prevalencia, severidad y variabilidad de los síntomas del climaterio en las mujeres costarricenses, así como su impacto en la salud física, mental, sexual y laboral. (Achío Tacsan, 2003; East Goenaga, 2023). La literatura disponible en Costa Rica es limitada y, en algunos casos, desactualizada, lo que dificulta comprender la magnitud real de las necesidades actuales. (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009). Estos estudios deberían incluir además indicadores de calidad de vida, nivel de discapacidad asociada y patrones de búsqueda de atención, con el fin de identificar inequidades por territorio, nivel socioeconómico y etnicidad. (Davis et al., 2023).

En segundo lugar, futuras investigaciones deberían examinar de forma sistemática las barreras institucionales y operativas que dificultan la implementación de las guías nacionales. Esto incluye evaluar cargas de trabajo, tiempos de consulta, disponibilidad de profesionales capacitados, acceso a terapias hormonales y no hormonales, así como los procesos administrativos que obstaculizan derivaciones hacia psicología, nutrición, fisioterapia del piso pélvico o salud mental. (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009; Charlton Lewis, 2003). Un análisis profundo de estas barreras permitiría diseñar intervenciones de mejora realistas y adaptadas al sistema costarricense.

Asimismo, se recomienda explorar la factibilidad de implementar modelos piloto de atención interdisciplinaria, inspirados en las experiencias de Canadá y Reino Unido. (Rees et al., 2021;

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Wolfman et al., 2021). Estos pilotos podrían instalarse en áreas de salud con alta demanda, con el objetivo de evaluar su impacto en satisfacción, adherencia terapéutica, reducción de síntomas y costos operativos. La evidencia internacional demuestra que los modelos multidisciplinarios ofrecen beneficios sustanciales (Davis et al., 2023); sin embargo, se requiere validar su aplicabilidad y sostenibilidad en el contexto nacional.

Paralelamente, es indispensable promover investigaciones orientadas a diseñar y evaluar programas de educación continua para profesionales de salud, particularmente en el manejo integral del climaterio, uso seguro de terapia de reemplazo hormonal (TRH), intervenciones no hormonales y estrategias de comunicación centradas en la paciente. (Rees et al., 2021; Wolfman et al., 2021).

La falta de capacitación actual constituye una de las barreras más relevantes señaladas tanto por la literatura científica como por los documentos institucionales costarricenses (Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia, 2009; East Goenaga, 2023), por lo que investigar los formatos más eficaces y accesibles de formación continua sería de gran valor.

Finalmente, futuras investigaciones deberían incorporar enfoques interseccionales e interculturales que consideren la diversidad de experiencias de las mujeres, incluyendo diferencias entre zonas urbanas y rurales, población migrante, mujeres indígenas y grupos con acceso limitado al sistema de salud. (East Goenaga, 2023). Este tipo de estudios permitiría no solo adaptar mejor las estrategias interdisciplinarias, sino también promover un modelo más equitativo y sensible a las realidades socioculturales del país.

Asimismo, se recomienda que investigaciones futuras revisen la evolución del proyecto de ley Expediente N° 25.347 y su eventual reglamentación, así como la existencia de otros instrumentos de política pública de la presente década orientados a la salud de la mujer de mediana edad, con el fin de actualizar el diagnóstico normativo aquí presentado.

De manera complementaria, futuros estudios podrían explorar el potencial de las plataformas digitales institucionales ya consolidadas en Costa Rica como vehículo para implementar estrategias de educación continua y acompañamiento similares a las identificadas en Reino Unido

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

y Canadá. En particular, el Expediente Digital Único en Salud (EDUS) de la CCSS —uno de los sistemas de historia clínica electrónica más integrales de América Latina, con cobertura en todos los niveles de atención del país (Rosado Valenzuela et al., 2023)— y las plataformas de telemedicina impulsadas en el marco de la modernización del sistema de salud nacional podrían constituir canales viables para extender programas de acompañamiento, educación en salud y seguimiento a distancia dirigidos a mujeres en climaterio, sin necesidad de crear infraestructura nueva desde cero.

Asimismo, los resultados muestran que la adopción de buenas prácticas internacionales podría favorecer una atención más humana, accesible y centrada en las necesidades individuales de las mujeres costarricenses. La incorporación de rutas de atención coordinadas, equipos multidisciplinarios, programas comunitarios, espacios grupales de apoyo y estrategias sistemáticas de educación continua beneficiaría no solo a las pacientes, sino también al sistema de salud, al mejorar la eficiencia, reducir complicaciones y promover mayor autonomía y participación en la toma de decisiones. (Davis et al., 2023; Rees et al., 2021).

En conjunto, estas líneas de investigación no solo complementarían los hallazgos de este estudio, sino que además generarían evidencia robusta para orientar reformas estructurales y avanzar hacia un modelo integral, interdisciplinario y centrado en la mujer en Costa Rica. El principal aporte de esta investigación radica en ofrecer un análisis comparativo contextualizado que integra modelos internacionales consolidados con la realidad estructural del sistema de salud costarricense.

A diferencia de estudios previos centrados únicamente en aspectos clínicos, este trabajo incorpora dimensiones normativas, operativas y socioculturales, proponiendo un marco adaptable para el fortalecimiento del abordaje interdisciplinario del climaterio en Costa Rica. (Charlton Lewis, 2003; East Goenaga, 2023). Estas líneas permitirían fortalecer la base de evidencia disponible y contribuir al fortalecimiento del sistema nacional.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

CONCLUSIÓN

Los hallazgos de este estudio muestran que existe una diferencia clara entre los modelos de atención del climaterio y la menopausia implementados en Reino Unido y Canadá y el enfoque que actualmente se desarrolla en Costa Rica. Tanto el Reino Unido como Canadá han logrado establecer estrategias interdisciplinarias sólidas, con guías actualizadas, toma de decisiones compartida, acceso a terapias hormonales y no hormonales basadas en evidencia, y una participación real de equipos conformados por medicina, enfermería, psicología, nutrición y fisioterapia, lo que permite un abordaje integral y centrado en la mujer.

En cambio, Costa Rica, aunque cuenta con lineamientos institucionales con enfoque biopsicosocial desde hace más de una década, aún muestra una implementación limitada, con servicios fragmentados, escasa coordinación entre niveles de atención y un modelo que sigue siendo predominantemente biomédico, sin una articulación interdisciplinaria formal que brinde continuidad del cuidado. Esta situación se relaciona también con la falta de capacitación específica en climaterio y menopausia, restricciones de tiempo en consulta, insuficiencia de recursos humanos especializados y poca visibilidad pública del tema, lo que contribuye a que muchas mujeres no reciban una atención oportuna ni integral durante esta etapa.

A partir de esta comparación, es evidente que Costa Rica posee las bases normativas para avanzar hacia un modelo más moderno, sensible y humanizado, pero necesita fortalecer la ejecución de sus guías, promover la actualización profesional continua, incorporar equipos interdisciplinarios reales dentro de la práctica clínica y ampliar el acceso a intervenciones educativas y comunitarias que favorezcan la autonomía y el bienestar de las mujeres.

En conjunto, los resultados confirman que la adaptación de las mejores prácticas internacionales es no solo posible, sino necesaria para mejorar la calidad, la equidad y la continuidad del abordaje del climaterio y la menopausia en el sistema de salud costarricense. La investigación contribuye así a la comprensión de las brechas existentes y ofrece insumos claros para orientar acciones futuras, reafirmando la importancia de que la atención de esta etapa de vida se reconozca como

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

un componente fundamental de la salud integral de la mujer y no como un proceso secundario dentro de la atención sanitaria.

REFERENCIAS

Achío Tacsan, M. (2003). Salud de las mujeres de mediana edad: Retos para los servicios de salud. *Revista de Ciencias Sociales*, (101–102), 95–106. https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/sociales/article/view/54688

Al Wattar, B. H., & Talaulikar, V. (2024). Non-oestrogen-based and complementary therapies for menopause. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism, 38*(1), 101819. https://doi.org/10.1016/j.beem.2023.101819

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2025). *Proyecto de ley: Ley para la atención integral de la menopausia, la andropausia y los cambios hormonales de la mediana edad (Expediente N.° 25.347).* https://d1qqtien6gys07.cloudfront.net/wp-content/uploads/2025/12/25347.pdf

Asociación Costarricense de Climaterio y Menopausia. (2009). Guías de manejo de la mujer adulta. *Fármacos, Edición Especial*, 62–65. https://www.binasss.sa.cr/revistas/farmacos/especial2009/art11.pdf

Bacon, J. L. (2017). The menopausal transition. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America, 44*(2), 285–296. https://doi.org/10.1016/j.ogc.2017.02.008

Canadian Menopause Society. (2023). *Pocket guide menopause management: A practical tool for healthcare professionals* (2nd ed.). https://www.canadianmenopausesociety.org/sites/default/files/pdf/publications/Final-Pocket%20Guide.pdf

Charlton Lewis, D. (2003). Climaterio y menopausia, una mirada de género. *Revista de Ciencias Sociales*, (101–102), 107–112. https://revistacienciassociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS101_102/08CHARLTON.pdf

Currie, H., Abernethy, K., & Hamoda, H. (2021). Vision for menopause care in the UK. *Post Reproductive Health, 27*(1), 10–18. https://doi.org/10.1177/2053369121989230

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Davis, S. R., Pinkerton, J., Santoro, N., & Simoncini, T. (2023). Menopause—Biology, consequences, supportive care, and therapeutic options. *Cell, 186*(19), 4038–4058. https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.08.016

East Goenaga, M. S. (2023). *Mujeres, climaterio, menopausia y su abordaje desde las políticas públicas en salud: Situación actual en la región de América Latina y el Caribe* [Tesis de maestría, FLACSO, Sede Académica Argentina]. Repositorio FLACSO Andes. https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/19187/2/TFLACSO-2023%20MSEG.pdf

Fatima, U., & Rasheed, R. (2024). The unmet needs of menopausal women in primary care. *British Journal of General Practice, 74*(Suppl. 1), bjgp24X737949. https://doi.org/10.3399/bjgp24X737949

Fondo de Población de las Naciones Unidas. (2024, 19 de octubre). *Menopausia y derechos humanos: Preguntas frecuentes.* https://www.unfpa.org/es/resources/menopausia-y-derechos-humanos-preguntas-frecuentes

García González, R. (2004). *El sistema nacional de salud en Costa Rica: Generalidades.* CENDEISSS. https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/El%20Sistema%20nacional%20de%20salud%20en%20Costa%20Rica.%20Generalidades.pdf

Hobson, G., & Dennis, N. (2024). I can't be dealing with this brain fog: A workplace focus group study investigating factors underpinning the menopausal experience for NHS staff. *Maturitas, 180*, 107889. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2023.107889

Holloway, D. (2018). Menopause symptom management in the United Kingdom. *Nursing Clinics of North America, 53*(2), 263–277. https://doi.org/10.1016/j.cnur.2018.01.004

Koysombat, K., Mukherjee, A., Nyunt, S., Pedder, H., Vinogradova, Y., Burgin, J., Dave, H., Comninos, A. N., Talaulikar, V., Bailey, J. V., Dhillo, W. S., & Abbara, A. (2024). Factors affecting shared decision-making concerning menopausal hormone therapy. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1538*(1), 34–44. https://doi.org/10.1111/nyas.15185

Lega, I. C., Fine, A., Lam Antoniades, M., & Jacobson, M. (2023). A pragmatic approach to the management of menopause. *Canadian Medical Association Journal, 195*(19), E677–E682. https://doi.org/10.1503/cmaj.221438

Mora Aguilar, Á. (1978). El climaterio en Costa Rica. *Revista Médica de Costa Rica, 45*(462), 3–6. https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/rmedica/%28462%29/art2.pdf

National Institute for Health and Care Excellence. (2015). *Menopause: Identification and management* (NICE guideline NG23). https://www.nice.org.uk/guidance/ng23

National Institute for Health and Care Excellence. (2019). *2019 surveillance of menopause: Diagnosis and management (NICE guideline NG23).* https://www.nice.org.uk/guidance/NG23

Northeast and North Cumbria Integrated Care Board. (2024). *Management of the menopause.* Northern Treatment Advisory Group. https://ntag.nhs.uk/wp-content/uploads/2024/10/NENC-Menopause-guidance-FINAL-Sept-24-approved.pdf

Rees, M., Bitzer, J., Cano, A., Ceausu, I., Chedraui, P., Durmusoglu, F., Erkkola, R., Geukes, M., Godfrey, A., Goulis, D. G., Griffiths, A., Hardy, C., Hickey, M., Lindén Hirschberg, A., Hunter, M., Kiesel, L., Jack, G., Lopes, P., Mishra, G., … Lambrinoudaki, I. (2021). Global consensus recommendations on menopause in the workplace: A European Menopause and Andropause Society (EMAS) position statement. *Maturitas, 151*, 55–62. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2021.06.006

Reid, R., Abramson, B. L., Blake, J., Desindes, S., Dodin, S., Johnston, S., Rowe, T., Sodhi, N., Wilks, P., & Wolfman, W. (2014). Managing menopause. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada, 36*(9), 830–833. https://doi.org/10.1016/S1701-2163(15)30487-4

Rosado Valenzuela, A. L., Sheffel, A., Lara Salinas, A. M., Mussini, M., & Di Giorgio, L. (2023). *Ampliación de la cobertura del Expediente Digital Único en Salud (EDUS) en el sistema de APS en Costa Rica.* Banco Mundial. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099722410062329856/pdf/IDU029eec4230462e0478f0897a0b5e393a08372.pdf

Sydora, B. C., Yuksel, N., Veltri, N. L., Marillier, J., Sydora, C. P., Yaskina, M., Battochio, L., Shandro, T. M. L., & Ross, S. (2018). Patient characteristics, menopause symptoms, and care

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

provided at an interdisciplinary menopause clinic: Retrospective chart review. *Menopause, 25*(1), 102–105. https://doi.org/10.1097/GME.0000000000000942

Tserotas, K., Hernandez, L., Morera, F., Pineda, R., & Chedraui, P. (2011). Treatment for the menopause in Central America: Use, knowledge, perceptions and attitudes among urban living middle-aged women. *Gynecological Endocrinology, 27*(7), 504–511. https://doi.org/10.3109/09513590.2010.495798

Wolfman, W., Krakowsky, Y., & Fortier, M. (2021). Guideline No. 422d: Menopause and sexuality. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada, 43*(11), 1334–1341.e1. https://doi.org/10.1016/j.jogc.2021.09.005

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

INTERACCIONES ENTRE PLANTAS MEDICINALES Y ANTIMICROBIANOS EN INFECCIONES BACTERIANAS Y PARASITARIAS: UNA REVISIÓN NARRATIVA CON ENFOQUE EN COSTA RICA

HERB–DRUG INTERACTIONS INVOLVING ANTIMICROBIAL AGENTS IN BACTERIAL AND PARASITIC INFECTIONS: A NARRATIVE REVIEW WITH A FOCUS ON COSTA RICA

DOI: https://doi.org/10.64312/nj94g433

Sandra Liliana Hernández-Salón, Dra.
sandrasalon2000@gmail.com
Universidad Internacional de las Américas (UIA)
https://orcid.org/0000-0001-6049-1639
Bióloga, Licenciada en Genética Humana y Máster en Ciencias Biomédicas
San José, Costa Rica

Alberto Solano Barquero, Dr.
ALBERTO.SOLANO@ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica (UCR)
https://orcid.org/0000-0002-8800-1205
Bachiller en Biología, Licenciado en Ecología y Médico, MSc. Enfermedades Tropicales
San José, Costa Rica

Nicole García Carvajal
nicole0302@outlook.es
Universidad Internacional de las Américas (UIA)
https://orcid.org/0009-0006-0039-3897
Licenciatura en Farmacia
San José, Costa Rica

Recepción: 30-03-2026
Aceptación: 11-08-2026

RESUMEN

Este artículo analiza la resistencia a los antimicrobianos como un problema de salud pública global y examina las interacciones entre plantas medicinales y medicamentos antimicrobianos. El motivo del estudio radica en el uso extendido de plantas medicinales en Costa Rica como complemento

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

terapéutico, lo que incrementa la probabilidad de interacciones capaces de modificar la eficacia de los tratamientos y contribuir al desarrollo de resistencia. El objetivo fue revisar la evidencia sobre interacciones farmacocinéticas y farmacodinámicas entre plantas medicinales de uso frecuente en la población costarricense y los antimicrobianos orales incluidos en la Lista Oficial de Medicamentos de la Caja Costarricense de Seguro Social. Se realizó una revisión bibliográfica narrativa en MEDLINE vía PubMed, Scopus y Web of Science, priorizando estudios sobre metabolismo de fármacos relacionados con enzimas del citocromo P450, transportadores como la glicoproteína P e interacciones farmacodinámicas. Los resultados muestran que numerosos antibióticos y antiparasitarios son sustratos de estos sistemas que pueden ser modulados por plantas medicinales, generando cambios en la concentración plasmática y la eficacia terapéutica. Además, se identificaron interacciones farmacodinámicas predominantemente sinérgicas, en las que compuestos vegetales potencian la actividad antimicrobiana mediante alteración de membranas celulares, aumento de la permeabilidad bacteriana o acción sobre múltiples blancos del patógeno. También se documentaron casos de antagonismo *in vitro* en combinaciones específicas con algunos antimicrobianos. En conclusión, estas interacciones son relevantes para la práctica clínica y respaldan la necesidad de fortalecer la investigación clínica y la farmacovigilancia para promover el uso seguro y racional de plantas medicinales y antimicrobianos.

PALABRAS CLAVE: Interacciones farmacológicas, farmacocinética, antiinfecciosos, plantas medicinales, farmacorresistencia microbiana

ABSTRACT

This paper examines antimicrobial resistance as a global public health challenge and explores interactions between medicinal plants and antimicrobial drugs. This study was motivated by the widespread use of medicinal plants as complementary therapies in Costa Rica, which may increase the risk of interactions that alter treatment efficacy and contributing to the development of antimicrobial resistance. The objective was to review the evidence on pharmacokinetic and pharmacodynamic interactions between medicinal plants commonly used in Costa Rican and oral antimicrobial agents included in the Official Drug List of the Costa Rican Social Security Fund (CCSS). A narrative literature review was conducted using MEDLINE via PubMed, Scopus, and Web

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

of Science, with a focus on studies addressing drug metabolism mediated by cytochrome P450 enzymes, drug transporters such as P-glycoprotein, and pharmacodynamic interactions. The results indicate that numerous antibiotics and antiparasitic agents are substrates of these systems, the activity of which may be modulated by medicinal plants, leading to changes in plasma drug concentrations and therapeutic efficacy. Predominantly synergistic pharmacodynamic interactions were also identified, in which plant-derived compounds enhance antimicrobial activity by disrupting cell membranes, increasing bacterial permeability, or acting on multiple pathogen targets. In addition, cases of in vitro antagonism were reported for specific combinations with certain antimicrobial agents. In conclusion, these findings have important implications for clinical practice and highlight the need to strengthen clinical research and pharmacovigilance to promote the safe and rational use of medicinal plants and antimicrobial agents.

KEYWORDS: Drug Interactions, pharmacokinetics, anti-infective agents, medicinal plants, drug resistance microbial.

INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antimicrobianos (RAM) constituye uno de los principales problemas de salud pública mundial. En 2019, se estimó que 1,27 millones de muertes estuvieron directamente asociadas a bacterias multirresistentes y que se perdieron 192 millones de años de vida ajustados por discapacidad. (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022). Las infecciones por protistas y helmintos también representan una importante carga sanitaria, con aproximadamente 309,8 millones de casos registrados en 2021. (Chen et al., 2024; Zheng et al., 2025). La RAM ocurre cuando microorganismos y parásitos desarrollan mecanismos que les permiten sobrevivir a los tratamientos, favorecidos por la presión selectiva y la exposición subóptima a los fármacos. Entre los factores que pueden contribuir a este fenómeno se encuentran las interacciones farmacocinéticas y farmacodinámicas, con medicamentos, alimentos o plantas medicinales. (Torrent-Rodríguez et al., 2024; Kumar et al., 2026).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

En Costa Rica, pese al amplio acceso a medicamentos mediante la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), el uso de plantas medicinales como complemento terapéutico es frecuente. Su utilización concomitante con antimicrobianos resulta relevante debido al riesgo de interacciones capaces de modificar la eficacia terapéutica. (Hernández-Salón et al., 2024; Kumar et al., 2026; Pesec et al., 2026). Estas interacciones pueden estar mediadas por la modulación de enzimas y transportadores implicados en el metabolismo de los fármacos, como las enzimas del citocromo P450 (CYP450) y la glicoproteína P (P-gp), alterando su concentración plasmática y respuesta terapéutica. (Galkin & Tammela, 2023). Por otra parte, algunas combinaciones pueden generar efectos sinérgicos capaces de potenciar la actividad antimicrobiana. (Vaou et al., 2022; Ranasinghe et al., 2023).

A pesar de la frecuencia con que las plantas medicinales se utilizan junto con medicamentos antimicrobianos, la información disponible sobre estas interacciones se encuentra dispersa y procede principalmente de estudios experimentales, farmacocinéticos y preclínicos. Además, no se dispone de una síntesis centrada en las plantas medicinales de uso frecuente en Costa Rica y en los antimicrobianos orales empleados en el sistema público de salud. La integración de esta evidencia es necesaria para identificar interacciones potencialmente relevantes, orientar la práctica clínica, fortalecer la farmacovigilancia y reconocer áreas que requieren investigación clínica adicional.

Por ello, el objetivo de este estudio es revisar la literatura sobre interacciones farmacocinéticas y farmacodinámicas entre las plantas medicinales más utilizados por la población costarricenses y los medicamentos antimicrobianos de administración oral incluidos en la Lista Oficial de Medicamentos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), utilizados como criterio de selección para esta revisión, y su posible impacto en la eficacia terapéutica y la resistencia antimicrobiana.

MÉTODO

Se realizó una revisión bibliográfica narrativa sobre las interacciones farmacocinéticas y farmacodinámicas entre plantas medicinales y medicamentos antimicrobianos de administración

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

oral incluidos en la Lista Oficial de Medicamentos de la Caja Costarricense de Seguro Social, utilizada como criterio para la selección de los fármacos analizados. Las plantas medicinales correspondieron a aquellas reportadas con una frecuencia de uso igual o superior al 2 % en el estudio de Hernández-Salón y León-Chavarría (2023), basado en 132 entrevistas realizadas en diferentes provincias y grupos etarios de Costa Rica.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo entre enero y marzo de 2026 en las bases de datos MEDLINE vía PubMed, Scopus y Web of Science. Se emplearon combinaciones de términos relacionados con plantas medicinales, antimicrobianos, interacciones farmacológicas, farmacocinética, farmacodinámica, resistencia a los antimicrobianos, enzimas del citocromo P450, glicoproteína P y transportadores de fármacos, utilizando los operadores booleanos AND y OR, de acuerdo con la sintaxis de cada base de datos.

Como estrategia general de búsqueda se utilizaron ecuaciones del tipo: ("medicinal plants" OR phytotherapy OR herbal medicine) AND (antibiotics OR antimicrobial agents OR antiparasitic agents) AND (drug interactions OR herb-drug interactions OR pharmacokinetics OR pharmacodynamics OR CYP450 OR P-glycoprotein OR drug transporters). Se priorizó la inclusión de publicaciones de los últimos cinco años para cada tema. No obstante, cuando la evidencia reciente era limitada o inexistente, se incorporaron estudios previos considerados fundamentales por describir mecanismos farmacocinéticos o farmacodinámicos que continúan constituyendo la principal evidencia disponible.

Se incluyeron artículos originales, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, metaanálisis, estudios clínicos, estudios farmacocinéticos, estudios experimentales *in vitro* e *in vivo*, así como documentos de referencia sobre metabolismo de fármacos e interacciones entre plantas medicinales y antimicrobianos. Asimismo, se consultaron documentos oficiales relacionados con la Lista Oficial de Medicamentos de la Caja Costarricense de Seguro Social cuando fueron necesarios para la selección de los medicamentos analizados.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Se excluyeron publicaciones sin información relevante sobre mecanismos farmacocinéticos o farmacodinámicos, estudios cuyo texto completo no estuvo disponible para verificar la información y trabajos duplicados recuperados en las bases de datos consultadas.

Posteriormente, la información se analizó de forma cualitativa. Se priorizaron estudios que describieran la modulación de enzimas del citocromo P450, transportadores de membrana, alteraciones en la concentración plasmática de los antimicrobianos, cambios en la eficacia terapéutica, evidencia de sinergia o antagonismo farmacodinámico y su posible relación con la resistencia a los antimicrobianos.

RESULTADOS

En esta revisión se analizaron 136 referencias bibliográficas, de las cuales 71 artículos científicos aportaron evidencia específica sobre las interacciones entre las plantas medicinales seleccionadas y los medicamentos antimicrobianos incluidos en el estudio. A partir de esta evidencia, se caracterizaron los antibióticos y antiparasitarios de administración oral incluidos en la Lista Oficial de Medicamentos de la Caja Costarricense de Seguro Social, identificando su participación como sustratos de enzimas del citocromo P450 y transportadores de membrana. Asimismo, se recopiló la evidencia disponible sobre la capacidad de las plantas medicinales de uso frecuente en Costa Rica para modular estos sistemas y sobre las principales interacciones farmacocinéticas y farmacodinámicas descritas con los antimicrobianos analizados.

Las Tablas 1 y 2 resumen las características farmacológicas de los antibióticos y antiparasitarios orales, respectivamente, mientras que las Figuras 1 a 4 presentan la distribución de los fármacos sustratos de enzimas del citocromo P450 y transportadores, así como la proporción de plantas medicinales capaces de modular estos sistemas. Posteriormente, las Tablas 3 a 5 sintetizan la evidencia específica sobre las interacciones farmacocinéticas y farmacodinámicas identificadas entre las plantas medicinales y los medicamentos antimicrobianos evaluados.

La caracterización farmacológica de los antibióticos orales constituye la base para el análisis de las posibles interacciones con plantas medicinales. En este sentido, la Tabla 1 resume su participación

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

como sustratos de enzimas CYP450 y transportadores de membrana, parámetros relevantes para identificar posibles interacciones farmacocinéticas.

Tabla 1

Características farmacológicas de antibióticos de uso oral

Medicamento	Espectro	Sustrato de CYP450	Sustrato de transportadores
Amoxicilina	Gram+, algunos Gram−	No es sustrato de CYP450 (Turner et al., 2022)	PEPT1 (Lin et al., 2025)
Ampicilina	Gram+, algunos Gram−	No es sustrato de CYP450 (Turner et al., 2022)	P-gp (Li et al., 2022a)
Bedaquilina	Tuberculosis	CYP3A4 (Arbex, 2026)	No reportado
Cefalexina	Gram+	No es sustrato de CYP450 (Turner et al., 2022)	OAT1 y PEPT1 (Lin et al., 2025)
Cicloserina	Tuberculosis	No se reporta	No reportado
Ciprofloxacino	Gram−	CYP1A2 (Lin et al., 2025)	BCRP, MATE1 y MATE2-K (Lin et al., 2025)
Claritromicina	Gram+, atípicos	CYP3A4 y CYP2C19 (Mushtaq et al., 2023)	OATP1B1 y OATP1B3 (Lin et al., 2025)
Clindamicina	Gram+, anaerobios	CYP3A4/5 (Armengol et al., 2022)	P-gp (Li et al., 2024)
	Gram+, Gram−, atípicos	No es sustrato de CYP450 (Cabanilla et al., 2026)	OAT1 (Lin et al., 2025)

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Doxiciclina			
Espiramicina	Gram+, atípicos	No es sustrato de CYP450 (Tian et al., 2007)	Mrp2 y P-gp (Tian et al., 2007)
Etambutol	Tuberculosis	No reportado	OCT y MATE (Lin et al., 2025)
Etionamida	Tuberculosis	No es sustrato de CYP450 (de Oliveira Neto et al., 2026)	No (de Oliveira Neto et al., 2026)
Isoniazida	Tuberculosis	Potencialmente CYP2E1, CYP3A4 and CYP2C9 (Klein et al., 2017)	No reportado
Levofloxacino	Amplio	No es sustrato de CYP450 (Podder et al., 2024)	OATP1A2 y sustrato pobre de OCT1 (Lin et al., 2025)
Linezolid	Gram+	CYP2J2 ≫ CYP4F2 > CYP2C8 > CYP1B1 ≈ CYP2D6 ≈ CYP3A4 > CYP1A1 > CYP3A5 (Obach, 2022)	No (Purohit et al., 2026)
Metronidazol	Anaerobios	CYP2A6, CYP2E1, CYP3A4, CYP3A5, CYP3A7 (Parvez et al., 2024)	No es sustrato de P-gp (Kim & Park, 2010)
Nitrofurantoína	Urinario	No es sustrato de CYP450 (Wijma et al., 2018)	Bcrp (Dai &Piquette, 2024)
Norfloxacino	Urinario	No es sustrato de CYP450 (Sood et al., 2018)	BCRP, MATE1, MATE2-K (Lin et al., 2025)

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Ofloxacino	Gram−	No es sustrato de CYP450 (Graham & Tripp.	OAT1/3 (Rodríguez et al., 2024)
Pirazinamida	Tuberculosis	No es sustrato de CYP450 (Chamboko et al., 2023)	No reportado
Pretomanid	Tuberculosis	CYP3A4 (Arbex, 2026)	OAT3 (Fan et al., 2025)
Rifampicina	Tuberculosis	CYP3A4 (Lin et al., 2025)	OATP1B1, OATP1B3 y OATP2B1 (Li et al., 2022a)
Sulfadiazina	Gram+, Gram−	CYP2C9 (Li et al., 2022b)	P-gp (Li et al., 2022b)
Sulfametoxazol + trimetoprima	Amplio	Trimetoprima es sustrato de CYP3A4 (Türk et al., 2020)	Trimetropina es sustrato de OCT1, OCT2 (Lin et al., 2025)
Tetraciclina	Amplio	No es sustrato de CYP450 (Shutter & Akhondi, 2023)	P-gp, OAT1, OAT2 y OAT4 (Lin et al., 2025)

La Tabla 2 presenta las características farmacológicas de los antiparasitarios orales incluidos en la Lista Oficial de Medicamentos de la CCSS, incluyendo su condición como sustratos de enzimas CYP450 y de la glicoproteína P (P-gp). Estos parámetros permiten identificar posibles interacciones farmacocinéticas asociadas al uso concomitante de plantas medicinales.

Tabla 2

Características farmacológicas de antiparasitarios de uso oral

Medicamento	Uso	Sustrato de CYP450	P-gp
Albendazol	Helmintiasis (nematodos, cestodos)	CYP3A4 (Su et al., 2026)	No es sustrato de P-gp (Merino et al., 2002)

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Arteméter/ lumefantrina	Malaria	Lumefantrina (CYP3A4) (Simeon et al., 2024)	P-gp: Lumefantrina (Simeon et al., 2024),
Cloroquina	Malaria, amebiasis extraintestinal	1A2, 2C8, 2C19, 2D6, and 3A4/5 (Rendic & Guengerich, 2020)	No es sustrato de P-gp No (Rendic & Guengerich, 2020
Hidroxicloroquina	Malaria, uso inmunomodulador	1A2, 2C8, 2C19, 2D6, and 3A4/5 (Rendic, & Guengerich, 2020	No es sustrato de P-gp No (Rendic & Guengerich, 2020
Ivermectina	Ectoparásitos, helmintos (oncocercosis, estrongiloidiasis)	CYP3A4 (Agnihotry et al., 2026)	P-gp (Agnihotry et al., 2026)
Metronidazol	Protozoarios (amebiasis, giardiasis, tricomoniasis)	CYP1A1, CYP1A2, CYP2A6, CYP2E1, CYP3As (Parvez et al., 2024)	P-gp (Parvez et al., 2024)
Pirimetamina	Toxoplasmosis, malaria (combinación)	No (Manzoor et al., 2025)	No hay reportes
Primaquina	Malaria (formas hepáticas, gametocida)	CYP1A2, CYP3A4 y CYP2D (Chamboko et al., 2023)	No hay reportes

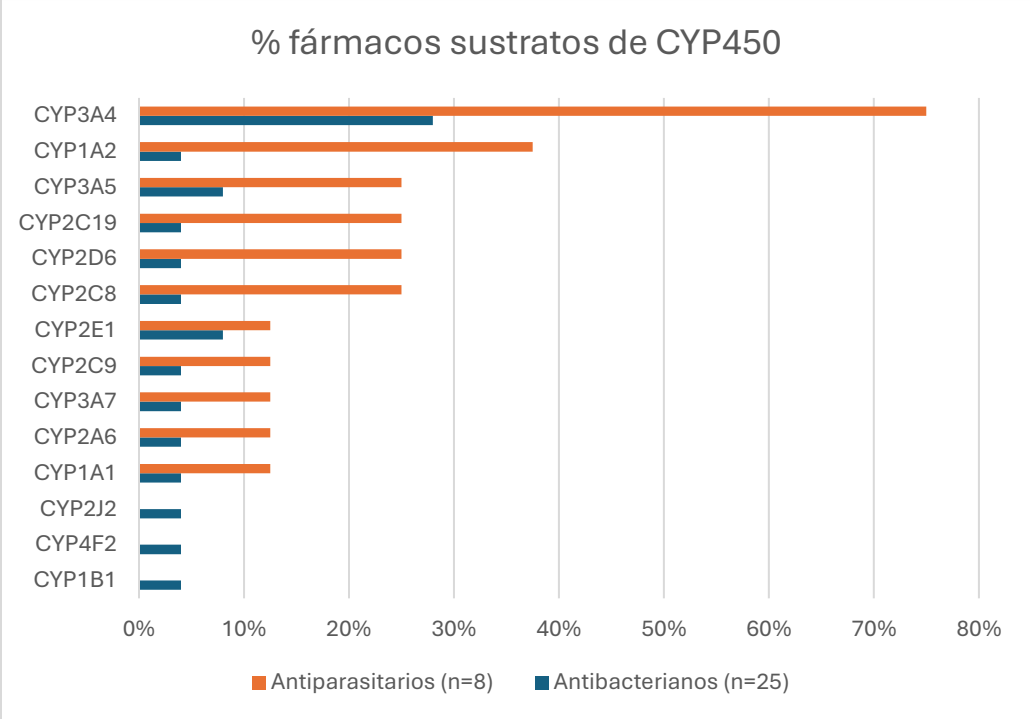
Nota. Hay evidencia parcial de otros transportadores, pero no en forma específica, en los casos de arteméter/lumefantrina, clorequina e hidroxicloroquina, ivermetina, pirimetamina y primaquina.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Las Figuras 1 y 3 muestran el porcentaje de antibióticos y antiparasitarios orales incluidos en la Lista Oficial de Medicamentos de la CCSS de administración oral, que actúan como sustratos de isoenzimas CYP450 y transportadores de fármacos, respectivamente. Las Figuras 2 y 4 presentan la proporción de plantas medicinales reportadas con una frecuencia de uso igual o superior al 2 % en el estudio de Hernández-Salón y León-Chavarría (2023) que son capaces de modular estos sistemas, proporcionando una visión general de la evidencia disponible sobre las posibles interacciones farmacocinéticas entre estas plantas y los medicamentos antimicrobianos evaluados.

Figura 1

Porcentaje de antibióticos y antiparasitarios, vía oral, que son sustratos de isoenzimas CYP450

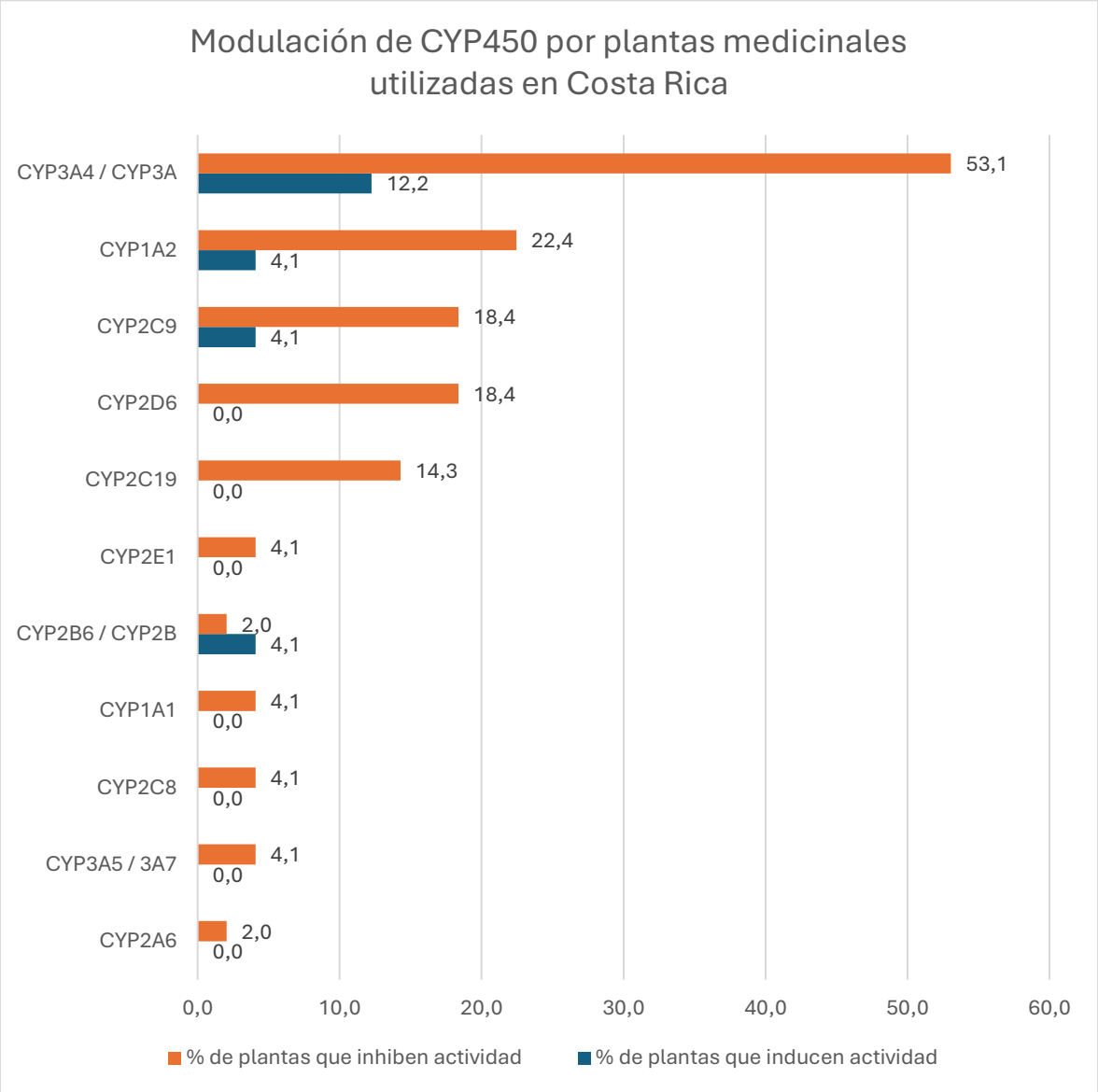


Nota. Elaboración propia a partir de la información recopilada en los artículos científicos incluidos en la revisión y otras fuentes farmacológicas consultadas. Los porcentajes representan la proporción de antimicrobianos identificados como sustratos de cada isoenzima CYP450 respecto al total de medicamentos analizados.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Figura 2

Porcentaje de plantas medicinales según su capacidad de activar o inhibir enzimas CYP450

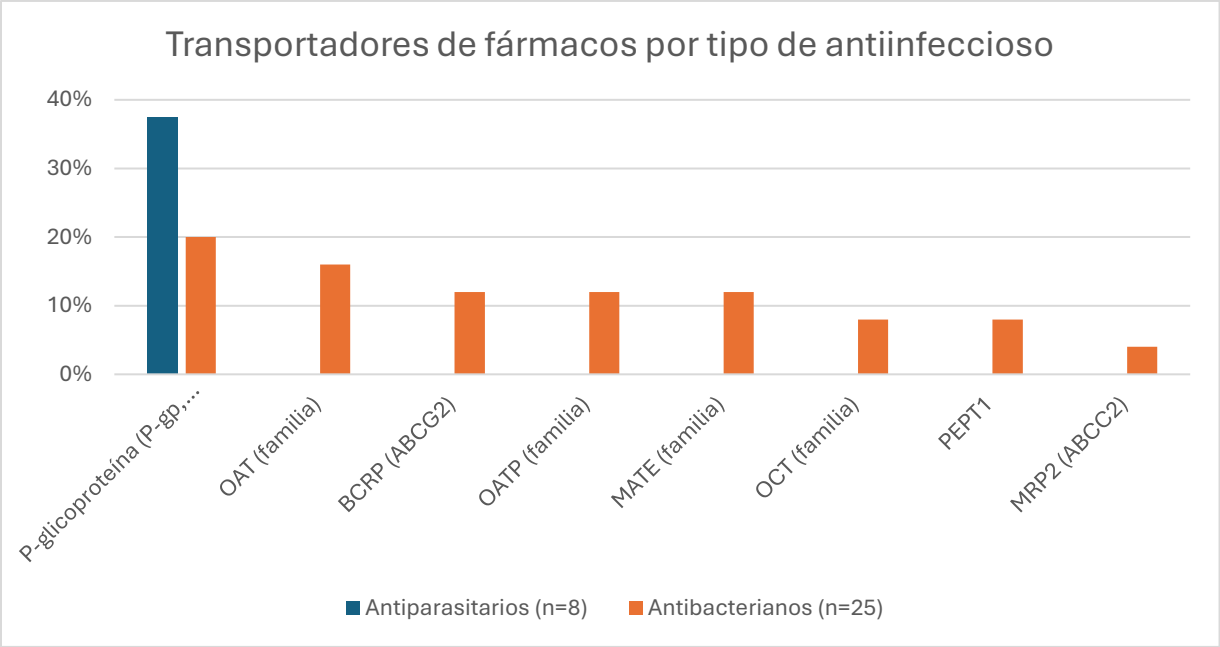


Nota. Elaboración propia a partir de la literatura científica analizada. Los porcentajes representan la proporción de plantas incluidas en esta revisión que modulan la actividad o cantidad de cada isoenzima CYP450 respecto al total de especies evaluadas. Las plantas seleccionadas corresponden a aquellas reportadas por al menos el 2 % de la muestra estudiada por Hernández-Salón y León-Chavarría (2023).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Figura 3

Porcentaje de antibióticos y antiparasitarios, de administración oral, que son sustrato de transportadores de fármacos



Nota. Elaboración propia a partir de la información recopilada en los artículos científicos incluidos en la revisión y otras fuentes farmacológicas consultadas. Los porcentajes representan la proporción de antimicrobianos identificados como sustratos de cada transportador respecto al total de medicamentos analizados.

Tabla 3

Evidencia de inhibición e inducción de enzimas CYP450 por plantas medicinales utilizadas en Costa Rica

Nombre común y especie	**Efecto de la planta medicinal sobre la actividad de las enzimas del complejo CYP450**
Aguacate, *Persea americana* (hojas)	Inhiben CYP1A2 and CYP3A4 (Deuschle et al., 2019)
Ajenjo, *Artemisia absinthium*	Podría inhibir actividad de CYP2B6 and CYP3A (Şen, 2022)
Ajo, *Allium sativum*	Actividad inhibitoria sobre 2C9*1, 2C19, 3A4, 3A5 y 3A7 (Prieto-García et al., 2023).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Almendro, *Terminalia catappa* (hojas)	Inhibe CYP1A2, CYP3A4 y CYP2D6 (Larson et al., 2016)
Amapola, *Hibiscus rosa sinensis* (flor amarilla)	Activa CYP3A4 (Hernández-Lorca et al., 2025)
Anisillo, Hoja santa, Piper auritum	Inhibe CYP1A1 en microsomas de ratas (extracto etanólico de hojas) (Hernández-Ojeda et al., 2024)
Caléndula, *Calendula officinalis*	Posible inhibición de s CYP1A2, CYP2D6, CYP2C9, CYP2C19, and CYP3A4 (Rezende et al., 2024)
Canela, *Cinnamomum verum*	Actividad inhibitoria sobre CYP 3A4 (Salek et al., 2025), CYP2D1 en rata (Neyshaburinezhad, et al., 2021), de CYP2C19 (Neyshaburinezhad et al., 2020) y de CYP 2A6 (Nguyen et al., 2025)
Cebolla morada, *Allium cepa*	Inhibe CYP1A2 (Adeniran et al., 2022)
Chang, *Hyptis suaveolens*	El extracto acuoso inhibe CYP2D6 (1.39 ± 0.01 µg/mL), CYP3A4 (2.36 ± 0.57 µg/mL) y CYP1A2 (3.68 ± 0.10 µg/mL) (Thomford et al., 2018)
Cola de caballo, *Equisetum arvense*	Induce actividad de CYP3A4 (Mazzari et al., 2022).
Cúrcuma, *Curcuma longa*	Actividad inhibitoria sobre CYP3A4 y activa CYP1A2 (Prieto-García et al., 2023), inhibe CYP2D6 (Al-Jenoobi et al., 2015),
Diente de león, *Taraxacum officinale*	Actividad inhibitoria sobre CYP3A4 (Dufay et al., 2014), CYP1A2 (Salek et al., 2025)
Echinaceae, *Echinacea purpurea*	Aumenta actividad de CYP3A4 y de P-gp (disminuye concentración de midazolam) (Le et al., 2022).
Guanábana (hojas), *Annona muricata*	Actividad inhibitoria sobre CYP 2C19, 2C9, 3A4 (Fallon et al., 2023).
Guayaba, *Psidium guajava*	Actividad inhibitoria de las hojas sobre las enzimas CYP2C8, CYP2C9, CYP3A4 y CYP1A1 (Chatterjee, 2022; lnaqeeb et al., 2019). Sobre la fruta no hay información.
Menta, *Mentha piperita*	Actividad inhibitoria de CYP3A4 (Kobayashi et al., 2019).
Hombre grande, *Quassia amara*,	Actividad inhibitoria de CYP3A4 (Olugbogi et al., 2022).
Indio desnudo, *Bursera simaruba*	Inhibe CYP3A4 (Marcotullio et al., 2018)

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Insulina*, Justicia spicigera*	Actividad inhibitoria sobre CYP1A2, 3A4 y 2C9 (Atanu et al., 2021)
Jazmín, *Jasminum officinale*	Extracto de flores, en éter de petróleo, Inhibe CYP2E1 (Sun et al., 2022).
Jengibre, *Zingiber officinale*	Inhibe CYP3A4, 2C9, 1A2, 2C8 (Al-Jenoobi et al., 2023; Salek et al., 2025)
Juanilama, *Lippia alba*	Metabolizado por CYP2B (Surendran et al., 2021)
Limón, *Citrus limon*	Actividad inhibitoria sobre CYP 2C9 y3A4 (Phucharoenrak et al., 2024)
Linasa, *Linum usitatissimum*	Aumenta expresión CYP2C9 and CYP3A4 in vitro (Łaszczych et al., 2024).
Mango, *Mangifera indica*	Inhibe CYP2D6 IC50 de 9,2; CYP3A4 (IC50 = 8,7) y CYP3A5 (IC50 = 4,3 µM) (Pan et al., 2023).
Manzanilla, *Matricaria chamomilla*,	Inhibe actividad de CYP3A4/CYP1A2, CYP2D6 (Salek et al., 2025)
Menta, *Mentha x piperita*	Actividad inhibitoria sobre CYP3A4, CYP2D6 (Salek et al., 2025)
Moringa, *Moringa oleífera* (hojas)	Disminye en forma significativa la actividad de s CYP3A4 in vitro y en menor medida la de CYP1A2 and CYP2C9 (Łaszczych et al 2024)
Naranja, *Citrus sinensis* (jugo)	Disminuye actividad de CYP3A4, CYP2E1 y CYP1A2 (Shalaby et al., 2023).
Naranjo agrio, *Citrus × aurantium*,	Aumentó e efecto anticonvulsivo de valproato y fenitoína, en peces zebra (Rosa-Falero et al 2023)
Naranjo agrio, *Citrus × aurantium*,	CYP3A4 (Salek et al., 2025)
Noni, *Morinda citrifolia*, Rubiaceae	Efecto leve sobre CYP1A2 y CYP3A4 (Kang et al., 2015).
Nuez moscada, *Myristica fragrans*	Inhibe CYP2C9 (in vitro mediante microsomas hepáticos humanos) (Kimura et al., 2010).
Ortiga, *Urtica sp* (Semillas)	Inhibe CYP3A (Salek et al., 2025)
Orégano, *Origanum vulgare*	Actividad inhibitoria sobre CYP3A5 (Marro et al., 2024).
Papaya, *Carica papaya*(fruta)	Inhibe actividad de CYP3A in vitro y de CYP2C9 en forma débil (Rodrigues et al., 2014).
Papaya, *Carica papaya* (hojas)	Inhibe actividad de P-gp en células Caco-2 (Rodrigues et al., 2014).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Passiflora, *Passiflora sp*	Inhibe CYP2C9 Y CYP2D6 (Fonseca et al., 2020)
Perejil, *Petroselinum crispum*	Podría inhibir actividad de CYP3A4 and P-glycoprotein (Alobaidi, 2024).
Remolacha, *Beta vulgaris*	Inhibidor competitivo de CYP3A4 (Lim et al., 2023)
Romero, *Salvia rosmarinus*	Dependiendo del modelo se ha observado: actividad inhibitoria sobre CYP2C9, CYP2C19 y CYP3A4 (Vemu et al., 2021) y estudio de Salek et al. (2025) inducción de CYP3A4.
Ruda, *Ruta graveolens*	Induce actividad de Cyp1A y Cyp2B (Ueng et al., 2015).
Salvia, *Salvia officinalis*	Inhibe CYP3A4 moderadamente (in vitro) (Rahte et al., 2009).
Sorosí, *Momordica charantia*	Aumentan la actividad de CYP3A4, CYP1A2, CYP2B6, y CYP 2C9 (Salau, 2020).
Sábila, *Aloe vera*	Inhibición de CYP3A4 y CYP2D6 (Catalano et al., 2024).
Tomillo, *Thymus vulgaris*	Actividad inhibitoria sobre CYP3A4 (Anitha et al., 2018), CYP2D6 y CYP1A2 (Olaove et al., 2021)
Zacate de Limón, *Cymbopogon citratus*	Actividad inhibitoria de CYP1A1 y CYP3A (Li et al., 2018),

Nota. Las plantas medicinales incluidas corresponden a especies reportadas por al menos el 2 % de la muestra estudiada por Hernández-Salón y León-Chavarría (2023). La información se obtuvo de estudios que evaluaron su capacidad para inhibir o inducir isoenzimas CYP450, constituyendo evidencia potencial de interacción farmacocinética.

Tabla 4

Evidencia de modulación de transportadores de fármacos por plantas medicinales utilizadas en Costa Rica

Nombre común, especie	Transportador	Tipo de modulación	Fuente
Ajo, *Allium sativum*	P-gp / ABCB1	↓	KÖKTEN et al. (2024); Rana et al. (2025)
Cúrcuma, *Curcuma longa*	P-gp / ABCB1; BCRP / ABCG2; MRP1 / ABCC1	↓	Zou et al. (2024)

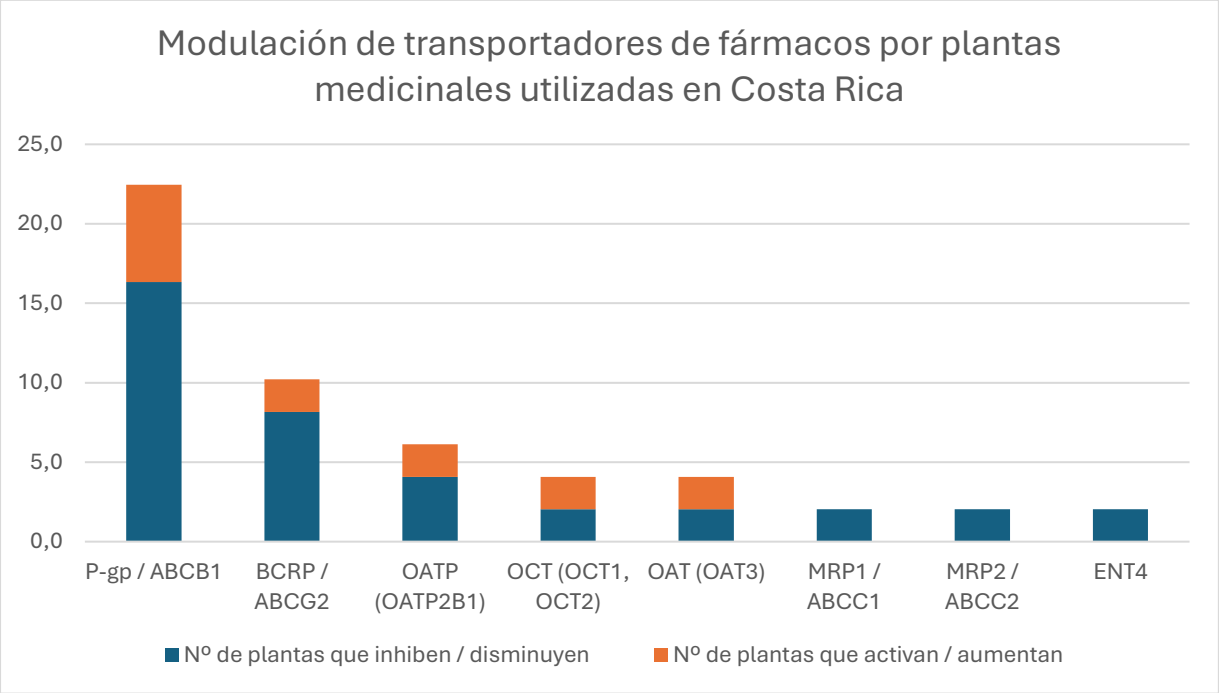
Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Echinaceae, *Echinacea purpurea*	P-gp / ABCB1; BCRP / ABCG2	ABCB1; evidencia variable según concentración	Shanaida et al. (2026)
Jengibre, *Zingiber officinale*	P-g/ABCB1/ y BCRP	↓ Fuerte	Shanaida et al. (2026)
Mango, *Mangifera indica*	P-gp / ABCB1	↓ P-gp y ↑ ABCB1	Selvakumar et al. (2022)
Menta, *Mentha spicata*	BCRP (ABCG2)	↓	Haider et al. (2025)
Naranja, *Citrus sinensis*	OATP2B1; P-gp MRP2; BCRP	↓	Al-Abdallat et al. (2024)
Papaya, *Carica papaya* (hojas)	P-gp	↓	Galkin et al. (2023)
Romero, *Salvia rosmarinus*	P-gp	↓	Zhao et al. (2022)
Limón / cítricos, *Citrus limon*	P-gp / ABCB1; OATP	↓	Mallhi et al. (2015)
Uña de gato, *Uncaria tomentosa*	P-gp/MDR1/ABCB1; BCRP/ABCG2; OATP; OCT1; OCT2; OAT3; ENT4; MDR1	↓	Szilvásy et al. (2024)

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Figura 4

Distribución de plantas medicinales según su capacidad de inhibir o inducir transportadores de fármacos



Nota. Elaboración propia a partir de la literatura científica analizada. Las plantas incluidas corresponden a especies reportadas por al menos el 2 % de la muestra estudiada por Hernández-Salón y León-Chavarría (2023). Los valores representan el número de especies para las cuales se reportó inhibición o inducción de transportadores de fármacos.

INNOVACIÓN UNIVERSITARIA
ISSN: 2953-7606
Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Tabla 5

Síntesis de las posibles interacciones farmacocinéticas entre plantas medicinales y antibióticos

Medicamento	Posible aumento de la exposición sistémica	Posible disminución de la exposición sistémica	Posible aumento o disminución
Claritromicina, clindamicina, rifampicina, bedaquilina	Aguacate, ajo, cebolla morada, cúrcuma, hierbabuena, hombre grande, llantén, menta, moringa, naranjo agrio, noni, remolacha, zacate de limón, diente de león, malva, guanábana, guayaba, insulina, jengibre, nuez moscada, romero, tomillo.	Amapola, cola de caballo, echinacea, sorosí	Sábila, salvia
Ciprofloxacino	Ajo, almendro, anisillo, diente de león, guayaba, insulina, jengibre, malva, moringa, mango, papaya, tomillo	Naranja, limón, ruda, sorosí	—
Levofloxacino, ofloxacino, norfloxacino, lomefloxacino	Mango, papaya	Naranja, limón	—
Doxiciclina, espiramicina, tetraciclina, nitrofurantoína	Mango, papaya	Echinacea (tetraciclina)	—
Sulfadiazina, sulfametoxazol/trimetoprima	Guanábana, guayaba, insulina, jengibre, nuez moscada, romero, manzanilla, tomillo	Sorosí	—

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Metronidazol, isoniazida	Canela, tomillo	—	—
Ampicilina	—	Echinacea	—
Linezolid	Manzanilla, orégano	—	—

Nota. La información presentada se obtuvo mediante el cruce de los datos de la Tabla 1, sobre antibióticos sustrato de enzimas CYP450 y/o proteínas transportadoras, con la evidencia de modulación de estos sistemas por plantas medicinales reportada en las Tablas 3 y 4. Las especies vegetales incluidas corresponden a aquellas reportadas por al menos el 2 % de la muestra estudiada por Hernández-Salón y León-Chavarría (2023), mientras que los antibióticos, de administration oral, fueron seleccionados a partir de la Lista Oficial de Medicamentos (LOM) de la CCSS como criterio metodológico para la revisión.

Tabla 6

Síntesis de las posibles interacciones farmacocinéticas entre plantas medicinales y antiparasitarios de administración oral

Medicamento	**Posible aumento de la exposición sistémica**	**Posible disminución de la exposición sistémica**
Albendazol	Aguacate, ajo, almendro, cebolla morada, cúrcuma, diente de león, guanábana, guayaba, insulina, jengibre, limón, llantén, malva, menta, moringa, remolacha, romero, tomillo, zacate de limón	Amapola, cola de caballo, ruda, sorosí
Arteméter/	Aguacate, ajo, almendro, cebolla morada, cúrcuma, diente de león, guanábana, guayaba, insulina, jengibre, limón, llantén, malva, menta, moringa, remolacha, romero, tomillo, zacate de limón	

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Lumefantrina		Amapola, cola de caballo, ruda, sorosí
Cloroquina	Ajo, anisillo, cúrcuma, diente de león, guayaba, insulina, jengibre, mango, papaya, romero, tomillo, manzanilla	—
Hidroxicloroquina	Anisillo, diente de león, guayaba, insulina, jengibre, romero, tomillo, manzanilla	—
Ivermectina	Aguacate, ajo, cúrcuma, guanábana, guayaba, jengibre, limón, menta, romero, tomillo, zacate de limón, mango, papaya	Cola de caballo, ruda, sorosí
Metronidazol	Canela, tomillo	—
Pirimetamina	Ajo, cúrcuma, canela, guanábana, guayaba, manzanilla, nuez moscada, romero, tomillo	Sorosí
Primaquina	Ajo, cúrcuma, romero, tomillo, canela	—

Nota. La información presentada se obtuvo mediante el cruce de los datos de la Tabla 2, sobre antibióticos sustrato de enzimas CYP450 y/o proteínas transportadoras, con la evidencia de modulación de estos sistemas por plantas medicinales reportada en las Tablas 3 y 4. Las especies vegetales incluidas corresponden a aquellas reportadas por al menos el 2 % de la muestra estudiada por Hernández-Salón y León-Chavarría (2023), mientras que los antiparasitarios de administración oral, fueron seleccionados a partir de la Lista Oficial de Medicamentos (LOM) de la CCSS como criterio metodológico para la revisión.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Tabla 7

Interacciones farmacodinámicas entre plantas medicinales y antimicrobianos

Especie de planta medicinal	Antimicrobiano con interacción reportada	Tipo de evidencia	Fuente bibliográfica
Ajo (*Allium sativum*)	Sinergismo con ciprofloxacino	*In vitro* fuerte (FICI/MIC)	Magryś et al., 2021
Canela (*Cinnamomum verum*)	Sinergismo con oxitetraciclina (extrapolable a tetraciclina)	*In vitro* fuerte	Huerta Lorenzo et al., 2024
Cebolla morada (*Allium cepa*)	Sinergismo con tetraciclina, ampicilina	*In vitro* fuerte	Nnamchi et al., 2021
Cúrcuma (*Curcuma longa*)	Sinergismo *in vitro* e *in vivo* (ratón cepas sensibles de tuberculosis). Estudios previos indican sinergismo con claritromicina, ciprofloaxacino. Efecto aditivo con isoniazida.	*In vitro* fuerte e *in vivo* fuerte	Lara-Espinosa et al., 2025
Eucalipto (Eucalyptus *globulus, E. camaldulensis)*	Sinergismo con ciprofloxacino, gentamicina	*In vitro* fuerte	Knezevic et al., 2016; Vaou et al., 2022
Guayaba (*Psidium guajava*)	Sinergismo con ciprofloxacino, Ofloxacino, Levofloxacino, Nitrofurantoína, Norfloxacino, Trimetoprima	*In vitro* fuerte	Mitra et al., 2024

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Jengibre (*Zingiber officinale*)	Sinergismo con ciprofloxacino	*In vitro* moderada	Sulieman et al., 2024
Menta (*Mentha x piperita*)	Sinergismo con gentamicina, oxacilina y norfloxacino Antagonismo con ciprofloxacino contra *Staphylococcus aureus*	*In vitro* fuerte	Iskandar et al., 2025
Moringa (*Moringa oleifera*)	Sinergismo con amoxicilina, ampicilina y cefalexina Antagonismo con ciprofloxacino y levofloxacino	*In vitro* fuerte	Mora-Coto et al., 2025
Orégano (*Origanum vulgare*)	Sinergismo con gentamicina, norfloxacio,	*In vitro* fuerte	Iskandar et al., 2025
Romero (*Salvia rosmarinus*)	Sinergismo con ciprofloxacino cotra *K. neumoiae* Antagonismo con ciprofloxacino contra *Staphylococcus aureus*	*In vitro* fuerte	Iskandar et al., 2025
Salvia (*Salvia officinalis*)	Sinergismo con amoxicilina, ciprofloxacino, tetraciclina	*In vitro* moderada	Stefanovic et al., 2012
Tomillo (*Thymus vulgaris*)	Sinergismo con getamicina, norfloxacino Antagonismo con ciprofloxacino contra *Staphylococcus aureus*	*In vitro* fuerte	Iskandar et al., 2025

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Zacate de limón (*Cymbopogon citratus*)	Sinergismo con amoxicilina, ciprofloxacino, norfloxacino	*In vitro* fuerte	Cyril et al., 2023

Nota. No se identificó en la literatura evidencia de interacciones farmacodinámicas antagónicas entre las plantas medicinales evaluadas y los antimicrobianos incluidos en esta revisión.

DISCUSIÓN

Las interacciones entre medicamentos, alimentos y plantas medicinales pueden modificar la respuesta terapéutica y el perfil de seguridad de los tratamientos. En antibióticos y antiparasitarios, una disminución de la exposición sistémica puede favorecer el fracaso terapéutico, la persistencia de la infección y la selección de microorganismos o parásitos menos sensibles, mientras que concentraciones excesivas incrementan el riesgo de toxicidad. Las interacciones farmacocinéticas afectan la absorción, distribución, metabolismo o eliminación (ADME) de los fármacos, mientras que las farmacodinámicas modifican sus efectos biológicos, generando respuestas sinérgicas, aditivas o antagonistas. (Sun et al., 2023).

Interacciones Farmacocinéticas

La mayoría de las interacciones clínicamente relevantes entre plantas medicinales y fármacos se deben a mecanismos farmacocinéticos mediados por enzimas CYP450 y transportadores de membrana como P-gp, BCRP, MRPs, OATP y OCT. (Amaeze et al., 2021; Nobakht et al., 2022; Lin et al., 2025). El sistema CYP450 participa en el metabolismo de aproximadamente el 75 % de los medicamentos de uso clínico, por lo que su modulación puede alterar significativamente la respuesta terapéutica. (Abdelwahab et al., 2025). De la misma forma, la alteración de enzimas y transportadores puede modificar la exposición sistémica a los fármacos, comprometiendo su eficacia o incrementando el riesgo de toxicidad y resistencia microbiana. (Gray-Hammerton et al., 2025; Monogue et al., 2026; Nyirenda et al., 2025).

Aproximadamente el 50 % de los antibióticos orales incluidos en la Lista Oficial de Medicamentos de la Caja Costarricense de Seguro Social, son metabolizados por isoenzimas del CYP450. Entre ellos destacan sulfadiazina (CYP2C9), sulfametoxazol/trimetoprima (CYP2C9 y CYP2C8),

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

claritromicina y clindamicina (CYP3A4), ciprofloxacino (CYP1A2) y metronidazol (principalmente CYP2A6). Entre los antituberculosos sobresalen rifampicina, bedaquilina y pretomanid (CYP3A4), así como isoniazida (CYP2E1). En contraste, todos los antiparasitarios orales incluidos en la LOM presentan metabolismo mediado por CYP450, principalmente a través de CYP3A4, CYP2D6, CYP2C8 y CYP2C9, como ocurre con albendazol, arteméter/lumefantrina, ivermectina, cloroquina, hidroxicloroquina, pirimetamina y primaquina. (Tablas 1 y 2).

La isoenzima CYP3A4 metaboliza el mayor número de fármacos analizados, participando en aproximadamente el 47,6 % de ellos (Fig. 1). Asimismo, es modulada por el 53,1 % de las plantas medicinales utilizadas por más del 2 % de la muestra estudiada por Hernández-Salón y León-Chavarría (2023). También destacan CYP1A2, CYP2C9 y CYP2D6, debido a su frecuente modulación por diversas especies vegetales (Fig. 2). Plantas como mango, papaya, ajo, cúrcuma, jengibre, guayaba, guanábana, romero, manzanilla y menta presentan amplios perfiles de interacción, lo que sugiere la participación de múltiples sistemas de biotransformación. (Al-Jenoobi et al., 2015, 2023; Alnaqeeb et al., 2019; Fallon et al., 2023; Galkin & Tammela, 2023; Haider et al., 2025; Pan et al., 2023; Prieto-García et al., 2023; Rodrigues et al., 2014; Selvakumar et al., 2022; Salek et al., 2025; Chatterjee, 2022; Shanaida et al., 2026; Vemu et al., 2021; Zou et al., 2024).

Los transportadores de membrana, al igual que las enzimas CYP450, desempeñan un papel fundamental en la farmacocinética de los antimicrobianos al regular su absorción, distribución y eliminación. Su modulación puede alterar la exposición sistémica, la eficacia terapéutica y el riesgo de toxicidad. (Lin et al., 2025). Este mecanismo es especialmente relevante en antibacterianos con metabolismo limitado por CYP450, como amoxicilina, ampicilina, cefalexina, doxiciclina, espiramicina, levofloxacino, ofloxacino, nitrofurantoína, etionamida y pirazinamida, cuya disposición depende de transportadores como P-gp, OATP, OAT, OCT, MATE, PEPT1 y MRP. (Chamboko et al., 2023; de Oliveira Neto et al., 2026; Podder et al., 2024; Tian et al., 2007; Turner et al., 2022; Wijma et al., 2018). Para cicloserina y etambutol no se encontraron evidencias concluyentes de interacción con estos sistemas.

Entre los antibacterianos, amoxicilina y cefalexina utilizan transportadores de captación como PEPT1, mientras que tetraciclina, clindamicina y espiramicina interactúan con sistemas de eflujo

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

como P-gp y transportadores OAT. (Li et al., 2022a; Lin et al., 2025; Rodríguez et al., 2024; Tian et al., 2007). Asimismo, fluoroquinolonas como ciprofloxacino y levofloxacino interactúan con BCRP, MATE y OATP, los cuales influyen en su disposición farmacocinética (Lin et al., 2025). Entre los antiparasitarios, lumefantrina, ivermectina y metronidazol son sustratos de P-gp. (Agnihotry et al., 2026; Parvez et al., 2024; Simeon et al., 2024).

Como se observa en las Figuras 3 y 4, y en detalle en las Tablas 3 y 4, la glicoproteína P (P-gp) fue el transportador más frecuentemente involucrado en el transporte de antimicrobianos y también el más comúnmente modulado por las plantas medicinales utilizadas en Costa Rica; también destacan los transportadores OATP, OAT y BCRP. Estos resultados sugieren que la modulación de transportadores de membrana por plantas medicinales podría afectar una proporción importante de los antimicrobianos utilizados en la práctica clínica, incluidos aquellos con metabolismo limitado por CYP450, alterando su biodisponibilidad, eficacia terapéutica y riesgo de toxicidad o resistencia microbiana. (Monogue et al., 2026; Nyirenda et al., 2025).

Las posibles interacciones presentadas en las Tablas 5 y 6 se obtuvieron al relacionar los antimicrobianos sustratos de enzimas CYP450 y transportadores de membrana (Tablas 1 y 2) con la evidencia de modulación de estos sistemas por plantas medicinales (Tablas 3 y 4). Los resultados sugieren que numerosas especies utilizadas en Costa Rica podrían modificar la exposición sistémica de antibióticos y antiparasitarios, principalmente mediante la modulación de CYP3A4 y P-gp. Entre las plantas con mayor número de interacciones potenciales destacan ajo, cúrcuma, guayaba, jengibre, romero y tomillo, mientras que sorosí, cola de caballo, amapola, ruda y equinácea se asociaron principalmente con una posible disminución de la exposición sistémica. Por otro lado, claritromicina, clindamicina, rifampicina, ciprofloxacino, albendazol, arteméter/lumefantrina e ivermectina mostraron un mayor potencial de interacción debido a su dependencia de CYP450 y transportadores de membrana. (Nyirenda et al., 2025; Shanaida et al., 2026).

Estos hallazgos sugieren que el uso concomitante de plantas medicinales y antimicrobianos podría modificar la respuesta terapéutica, aumentando el riesgo de toxicidad o reduciendo la eficacia del tratamiento. Sin embargo, la magnitud de estas interacciones depende de factores como la dosis,

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

la preparación vegetal y las características del paciente, por lo que se requieren estudios farmacocinéticos y clínicos para determinar su relevancia en la práctica clínica. (Lin et al., 2025).

Interacciones Farmacodinámicas

Las interacciones farmacodinámicas entre plantas medicinales y medicamentos ocurren cuando sus componentes modifican directamente la respuesta biológica a un fármaco mediante mecanismos de acción, receptores o vías fisiológicas compartidas, sin alterar su farmacocinética. Estas interacciones pueden ser aditivas, cuando la respuesta corresponde a la suma de los efectos individuales; sinérgicas, cuando la combinación produce un efecto superior al esperado; o antagónicas, cuando disminuye la acción farmacológica del medicamento. Como consecuencia, pueden modificar la eficacia terapéutica y el perfil de seguridad del tratamiento. (Duan et al., 2025; Kumar et al., 2026; Chaachouay, 2025).

La evidencia recopilada en esta revisión (Tabla 7) muestra un predominio de interacciones sinérgicas entre plantas medicinales utilizadas por la población costarricense y diversos antimicrobianos. Entre los ejemplos más relevantes destacan ajo con ciprofloxacino, eucalipto con ciprofloxacino y gentamicina, guayaba con varias fluoroquinolonas, nitrofurantoína y trimetoprima, así como tomillo, orégano y zacate de limón con distintos antibióticos. Por su parte, la cúrcuma presentó evidencia de sinergismo in vitro e in vivo frente a cepas sensibles de tuberculosis y un efecto aditivo con isoniazida. También se documentaron interacciones antagónicas *in vitro*, principalmente asociadas a ciprofloxacino. Estos resultados indican que la naturaleza de la interacción depende de la especie vegetal, el antimicrobiano y el microorganismo evaluado.

Diversos estudios han demostrado que los aceites esenciales pueden potenciar la actividad de los antibióticos frente a bacterias formadoras de biopelículas. (Iskandar et al., 2025; Vaou et al., 2022). Uno de los mecanismos más estudiados es la permeabilización de la membrana bacteriana por compuestos fenólicos como timol y carvacrol, abundantes en tomillo y orégano, que facilitan la entrada de los antibióticos y favorecen la lisis celular. (Ranasinghe et al., 2023; Jilani et al., 2025; Stojanović et al., 2024; Falleh, 2025). No obstante, también se han descrito interacciones

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

antagónicas con ciprofloxacino en combinaciones que incluyen menta, romero, tomillo y moringa. (Iskandar et al., 2025; Mora-Coto et al., 2025).

En antiparasitarios, los taninos y alcaloides presentes en diversas plantas podrían ejercer actividad antihelmíntica mediante efectos sobre la cutícula o el sistema neuromuscular de los parásitos. (Ranasinghe et al., 2023). Plantas como guayaba y anisillo contienen metabolitos bioactivos con potencial actividad antiparasitaria y antimicrobiana, mientras que la presencia simultánea de múltiples metabolitos secundarios podría contribuir a potenciar la actividad biológica y dificultar el desarrollo de resistencia. (Biswal et al., 2022; Chinchilla-Carmona et al., 2016; Abd Halim et al., 2025).

Métodos de Investigación y Perspectivas Futuras

La caracterización de las interacciones entre plantas medicinales y fármacos requiere metodologías estandarizadas. Los ensayos en microsomas hepáticos humanos constituyen el estándar para evaluar interacciones farmacocinéticas, mientras que el sinergismo suele cuantificarse mediante el índice de concentración inhibitoria fraccional (FICI) y el método de Chou-Talalay. (Amaeze et al., 2021; Piñeiro et al., 2023; Vaou et al., 2022). No obstante, el estudio de compuestos aislados puede no reflejar la complejidad de los extractos vegetales, por lo que se han desarrollado estrategias basadas en metabolómica y fraccionamiento dirigido por sinergismo para identificar compuestos activos en combinación. De la misma forma, *Caenorhabditis elegans* se utiliza como modelo para el cribado rápido de compuestos antihelmínticos de origen vegetal. (Joshi et al., 2020; Ranasinghe et al., 2023).

La nanotecnología y las herramientas *in silico* representan áreas emergentes para el estudio de compuestos vegetales con actividad antiparasitaria y de las interacciones hierba–medicamento. Estrategias como nanopartículas, *docking* molecular y modelos farmacocinéticos basados en fisiología (PBPK) permiten identificar y priorizar combinaciones con potencial terapéutico. (Ranasinghe et al., 2023). Sin embargo, la mayoría de las evidencias provienen de estudios *in vitro*, por lo que se requieren más estudios farmacocinéticos y ensayos clínicos para confirmar la relevancia clínica de estas interacciones. (Ferreira et al., 2016, citado por Ranasinghe et al., 2023).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Contexto Costarricense: Relevancia Local de las Interacciones Hierba-Medicamento

Costa Rica posee más de 10 000 especies vegetales y una amplia tradición en el uso de plantas medicinales, con más de 400 especies documentadas para fines terapéuticos. (Rodriguez-Navas, 2017). Algunas de estas plantas presentan potencial de interacción farmacológica, aunque su relevancia clínica en la población costarricense ha sido poco estudiada. (González-Ball et al., 2022). Las parasitosis intestinales continúan siendo un problema de salud pública y el uso frecuente de antiparasitarios, junto con el consumo de plantas medicinales como ajo, manzanilla, jengibre y sábila, aumenta la probabilidad de interacciones farmacológicas, particularmente mediante la modulación de CYP450 y P-gp. (Solano-Barquero & León-Alán, 2018; Hernández-Salón et al., 2024).

La investigación sobre interacciones hierba–medicamento en Costa Rica sigue siendo limitada, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la farmacovigilancia y la educación sanitaria. (Hernández-Salón et al., 2024). La amplia utilización de plantas medicinales, favorecida por su accesibilidad, bajo costo y percepción de inocuidad, puede dificultar la detección de interacciones clínicamente relevantes. En este contexto, resulta necesario fortalecer la evaluación del uso de plantas medicinales mediante guías adaptadas al contexto nacional y una mayor notificación de sospechas de interacciones al Centro Nacional de Farmacovigilancia.

Este estudio presenta algunas limitaciones inherentes a las revisiones bibliográficas narrativas. La selección de la literatura no siguió un protocolo sistemático, por lo que no puede descartarse la omisión de algunos estudios relevantes. Asimismo, la evidencia analizada fue heterogénea e incluyó estudios *in vitro* en modelos animales, farmacocinéticos, clínicos y revisiones, con diferentes niveles de evidencia, lo que limita la posibilidad de establecer conclusiones definitivas sobre la magnitud y la relevancia clínica de las interacciones descritas.

Además, para algunos antimicrobianos y plantas medicinales la información disponible fue limitada, por lo que fue necesario considerar estudios previos que continúan constituyendo la principal evidencia sobre determinados mecanismos de interacción. En consecuencia, los

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

hallazgos de esta revisión deben interpretarse como una síntesis crítica de la literatura disponible y no como una demostración de relaciones causales o de efectos clínicos confirmados.

CONCLUSIÓN

La evidencia revisada indica que las plantas medicinales de uso frecuente en Costa Rica presentan el potencial de interactuar farmacocinética y farmacodinámicamente con diversos medicamentos antimicrobianos de administración oral, principalmente mediante la modulación de enzimas del citocromo CYP450 y transportadores de fármacos. Por su lado, las interacciones farmacodinámicas descritas, particularmente las de tipo sinérgico, representan una estrategia prometedora para potenciar la actividad antimicrobiana; sin embargo, la evidencia disponible es limitada y requiere validación mediante estudios clínicos.

Considerando el uso concomitante de plantas medicinales y antimicrobianos en Costa Rica, los hallazgos de esta revisión respaldan la importancia de que los profesionales de la salud indaguen sobre el consumo de estos productos y consideren las posibles interacciones documentadas durante la atención clínica. De igual manera, reflejan la necesidad de fortalecer la farmacovigilancia como estrategia para identificar y prevenir posibles efectos derivados de estas interacciones.

Finalmente, la evidencia disponible expone la necesidad de desarrollar estudios clínicos que permitan establecer la relevancia clínica de las interacciones descritas, así como de avanzar en la estandarización de extractos vegetales y en la caracterización de sus principios activos, con el fin de generar evidencia que contribuya al uso seguro y racional de plantas medicinales y medicamentos antimicrobianos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo con el apoyo del Fondo Común del Departamento de Investigación e Innovación, área de Farmacia, de la Universidad Internacional de las Américas.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

REFERENCIAS

Abd Halim, A. N., Ngui Sing, N., Ahad, N., & Zamakshshari, N. H. (2025). Piper nigrum as a Source of Antimicrobial Agents: Bioactive Constituents, Mechanistic Insights, and Synthetic Derivatives for Antibacterial Applications. *ChemistrySelect*, 10(33), e02516. https://doi.org/10.1002/slct.202502516

Abdelwahab, A. A., Elattar, M. A., & Fawzi, S. A. (2025). Advancing ADMET prediction for major CYP450 isoforms: graph-based models, limitations, and future directions. *BioMedical Engineering OnLine,* 24(1), 93. https://doi.org/10.1186/s12938-025-01412-6

Adeniran, O. Y., Akinnusi, P. A., Osadipe, T. J., & Olubode, S. O. (2022). Computational investigation of compounds of Allium cepa as potential inhibitors of transforming growth factor-beta signaling in cancer. *Science Letters*, 10(1), 32-36. https://doi.org/10.47262/SL/10.1.132022020

Agnihotry, A., Gupta, A., Ravi, N., Chakrabarti, S., Panda, P. K., & Sharawat, I. K. (2026). Pupillary Hippus: A Rare Manifestation of Nonconvulsive Status Epilepticus in a Child with Ivermectin Poisoning. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 10-4103. https://journals.lww.com/annalsofian/citation/9900/pupillary_hippus__a_rare_manifestation_of.588.aspx

Al-Abdallat, L., Al-Ani, I. H., Alshalabi, R., Majeed, B., Hailat, M., Daoud, E., ... & Dayyih, W. A. (2024). Evaluation of the Impact of Orange Juice on Apixaban Pharmacokinetics in Healthy Rats. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(1), 68-77. https://doi.org/10.35516/jjps.v17i1.1795

Al-Jenoobi, F. I., Al-Thukair, A. A., Alam, M. A., et al. (2023). Interaction of herbal medicines with cytochrome P450 enzymes: A review of the mechanisms and clinical implications. *Molecules*, 28(7), 3078. https://doi.org/10.3390/molecules28073078

Al-Jenoobi, F. I., Al-Thukair, A. A., Alam, M. A., Abbas, F. A., Al-Mohizea, A. M., Alkharfy, K. M., & Al-Suwayeh, S. A. (2015). Effect of Curcuma longa on CYP2D6-and CYP3A4-mediated metabolism of dextromethorphan in human liver microsomes and healthy human subjects. *European journal of drug metabolism and pharmacokinetics*, 40, 61-66. https://doi.org/10.1007/s13318-014-0180-2

Al-Jenoobi, F. I., Al-Thukair, A. A., Alam, M. A., et al. (2023). Interaction of herbal medicines with cytochrome P450 enzymes: A review of the mechanisms and clinical implications. *Molecules*, 28(7), 3078. https://doi.org/10.3390/molecules28073078

Alnaqeeb, M. A., Mansor, K. A., Mallah, E. M., Ghanim, B. Y., Idkaidek, N., & Qinna, N. A. (2019). Critical pharmacokinetic and pharmacodynamic drug–herb interactions in rats between warfarin and pomegranate peel or guava leaves extracts. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19, 29. https://doi.org/10.1186/s12906-019-2436-5

Alobaidi, S. (2024). Renal health benefits and therapeutic effects of parsley (Petroselinum crispum): a review. *Frontiers in Medicine*, 11, 1494740. https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1494740

Amaeze, O., Eng, H., Horlobgen, L., Varma, M. V. S., & Slitt, A. (2021). Cytochrome P450 enzymes inhibition and herb-drug interaction potential of medicinal plants extracts used for management of diabetes in Nigeria. *European Journal of Drug Metabolism and Pharmacokinetics*, 46(3), 437-450. https://doi.org/10.1007/s13318-021-00685-1

Anitha, R., Persia, A., & Lakshmi, T. (2018). evaluation of the cytochrome P450 inhibitory effect of thyme oleoresin from thymus vulgaris l.-an in vitro study. *Evaluation*, 11(9). http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i9.26 759

Antimicrobial Resistance Collaborators. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0

Arbex, M. A. (2026). Bedaquiline, Pretomanid, Linezolid, and Moxifloxacin: Mechanisms of Action, Drug Interactions, Adverse Effects and Use in Special Situations. *Microorganisms*, 14(5), 1015. https://doi.org/10.3390/microorganisms14051015

Armengol Alvarez, L., Van de Sijpe, G., Desmet, S., Metsemakers, W. J., Spriet, I., Allegaert, K., & Rozenski, J. (2022). Ways to improve insights into clindamycin pharmacology and pharmacokinetics tailored to practice. *Antibiotics,* 11(5), 701. https://doi.org/10.3390/antibiotics11050701

Atanu, F. O., Avwioroko, O. J., Ilesanmi, O. B., & Yakubu, O. E. (2021). Metformin potentiates the antidiabetic properties of annona muricata and tapinanthus globiferus leaf extracts in

diabetic rats. *Pharmacognosy Journal*, 13(3). https://doi.org/10.5530/pj.2021.13.77

Biswal, S., Dash, A. K., Sahoo, A., Bodala, C. K., Bhanja, M., & Babu, S. (2022). Phytochemical screening and anthelmintic activity of Psidium guajava (l.) leaves extract. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(10), 3093-3100. https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S10.372

Cabanilla, M. G., Scheibner, A. C., & Mera, J. R. (2026). Doxycycline for Legionella Pneumonia: Expanding Treatment Horizons Through a Case Series and Narrative Review. *Journal of Pharmacy Technology,* 42(1), 30-37. https://doi.org/10.1177/87551225251366324

Catalano, A., Ceramella, J., Iacopetta, D., Marra, M., Conforti, F., Lupi, F. R., ... & Sinicropi, M. S. (2024). Aloe vera—An extensive review focused on recent studies. *Foods*, *13*(13), 2155. https://doi.org/10.3390/foods13132155

Chaachouay, N. (2025). Synergy, additive effects, and antagonism of drugs with plant bioactive compounds. *Drugs and Drug Candidates*, 4(1), 4. https://doi.org/10.3390/ddc4010004

Chamboko, C. R., Veldman, W., Tata, R. B., Schoeberl, B., & Tastan Bishop, Ö. (2023). Human cytochrome P450 1, 2, 3 families as pharmacogenes with emphases on their antimalarial and antituberculosis drugs and prevalent African alleles. *International Journal of Molecular Sciences,* 24(4), 3383. https://doi.org/10.3390/ijms24043383

Chatterjee, S., Jain, S., Jangid, R., & Sharma, M. K. (2022). Cytochrome P450 and P-gp mediated herb–drug interactions of some common Indian herbs. *Studies in natural products chemistry,* 72, 225-258. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823944-5.00005-3

Chen, J., Zhang, W., Liu, Q., & Global Burden of Disease Study 2021 Collaborators. (2024). Global burden of soil-transmitted helminth infections, 1990–2021: Findings from the Global Burden of Disease Study 2021. *Infectious Diseases of Poverty*, 13(1), 85. https://doi.org/10.1186/s40249-024-01123-4

Chinchilla-Carmona, M., Valerio-Campos, I., Sánchez-Porras, R., Bagnarello-Madrigal, V., Alpizar-Cordero, J., Corderovillalobos, M., & Rodríguez-Chaves, D. (2016). Antiparasitic effect of plants againts Trypanosoma cruzi (Kinetoplastida Trypanosomatidae) in a Biological Reserve from Costa Rica. *Parasitología Latinoamericana, 65*(4), 10–18. https://doi.org/10.15517/rbt.v62i3.12377

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Cyril, A., Restus, O., Patrick, O., Ibeabuchi, A., & Romanus, O. (2023). Potentiation of Antibacterial Activity of Ciprofloxacin by Essential Oil of Cymbopogon citratus against Fluoroquinolone Resistant Staphylococcus aureus and Escherichia coli. *International Journal of Microbiology,* https://doi.org/8892341.10.9734/JPRI/2023/v35i247425

Dai, W., & Piquette-Miller, M. (2024). Altered Expression of BCRP Impacts Fetal Accumulation of Rosuvastatin in a Rat Model of Preeclampsia. *Pharmaceutics* 2024, 16, 884. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16070884

de Oliveira Neto, J. G., dos Santos, S. S., da Silva Neto, O. C., dos Santos, C. A., da Silva, L. F., dos Santos, A. O., ... & Nogueira, C. E. (2026). Harnessing Supramolecular Self-Assembly of Ethionamide and Sorbic Acid through Cocrystallization: A Promising Alternative for Tuberculosis Treatment. *Crystal Growth & Design*, 26(6), 2346-2360. https://doi.org/10.1021/acs.cgd.5c01675?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as

Deuschle, V. C. K. N., Cruz, R., Flores, V., Denardi, L., Deuschle, R., Rossi, G. G., ... & VIANA, C. (2019). Persea americana: Phenolic profile, antioxidant potential, antimicrobial activity and in silico prediction of pharmacokinetic and toxicological properties. *Indian J Pharm Sci*, 81(4), 766-75. https://pdfs.semanticscholar.org/fb00/67121aae5c788be0d84f907a803bf14e81a7.pdf

Duan, X., Fan, X., Jiang, H., Li, J., Shen, X., Xu, Z., ... & Jin, H. (2025). Herb-drug interactions in oncology: pharmacodynamic/pharmacokinetic mechanisms and risk prediction. *Chinese Medicine*, 20(1), 107. https://doi.org/10.1186/s13020-025-01156-4

Dufay, S., Worsley, A., Monteillier, A., Avanzi, C., Sy, J., Ng, T. F., ... & Wong, I. C. (2014). Herbal tea extracts inhibit Cytochrome P450 3A4 in vitro. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 66(10), 1478-1490. https://doi.org/10.1111/jphp.12270

Falleh, H. (2025). Demystifying the power of essential oils: A review of their antibacterial properties and potential as natural food preservatives. *EXCLI journal*, 24, 828. https://doi.org/10.17179/excli2025-8439

Fallon-Adido, H. E., Chagas, C. K. S., Ferreira, G. G., Bastos, M. L. C., & Dolabela, M. F. (2023). In silico studies on cytotoxicity and antitumoral activity of acetogenins from Annona muricata L. *Frontiers in Chemistry,* 11. https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1316779

Fan, D., Chikura, T., McCrostie, S., & Chin, P. K. L. (2025). Pretomanid can significantly increase plasma rivaroxaban concentrations—a case report. *European Journal of Clinical Pharmacology,* 81(9), 1329-1332. https://doi.org/10.1007/s00228-025-03871-1

Fonseca, L. R. D., Rodrigues, R. D. A., Ramos, A. D. S., da Cruz, J. D., Ferreira, J. L. P., Silva, J. R. D. A., & Amaral, A. C. F. (2020). Herbal medicinal products from Passiflora for anxiety: An unexploited potential. *The Scientific World Journal*, 2020(1), 6598434. https://doi.org/10.1155/2020/6598434

Galkin, A., & Tammela, P. (2023). Natural product–drug interactions and their evaluation using a Caco-2 cell culture model. *Natural Product Communications*, 18(11), 1934578X231207263. https://doi.org/10.1177/1934578X23120726

González-Ball R, Bermúdez-Rojas T, Romero-Vargas M, Ceuterick M. 2022. Medicinal plants cultivated in urban home gardens in Heredia, Costa Rica. *J Ethnobiol Ethnomed*, 12;18(1):7. https://doi.org/10.1186/s13002-022-00505-z

Graham, D. B., & Tripp, J. (2023). *Ofloxacin*. In StatPearls. StatPearls Publishing. Disponible en NCBI Bookshelf: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549837/

Gray-Hammerton, C. J., Hooton, S. P., Sands, K., Walsh, T. R., Orbegozo Rubio, C., Portal, E. A., ... & Hobman, J. L. (2025). Sublethal concentrations of antibiotics enhance transmission of antibiotic resistance genes in environmental Escherichia coli. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1675089. https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1675089

Gutierrez-Montiel, D., Guerrero-Barrera, A. L., Chávez-Vela, N. A., Avelar-Gonzalez, F. J., & Ornelas-García, I. G. (2023). Psidium guajava L.: From byproduct and use in traditional Mexican medicine to antimicrobial agent. *Frontiers in nutrition*, 10, 1108306. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1108306

Haider, L., Blank-Landeshammer, B., Reiter, N., Heckmann, M., Iken, M., Weghuber, J., & Roehrl, C. (2025). Enhanced in-vitro bioavailability of curcumin, lutein and isoflavones through interaction with spearmint (Mentha spicata) via its bioactive component (R)-(−)-carvone.

The Journal of Nutritional Biochemistry, 139, 109868. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2025.109868

Hernández-Lorca, M., Timón, I. M., Ballester, P., Henarejos-Escudero, P., García-Muñoz, A. M., Victoria-Montesinos, D., & Barcina-Pérez, P. (2025). Dietary modulation of CYP3A4 and its impact on statins and antidiabetic drugs: A narrative Review. *Pharmaceuticals*, 18(9), 1351. https://doi.org/10.3390/ph18091351

Hernández-Ojeda, S. L., Espinosa-Aguirre, J. J., Camacho-Carranza, R., Amacosta-Castillo, J., & Cárdenas-Ávila, R. (2024). Piper auritum ethanol extract is a potent antimutagen against food-borne aromatic amines: mechanisms of action and chemical composition. *Mutagenesis*, 39(6), 301-309. https://doi.org/10.1093/mutage/geae011

Hernández-Salón, S. L., & León-Chavarría, J. A. (2023). Diversity and perception of medicinal plants used by the Costa Rican population. *International Journal of Herbal Medicine*, 11(3), 46-55. https://doi.org/10.22271/flora.2023.v11.i3a.869

Hernández-Salón, S., Guzmán González, Y. y Chaves Mora, A. (2024). Interacciones entre los tratamientos para depresión, ansiedad y psicosis de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) y las plantas medicinales preferidas por la población costarricense. *Revista Innovación Universitaria,* 6, 42-81. https://revistas.uia.ac.cr/index.php/innovacionu/article/view/85

Huerta Lorenzo, B., Galán-Relaño, Á., Barba-Sánchez, E., Romero-Salmoral, A., Solarte Portilla, A. L., Gómez-Gascón, L., & Astorga Márquez, R. J. (2024). Potentiation of the antimicrobial effect of oxytetracycline combined with cinnamon, clove, oregano, and red thyme essential oils against MDR Salmonella enterica strains. *Animals*, 14(9), 1347. https://doi.org/10.3390/ani14091347

Iskandar, K., Ahmed, N., Paudyal, N., Ruiz Alvarez, M. J., Balasubramani, S. P., Saadeh, D., ... & Van Dongen, M. (2025). Essential Oils as antimicrobial agents against WHO Priority bacterial pathogens: A strategic review of in vitro clinical efficacy, innovations and research gaps. *Antibiotics*, 14(12), 1250. https://doi.org/10.3390/antibiotics14121250

Jilani, S., Ferjeni, M., Al-Shammery, K., Rashid Mohammed AlTamimi, H., Besbes, M., Ahmed Lotfi, S., ... & Ben Selma, W. (2025). The synergistic effect of Thymus vulgaris essential oil and

carvacrol with imipenem against carbapenem-resistant Acinetobacter baumannii: in vitro, molecular docking, and molecular dynamics studies. *Frontiers in Pharmacology*, 16, 1582102. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1582102

Joshi, B., Panda, S. K., Jouneghani, R. S., Liu, M., Parajuli, N., Leyssen, P., Neyts, J., & Luyten, W. (2020). Antibacterial, antifungal, antiviral, and anthelmintic activities of medicinal plants of Nepal selected based on ethnobotanical evidence. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 1043471. https://doi.org/10.1155/2020/1043471

Kang, Y. C., Chen, M. H., & Lai, S. L. (2015). Potentially unsafe herb-drug interactions between a commercial product of noni juice and phenytoin-a case report. *Acta Neurol Taiwan*, 24(2), 43-46. http://www.ant-tnsjournal.com/Mag_Files/24-2/002.pdf

Kim, K. A., & Park, J. Y. (2010). Effect of metronidazole on the pharmacokinetics of fexofenadine, a P-glycoprotein substrate, in healthy male volunteers. *European journal of clinical pharmacology,* 66(7), 721-725. https://doi.org/10.1007/s00228-010-0797-2

Kimura, Y., Ito, H., & Hatano, T. (2010). Effects of mace and nutmeg on human cytochrome P450 3A4 and 2C9 activity. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 33(12), 1977–1982. https://doi.org/10.1248/bpb.33.1977

Klein, D. J., Boukouvala, S., McDonagh, E. M., Shuldiner, S. R., Laurieri, N., Thorn, C. F., Altman, R. B., & Klein, T. E. (2016). Isoniazid Pathway, Pharmacokinetics. *Pharmacogenetics and Genomics*, 26(9), 436–444. https://doi.org/10.1097/FPC.0000000000000232

Knezevic, P., Aleksic, V., Simin, N., Svircev, E., Petrovic, A., & Mimica-Dukic, N. (2016). Antimicrobial activity of Eucalyptus camaldulensis essential oils and their interactions with conventional antimicrobial agents against multi-drug-resistant Acinetobacter baumannii. *Journal of ethnopharmacology,* 178, 125-136. http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2015.12.008

Kobayashi, T., Sugaya, K., Onose, J. I., & Abe, N. (2019). Peppermint (Mentha piperita L.) extract effectively inhibits cytochrome P450 3A4 (CYP3A4) mRNA induction in rifampicin-treated HepG2 cells. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,* 83(7), 1181-1192. https://doi.org/10.1080/09168451.2019.1608802

Kökten, F., Şahin, F. B., Keşan, H., Kabak, G., & Siliğ, Y. (2024). Investigation of the Effect of Allium polyanthum on the ABCB1 Gene in Colon Cancer Treatment. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2), 437-443. https://doi.org/10.5281/zenodo.12167176

Kumar, A., Yadav, A. K., Mandal, R., & Alam, T. (2026). Potential herb–drug interaction and their clinical implications: Pharmacokinetic and pharmacodynamic considerations. International *Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR).* https://www.academia.edu/download/132068712/Herb_Drug_Interaction.pdf

Lara-Espinosa, J. V., Barrios-Payán, J., Lozano-Ordaz, V., Mata-Espinosa, D., Becerril-Villanueva, E., Ponce-Regalado, M. D., & Hernández-Pando, R. (2025). Synergistic Effects of Curcumin and Antibiotics Against Drug-Sensitive and Multidrug-Resistant Mycobacterium tuberculosis. International. *Journal of Molecular Sciences*, 26(21), 10414. https://doi.org/10.3390/ijms262110414

Larson, E. C., Pond, C. D., Rai, P. P., Matainaho, T. K., Piskaut, P., Franklin, M. R., & Barrows, L. R. (2016). Traditional preparations and methanol extracts of medicinal plants from Papua New Guinea exhibit similar cytochrome P450 inhibition. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016(1), 7869710 http://dx.doi.org/10.1155/2016/7869710

Łaszczych, D., Czernicka, A., & Kędziora-Kornatowska, K. (2024). Interaction between warfarin and selected superfoods: a comprehensive review of potential mechanisms and their clinical significance. *Prospects in Pharmaceutical Sciences*, 22(3), 27-34. https://prospects.wum.edu.pl/index.php/pps/article/view/199

Le, T. T., McGrath, S. R., & Fasinu, P. S. (2022). Herb-drug interactions in neuropsychiatric pharmacotherapy–a review of clinically relevant findings. *Current Neuropharmacology*, 20(9), 1736. https://doi.org/10.2174/1570159X19666210809100357

Li, C. C., Yu, H. F., Chang, C. H., Liu, Y. T., & Yao, H. T. (2018). Effects of lemongrass oil and citral on hepatic drug-metabolizing enzymes, oxidative stress, and acetaminophen toxicity in rats. *Journal of food and drug analysis*, 26(1), 432-438. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.01.008

Li, J., Wang, S., Tian, F., Zhang, S. Q., & Jin, H. (2022a). Advances in pharmacokinetic mechanisms of transporter-mediated herb-drug interactions. *Pharmaceuticals,* 15(9), 1126. https://doi.org/10.3390/ph15091126

Li, M., Xu, Z., Lu, W., Wang, L., & Zhang, Y. (2022b). Potential pharmacokinetic effect of chicken xenobiotic receptor activator on sulfadiazine: Involvement of p-glycoprotein induction. *Antibiotics*, 11(8), 1005. https://doi.org/10.3390/antibiotics11081005

Li, X., Li, X., Michael, A. F., Liu, H., Li, R., Liu, J., & Tong, S. (2025). Investigation of the attenuation effect of licorice on the toxicity of rhubarb using a P-gp lipid raft bioaffinity chromatography. *Journal of Ethnopharmacology*, 349, 119929. https://doi.org/10.1016/j.jep.2025.119929

Lim, S. H., Bae, S., Lee, H. S., Han, H. K., & Choi, C. I. (2023). Effect of Betanin, the Major Pigment of Red Beetroot (Beta vulgaris L.), on the Activity of Recombinant Human Cytochrome P450 Enzymes. *Pharmaceuticals*, 16(9), 1224. https://doi.org/10.3390/ph16091224

Lin, K., Wang, R., Li, T., Zuo, Y., Yang, S., Dong, D., & Zhu, Y. (2025). Drug transporters and metabolizing enzymes in antimicrobial drug pharmacokinetics: Mechanisms, drug–drug interactions, and clinical implications. *Biomolecules*, 15(6), 864. https://doi.org/10.3390/biom15060864

Mallhi, T. H., Sarriff, A., Adnan, A. S., Khan, Y. H., Qadir, M. I., Hamzah, A. A., & Khan, A. H. (2015). Effect of fruit/vegetable-drug interactions on CYP450, OATP and p-glycoprotein: A systematic review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 14(10), 1927-1935. http://dx.doi.org/10.4314/tjpr.v14i10.27

Rana, H., Pandey, R., & Singh, P. (2025). Transport Mechanism and Site of Herb-Drug Manzoor, N., Sharma, V., Kamal, M. A., Bhat, A. R., Raju, S. K., Sharma, V., ... & Ahmed, S. (2025). Computational Profiling of Electronic and Pharmacophoric Features of Felidae Drugs Against Toxoplasma gondii. *Revista Parasitología Latinoamericana.* https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-8320689/v1

Magryś, A., Olender, A., & Tchórzewska, D. (2021). Antibacterial properties of Allium sativum L. against the most emerging multidrug-resistant bacteria and its synergy with antibiotics. *Archives of microbiology*, 203(5), 2257-2268. https://doi.org/10.1007/s00203-021-02248-

z

Marcotullio, M. C., Curini, M., & Becerra, J. X. (2018). An ethnopharmacological, phytochemical and pharmacological review on lignans from Mexican Bursera spp. *Molecules*, 23(8), 1976. https://doi.org/10.3390/molecules23081976

Marro, P., Wesoly, R., & Stefanski, V. (2024). Influence of different plant extracts on CYP-mediated skatole and indole degradation in pigs. *Animals*, 14(6), 888. https://doi.org/10.3390/ani14060888

Mazzari, A. L. D. A., Lacerda, M. G., Milton, F. A., Mulin Montechiari Machado, J. A., Sinoti, S. B. P., Toullec, A. S., ... & Prieto, J. M. (2022). In vitro effects of European and Latin-American medicinal plants in CYP3A4 gene expression, glutathione levels, and P-glycoprotein activity. *Frontiers in Pharmacology,* 13, 826395. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.826395

Merino, G., Alvarez, A. I., Prieto, J. G., & Kim, R. B. (2002). The anthelminthic agent albendazole does not interact with p-glycoprotein. *Drug metabolism and disposition*, 30(4), 365-369 https://doi.org/10.1124/dmd.30.4.365

Mitra, S., Hodiwala, A. V. B., & Kar, H. (2024). Susceptibility and synergistic effects of guava plant extract and antimicrobial drugs on Escherichia coli. *Cureus*, 16(1). https://doi.org/10.7759/cureus.52345

Monogue, M. L., Sanders, J. M., Mercuro, N. J., Hodge, C. K., Golnabi, E., Carettini, T., ... & Cutrell, J. B. (2026, March). Antimicrobial Pharmacokinetic and Pharmacodynamic Considerations in Special Populations: A Call to Action. *Open forum infectious diseases,* 13(3). https://doi.org/10.1093/ofid/ofag093

Mora-Coto, D., Moreno-Vélez, P. R., Luna-Muñoz, J., Jarero-Basulto, J. J., Pérez-Galicia, A., Moreno-Campuzano, S., & Ontiveros-Torres, M. A. (2025). Methanolic Extract of Moringa oleifera Seed Synergizes the Bactericidal Effect of Ampicillin, Cephalexin, and Amoxicillin/Clavulanic Acid Against Multidrug-Resistant Escherichia coli Isolated from Street-Vended *Food. Microbiology Research*, 16(11), 238. https://doi.org/10.3390/microbiolres16110238

Mushtaq, M., Fatima, K., Ahmad, A., Mohamed Ibrahim, O., Faheem, M., & Shah, Y. (2023). Pharmacokinetic interaction of voriconazole and clarithromycin in Pakistani healthy male volunteers: a single dose, randomized, crossover, open-label study. *Frontiers in pharmacology*, 14, 1134803. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1134803

Neyshaburinezhad, N., Rouini, M. R., Entezari, H., Lavasani, H., & Ardakani, Y. H. (2020). Evaluation of changes in cytochrome P450 2C19 activity in type 2 diabetic rats before and after treatment, by using isolated perfused liver model. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences,* 23(5), 629. https://doi.org/10.22038/ijbms.2020.40836.9642

Neyshaburinezhad, N., Rouini, M. R., Lavasani, H., & Ardakani, Y. H. (2021). Evaluation of cinnamon (Cinnamomum verum) effects on liver CYP2D1 activity and hepatic clearance in diabetic rats. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 16(1), e101797. https://doi.org/10.5812/jjnpp.101797

Nguyen, A.-H., Cherel, M., Cope, V., Hadi, D., et al. (2025). Evaluation of a Cinnamomum verum product on the pharmacokinetics of the CYP2A6 model drugs nicotine and letrozole in healthy adults. *Drug Metabolism and Pharmacokinetics*, 61, 101368. https://doi.org/10.1016/j.dmpk.2025.101368

Nnamchi, C. I., Igu, E. K., Akpi, U. K., Amadi, O. C., & Ugwu, K. (2021). In-vitro antibacterial and synergistic activities of extracts of Allium cepa and Allium sativum with selected antibiotics on Escherichia coli and Staphylococcus aureus. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 10(2), 32–44. https://doi.org/10.9734/SAJRM/2021/v10i230227

Nobakht, S. Z., Akaberi, M., Mohammadpour, A. H., Tafazoli Moghadam, A., & Emami, S. A. (2022). Hypericum perforatum: Traditional uses, clinical trials, and drug interactions. Iranian *Journal of Basic Medical Sciences*, 25, 1045-1058. https//dx.doi.org/10.22038/IJBMS.2022.65112.14338

Nyirenda, K. K., Mponda, J., Chikowe, I., Kawonga, E., Gomani Phiri, N. T., Msukwa, M., ... & Smith, D. J. (2025). An exploratory evaluation of the interaction risk between herbal products and pharmaceutical medicines used concurrently for disease management in Blantyre. *Malawi. Pharmaceutical Biology,* 63(1), 877-895. https://doi.org/10.1080/13880209.2025.2586351

Obach, R. S. (2022). Linezolid metabolism is catalyzed by cytochrome P450 2J2, 4F2, and 1B1. *Drug Metabolism and Disposition*, 50(4), 413-421. https://doi.org/10.1124/dmd.121.000776

Olugbogi, E. A., Bodun, D. S., Omoseeye, S. D., Onoriode, A. O., Oluwamoroti, F. O., Adedara, J. F., ... & Omotuyi, O. I. (2022). Quassia amara bioactive compounds as a Novel DPP-IV inhibitor: an in-silico study. *Bulletin of the National Research Centre,* 46(1), 1-14. https://doi.org/10.1186/s42269-022-00890-1

Pan, Y., Jagadish, P., Tze, U. Y., Ming, S. L., Hon, L. K., Siau Ee, J. L., ... & Tao, S. (2023). Modulatory Effects of Mangiferin Isolated from Aquilaria Plants on Human Cytochrome P450 Enzyme (CYP) Activities In vitro and In silico Studies. *The Natural Products Journal*, 13(8), 69-78. https://doi.org/10.2174/2210315513666230307115348

Parvez, M. M., Thakur, A., Mehrotra, A., Stancil, S., Pearce, R. E., Basit, A., ... & Prasad, B. (2024). Age-dependent abundance of CYP450 enzymes involved in metronidazole metabolism: application to pediatric PBPK modeling. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 116(4), 1090-1099. https://doi.org/10.1002/cpt.3354

Phucharoenrak, P., & Trachootham, D. (2024). Bergaptol, a major furocoumarin in citrus: Pharmacological properties and toxicity. *Molecules*, 29(3), 713. https://doi.org/10.3390/molecules29030713

Piñeiro, M., Ortiz, J. E., Spina Zapata, R. M., Barrera, P. A., Sosa, M. A., Roitman, G., Bastida, J., & Feresin, G. E. (2023). Antiparasitic activity of Hippeastrum species and synergistic interaction between montanine and benznidazole against Trypanosoma cruzi. *Microorganisms*, 11(1), 144. https://doi.org/10.3390/microorganisms11010144

Podder, V., Patel, P., & Sadiq, N. M. (2024). *Levofloxacin*. In StatPearls. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545180/

Prieto-García, J. M., Graham, L., Alkhabbaz, O., & Mazzari, A. L. D. A. (2023). Potential pharmacokinetic interactions of common cardiovascular drugs and selected European and Latin American herbal medicines: A scoping review. *Plants*, 12(3), 623. https://doi.org/10.3390/plants12030623

Purohit, D., van Wijk, R., Kafeero, P., Kibengo, F., Zimmerman, M., D'artois, V., ... & Savic, R. M. (2026, April). Impact of High-Dose Rifampicin on Linezolid Pharmacokinetics in

Tuberculous Meningitis. *Open Forum Infectious Diseases* 13(4). https://doi.org/10.1093/ofid/ofag154

Rendic, S., & Guengerich, F. P. (2020). Metabolism and interactions of chloroquine and hydroxychloroquine with human cytochrome P450 enzymes and drug transporters. *Current drug metabolism*, 21(14), 1127-1135. https://doi.org/10.2174/1389200221999201208211537

Pesec, M., Martínez, L. C. V., Ross, J., & Bitton, A. (2026). Strong Historical Commitment to Community Integration and New Innovations in Healthcare Integration: Costa Rican Primary Healthcare: Person-Centered Integrated Primary Healthcare Case Study. *People-Centered Integrated Primary Healthcare System Development in Asia and Beyond* https://doi.org/10.1142/9789819807468_0011

Rahte, S. (2011). *Investigating the mode of action and characterisation of active principles: A Salvia officinalis tincture for the amelioration of hot flushes* (Doctoral dissertation, University College London, University of London). ProQuest Dissertations & Theses Global. https://search.proquest.com/openview/075b12fd532a3ea68f40f889082b6537/1

Ranasinghe, S., Armson, A., Lymbery, A. J., Zahedi, A., & Ash, A. (2023). Medicinal plants as a source of antiparasitics: an overview of experimental studies. *Pathogens and global health,* 117(6), 535-553. https://doi.org/10.1080/20477724.2023.2179454

Rezende, A. M. A., Albuquerque, A. L. S., Silva, M. J. T. C. E., De Melo Cruvinel, W., Gomes, C. M., Borges, L. L., ... & Da Silva, V. B. (2024). Drug-Like Properties and Therapeutical Potential of Calendula officinalis L. Active Ingredients. *Progress in Hydrogen Energy, Fuel Cells, Nano-Biotechnology and Advanced, Bioactive Compounds.* https://doi.org/10.1007/978-3-031-75984-0_12

Rodríguez, A. T., i Barceló, A. F., González, M. B., Esnal, D. E., Muner, D. S., Martínez, J. A., & Creus, M. T. (2024). Clinically important pharmacokinetic drug-drug interactions with antibacterial agents. *Revista Española de Quimioterapia*, 37(4), 299. http://www.doi.org/10.37201/req/037.2024

Rodrigues, M., Alves, G., Francisco, J., Fortuna, A., & Falcão, A. (2014). Herb-drug pharmacokinetic interaction between carica papaya extract and amiodarone in rats. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences,* 17(3), 302-315. https://doi.org/10.18433/J3559N

Rodríguez Navas, H. (2017). *La utilidad de las plantas medicinales en Costa Rica*. (2.ª ed.). Heredia, Costa Rica: Editorial de la Universidad Nacional (EUNA). ISBN: 9789977654751

Rosa-Falero, C., Peña-Jiménez, J. A., & Joubert-Miranda, D. (2023). Anticonvulsant interactions and anxiolytic effects of Citrus aurantium leaf infusion in the zebrafish. *Pharm Pharmacol Int J,* 11(3), 87-91. https://doi.org/10.15406/ppij.2023.11.00405

Salau, F. (2020). *An Assessment of Herb-Drug Interaction Potential of Two Herbs: Momordica Charantia and Phyllanthus Amarus*. https://egrove.olemiss.edu/hon_thesis/1407/

Sałek-Zań, A., Püsküllüoğlu, M., Syrek-Kaplita, K., & Banaś, T. (2025). Food interactions with tyrosine kinase inhibitors used to treat advanced renal cell carcinoma. *Contemporary Oncology/Współczesna Onkologia*, 29(1), 1-10. https://doi.org/10.5114/wo.2025.148229

Selvakumar, I., Vasudevan, A., Perera, N., Ediriweera, M. K., Nagarajan, D., Samarakoon, S. R., ... & Vellingiri, V. (2022). Mangifera indica and Mangifera zeylanica: Perspectives on medicinal properties, therapeutic applications and potential uses as anticancer epigenetic drugs. *International Journal of Epigenetics*, 2(1), 1. https://doi.org/10.3892/ije.2022.10

Şen, A. (2022). Complementary medicines used in ulcerative colitis and unintended interactions with cytochrome P450-dependent drug-metabolizing enzymes. *Turkish Journal of Medical Sciences,* 52(5), 1425-1447. https://doi.org/10.55730/1300-0144.5482

Shalaby, A. S., Eid, H. H., El-Shiekh, R. A., Mohamed, O. G., Tripathi, A., Al-Karmalawy, A. A., ... & Youssef, F. S. (2023). Taming food–drug interaction risk: Potential inhibitory effects of citrus juices on cytochrome liver enzymes can safeguard the liver from overdose paracetamol-induced hepatotoxicity. *ACS omega,* 8(29), 26444-26457. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c03100?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VoR&rel=cite-as

Shanaida, M., Oleshchuk, O., Shevchuk, O., Posokhova, K., Ivankiv, Y., Mocherniuk, K., ... & Korda, M. (2026). Herbal Medicines and Drugs Interactions: Cytochrome P450 Responsibility. *Current Medicinal Chemistry.* https://doi.org/10.2174/0109298673428595251209114801

Shutter, M. C., & Akhondi, H. (2023). *Tetracycline.* In StatPearls. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549905/

Simeon, S., Hughes, E., Wallender, E., P. Solans, B., & Savic, R. (2024, November). Optimizing Lumefantrine Dosing for Young Children in High-Malaria-Burden Countries Using Pharmacokinetic-Pharmacodynamic Simulations. *Open Forum Infectious Diseases,* 11(11),. https://doi.org/10.1093/ofid/ofae627

Solano-Barquero, A. & León-Alán, D. 2018. Parasitosis debidas a helmintos intestinales: una actualización sobre su abordaje y tratamiento farmacológico en Costa Rica. *Rev. Col. Microb. Costa Rica,* 24, 10-28. https://revista.microbiologos.cr/articulo/parasitosis-debidas-a-helmintos-intestinales-una-actualizacion-sobre-su-abordaje-y-tratamiento-farmacologico-en-costa-rica/

Sood, D., Kumar, N., Singh, A., Sakharkar, M. K., Tomar, V., & Chandra, R. (2018). Antibacterial and pharmacological evaluation of fluoroquinolones: a chemoinformatics approach. *Genomics & informatics*, 16(3), 44. https://doi.org/10.5808/GI.2018.16.3.44

Stefanovic, O. D., Stanojevic, D. D., & Comic, L. R. (2012). Synergistic antibacterial activity of Salvia officinalis and Cichorium intybus extracts and antibiotics. *Acta Pol Pharm,* 69(3), 457-463.https://www.academia.edu/download/50554307/Synergistic_antibacterial_activity_of_Sa20161126-8018-ozzqfj.pdf

Stojanović, N. M., Mitić, K. V., Nešić, M., Stanković, M., Petrović, V., Baralić, M., ... & Radulović, N. (2024). Oregano (Origanum vulgare) essential oil and its constituents prevent rat kidney tissue injury and inflammation induced by a high dose of L-arginine. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(2), 941. https://doi.org/10.3390/ijms25020941

Su, Y., Zhang, H., Du, Y., Li, L., Lv, G., & Jiang, H. (2026). Systematic modeling predicts synergistic and safe drug combinations for parasitic diseases. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 20(2), e0013991. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0013991

Sulieman, A. M. E., Ibrahim, S. M., Alshammari, M., Abdulaziz, F., Idriss, H., Alanazi, N. A. H., ... & Badraoui, R. (2024). Zingiber officinale uncovered: Integrating experimental and computational approaches to antibacterial and phytochemical profiling. *Pharmaceuticals,* 17(11), 1551. https://doi.org/10.3390/ph17111551

Sun, L., Mi, K., Hou, Y., Hui, T., Zhang, L., Tao, Y., ... & Huang, L. (2023). Pharmacokinetic and pharmacodynamic drug–drug interactions: research methods and applications. *Metabolites*, 13(8), 897. https://doi.org/10.3390/metabo13080897

Sun, L., Zhang, Y., Wen, S., Li, Q., Chen, R., Lai, X., ... & Sun, S. (2022). Extract of Jasminum grandiflorum L. alleviates CCl4-induced liver injury by decreasing inflammation, oxidative stress and hepatic CYP2E1 expression in mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 152, 113255. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113255

Surendran, S., Qassadi, F., Surendran, G., Lilley, D., & Heinrich, M. (2021). Myrcene—what are the potential health benefits of this flavouring and aroma agent? *Frontiers in nutrition*, 8, 699666. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.699666

Szilvásy, N., Lajer, P., Horváth, A., Veres, K., Hohmann, J., Schelz, Z., ... & Temesszentandrási-Ambrus, C. (2024). Modulation of Multispecific Transporters by Uncaria tomentosa Extract and Its Major Phytoconstituents. *Pharmaceutics*, 16(11), 1363. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16111363

Tian, X., Li, J., Zamek-Gliszczynski, M. J., Bridges, A. S., Zhang, P., Patel, N. J., ... & Brouwer, K. L. (2007). Roles of P-glycoprotein, Bcrp, and Mrp2 in biliary excretion of spiramycin in mice. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 51(9), 3230-3234. https://doi.org/10.1128/aac.00082-07

Thomford, N. E., Dzobo, K., Adu, F., Chirikure, S., Wonkam, A., & Dandara, C. (2018). Bush mint (Hyptis suaveolens) and spreading hogweed (Boerhavia diffusa) medicinal plant extracts differentially affect activities of CYP1A2, CYP2D6 and CYP3A4 enzymes. *Journal of ethnopharmacology*, 211, 58-69. https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.09.023

Torrent-Rodríguez, A., Grau, S., & Rodríguez-Gascón, A. (2024). Clinically important pharmacokinetic drug–drug interactions with antibacterial agents. *Revista Española de Quimioterapia,* 37(4), 299–322. https://doi.org/10.37201/req/037.2024

Turner, J., Muraoka, A., Bedenbaugh, M., Childress, B., Pernot, L., Wiencek, M., & Peterson, Y. K. (2022). The chemical relationship among beta-lactam antibiotics and potential impacts on reactivity and decomposition. *Frontiers in microbiology*, 13, 807955. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.807955

Türk, D., Hanke, N., & Lehr, T. (2020). A Physiologically-Based Pharmacokinetic Model of Trimethoprim for MATE1, OCT1, OCT2, and CYP2C8 Drug–Drug–Gene Interaction Predictions. *Pharmaceutics*, 12(11), 1074. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12111074

Ueng, Y. F., Chen, C. C., Huang, Y. L., Lee, I. J., Yun, C. H., Chen, Y. H., & Huang, C. C. (2015). Effects of aqueous extract of Ruta graveolens and its ingredients on cytochrome P450, uridine diphosphate (UDP)-glucuronosyltransferase, and reduced nicotinamide adenine dinucleotide (phosphate) (NAD (P) H)-quinone oxidoreductase in mice. *Journal of food and drug analysis*, 23(3), 516-528. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2015.03.005

Vaou, N., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsakris, Z., Rozos, G., Tsigalou, C., & Bezirtzoglou, E. (2022). Interactions between medical plant-derived bioactive compounds: Focus on antimicrobial combination effects. *Antibiotics*, 11(8), 1014. https://doi.org/10.3390/antibiotics11081014

Vemu, B., Tocmo, R., Nauman, M. C., Flowers, S. A., Veenstra, J. P., & Johnson, J. J. (2021). Pharmacokinetic characterization of carnosol from rosemary (Salvia Rosmarinus) in male C57BL/6 mice and inhibition profile in human cytochrome P450 enzymes. *Toxicology and Applied Pharmacology,* 431, 115729. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041008X21003331

Vaou, N., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsakris, Z., Rozos, G., Tsigalou, C., & Bezirtzoglou, E. (2022). Interactions between medical plant-derived bioactive compounds: Focus on antimicrobial combination effects. *Antibiotics,* 11(8), 1014. https://doi.org/10.3390/antibiotics11081014

Wijma, R. A., Huttner, A., Koch, B. C., Mouton, J. W., & Muller, A. E. (2018). Review of the pharmacokinetic properties of nitrofurantoin and nitroxoline. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 73(11), 2916-2926. https://doi.org/10.1093/jac/dky255

Xie, Y., & Wang, C. (2023). Herb–drug interactions between Panax notoginseng or its biologically active compounds and therapeutic drugs: A comprehensive pharmacodynamic and pharmacokinetic review. *Journal of Ethnopharmacology*, 307, 116156. https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116156

Zhao, J., Xu, L., Jin, D., Xin, Y., Tian, L., Wang, T., ... & Wang, J. (2022). Rosmarinic acid and related dietary supplements: Potential applications in the prevention and treatment of cancer. *Biomolecules*, 12(10), 1410. https://doi.org/10.3390/biom12101410

Zheng, J. X., Liu, Y., Guan, S. Y., Guo, Z. Y., Duan, L., Lv, S., ... & Feng, X. Y. (2025). Global, regional, and national burden of neglected tropical diseases and malaria in the general population, 1990–2021: Systematic analysis of the global burden of disease study 2021. *Journal of Advanced Research*. https://doi.org/10.1016/j.jare.2025.04.004

Zou, J. Y., Chen, Q. L., Luo, X. C., Damdinjav, D., Abdelmohsen, U. R., Li, H. Y., ... & Zhang, J. Y. (2024). Natural products reverse cancer multidrug resistance. *Frontiers in pharmacology*, 15, 1348076. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1348076

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN EDUCACIÓN SUPERIOR: MODELO METODOLÓGICO MEDIADO POR UN LMS

LEARNING OUTCOMES ASSESSMENT IN HIGHER EDUCATION: A METHODOLOGICAL MODEL MEDIATED BY AN LMS

DOI: https://doi.org/10.64312/gm42mw50

Ifigenia Scorza-Agüero, Mag.
iscozaa@uia.ac.cr
Universidad Internacional de las Américas
https://orcid.org/0000-0003-2408-6809
San José, Costa Rica

Recibido: 24-02-2026
Aceptado: 05-06-2026

RESUMEN

La evaluación de resultados de aprendizaje constituye uno de los principales desafíos para las instituciones de educación superior que buscan fortalecer sus procesos de aseguramiento de la calidad y demostrar el logro de los perfiles de egreso. El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un modelo metodológico para la evaluación de resultados de aprendizaje en carreras de grado, mediado por un sistema de gestión del aprendizaje (LMS). Se realizó una investigación aplicada con enfoque mixto, basada en el análisis documental de referentes nacionales e internacionales sobre evaluación de aprendizajes y en consultas semiestructuradas a actores institucionales vinculados con el desarrollo curricular, la evaluación y la gestión de plataformas educativas. Los hallazgos permitieron identificar cuatro dimensiones fundamentales para la evaluación de resultados de aprendizaje: criterios internos, criterios de para la evaluación, criterios curriculares y criterios externos. A partir de estas dimensiones, se diseñó una guía institucional de evaluación y un modelo metodológico que articula resultados de aprendizaje, rúbricas colegiadas, gestión de evidencias y seguimiento mediante el LMS Brightspace. La

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

propuesta favorece la trazabilidad de los aprendizajes, la estandarización de los procesos evaluativos y la generación de información para la mejora continua y la toma de decisiones académicas. Se concluye que la integración sistemática de los resultados de aprendizaje con herramientas de gestión digital constituye una estrategia viable para fortalecer la evaluación y el aseguramiento de la calidad en educación superior.

PALABRAS CLAVE: Resultados de aprendizaje, evaluación educativa, sistemas de gestión del aprendizaje, aseguramiento de la calidad, educación superior.

ABSTRACT

The assessment of learning outcomes is a major challenge for higher education institutions seeking to strengthen quality assurance processes and demonstrate the achievement of intended graduate profiles. This study aimed to develop a methodological model for learning outcomes assessment in undergraduate programs, supported by a Learning Management System (LMS). An applied mixed-methods study was conducted using documentary analysis of national and international references on learning assessment and semi-structured consultations with institutional stakeholders involved in curriculum development, assessment, and educational technology management. The findings identified four key dimensions for learning outcomes assessment: internal criteria, evaluability criteria, curricular criteria and external criteria. Based on these dimensions, an institutional assessment guide and a methodological model were developed, integrating learning outcomes, shared rubrics, evidence management, and monitoring through Brightspace LMS. The proposal promotes learning traceability, standardization of assessment processes, and the generation of information to support continuous improvement and academic decision-making. The study concludes that the systematic integration of learning outcomes with digital management tools constitutes a viable strategy for strengthening assessment and quality assurance processes in higher education.

KEYWORDS: Learning outcomes, educational assessment, learning management systems, quality assurance, higher education.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la evaluación de los aprendizajes ha evolucionado desde una lógica centrada en la calificación sumativa, hacia enfoques más integrales y orientados al desarrollo de saberes, destacando la necesidad de evidenciar los aprendizajes adquiridos a lo largo del proceso formativo. (Ruiz Ruiz, Molina Garzón y Acosta Trejos, 2011). En este contexto, los resultados de aprendizaje esperados (RDAE) se han consolidado como un instrumento clave para garantizar la calidad y la pertinencia de los procesos educativos, particularmente en el ámbito de la educación superior. Esta transformación ha sido impulsada por proyectos e iniciativas internacionales como el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y la Declaración de Bolonia, así como por referentes regionales como el Marco de Cualificaciones para la Educación Superior Centroamericana (MCESCA), el Marco Nacional de Cualificaciones Educación y Formación Técnica Profesional (MNC-EFTP-CR) y lineamientos nacionales de acreditación. Todos estos coinciden en la necesidad de definir, operacionalizar y evaluar de forma coherente los resultados de aprendizaje como base para la mejora continua. (Ministerio de Educación Nacional, 2023; Consejo Superior Universitario Centroamericano, 2018).

En el caso de las instituciones de educación superior privada en América Latina, según Treviño, Villalobos y Baeza (2016), este proceso se enfrenta a diversos desafíos: estructuras curriculares poco flexibles, procesos evaluativos fragmentados y la necesidad de responder tanto a exigencias externas (acreditaciones y procesos de empleabilidad) como internas (modelos educativos institucionales y contextos digitales de aprendizajes). (Zacarías, 2018).

A esto se suma el creciente uso de plataformas de gestión del aprendizaje (LMS), que han dejado de ser meros repositorios de contenidos para convertirse en espacios activos de mediación pedagógica, seguimiento del aprendizaje y evaluación formativa. Esta evolución coincide con investigaciones que destacan el potencial de los LMS para integrar procesos formativos, evaluativos y de gestión académica dentro de un mismo ecosistema digital. (Bermúdez, 2018).

En este escenario, resulta necesario diseñar propuestas metodológicas que integren herramientas digitales con enfoques evaluativos basados en resultados de aprendizaje, con el fin de avanzar

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

hacia una cultura de la evaluación más coherente, sistemática y transparente con el estudiantado. (Choez, 2024). Evaluar por resultados implica, según el Consejo Superior Universitario Centroamericano (2018), entre otros aspectos, clarificar los saberes esperados en cada asignatura o ciclo formativo, diseñar instrumentos que permitan medirlos de forma válida y confiable, y generar evidencias que nutran el proceso de retroalimentación y mejora. El uso estratégico de los LMS como medio de implementación evaluativa puede potenciar estos objetivos si se articula con criterios institucionales claros y sostenibles. (Arango y Manrique, 2023). En este contexto, la investigación incorpora el concepto de *evaluabilidad*, entendido como el conjunto de condiciones que permiten que un resultado de aprendizaje pueda ser valorado mediante evidencias observables, criterios explícitos e instrumentos adecuados para la toma de decisiones académicas.

Este artículo surge a partir de una investigación aplicada realizada en una universidad privada de Costa Rica, cuyo objetivo fue definir una metodología estructurada para la evaluación de resultados de aprendizaje esperados, apoyada en rúbricas colegiadas y en la integración del LMS institucional, Brightspace de D2L, como eje de mediación. La propuesta se fundamenta en la necesidad de asegurar la calidad educativa desde una lógica de la mejora continua, fortaleciendo la relación entre el perfil de egreso y la práctica evaluativa con respecto a la asignatura, carrera, facultad e institución. (Mejía y Mejía, 2021). Para ello, se analizaron referentes teóricos, normativos y prácticos de carácter nacional e internacional, así como experiencias institucionales han logrado sistematizar procesos evaluativos coherentes con sus modelos académicos como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), la Pontificia Universidad Javeriana en Colombia y la Universidad de las Américas (UDLA) del Ecuador. (Scorza, 2024).

Desde el punto de vista metodológico, el estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto (Creswell y Plano, 2018). Por un lado, se llevó a cabo un análisis documental exhaustivo de guías, marcos de cualificaciones, modelos pedagógicos y manuales institucionales, con el fin de identificar metodologías y procesos sistematizados para la evaluación de los RDAE. Por otro lado, se llevaron a cabo consultas semiestructuradas a personas expertas, responsables de áreas clave dentro de la universidad, así como de otras instituciones, lo que permitió comprender las posibilidades

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

reales de implementación, los puntos críticos de los sistemas actuales y las oportunidades de mejora. (Scorza, 2024). A partir de ambos insumos se elaboró una Guía Institucional de Evaluación del Aprendizaje que integra criterios propuestos dentro de una matriz valorativa desarrollada mediante la investigación y su correspondiente forma de operacionalizar los RDAE y su evaluación dentro del LMS Brightspace.

Uno de los aportes centrales de esta propuesta es la articulación entre la concepción teórica, la formulación de los RDAE y rúbricas de evaluación en congruencia con los perfiles de egreso de las carreras y las funcionalidades del Brightspace, permitiendo que cada resultado de aprendizaje pueda ser evidenciado, retroalimentado y trazado dentro de la plataforma. Así, el LMS se convierte en un instrumento activo del proceso educativo, no solo para el registro de calificaciones, sino para la gestión sistemática de evidencias de aprendizaje, la aplicación de rúbricas colegiadas y el seguimiento longitudinal del desarrollo de las competencias de las personas estudiantes (Valverde, Revuelta y Fernández, 2012; Navarrete y Belver, 2022), así como el proceso de sistematización del profesorado. Esto implica una redefinición del rol docente, una mayor planificación académica por parte de ellos y una infraestructura digital alineada con los objetivos curriculares institucionales como los de la carrera.

Además, la propuesta responde a una necesidad cada vez más evidente en la educación superior privada: contar con, como indica Huerta y Vigoa (2024), modelos evaluativos sostenibles, escalables y pertinentes que puedan aplicarse en diversos contextos disciplinares, sin depender exclusivamente de iniciativas individuales o buenas prácticas aisladas. En este sentido, la definición de criterios comunes, su adaptación al entorno virtual y la formación del profesorado en su aplicación, son elementos clave para consolidar una cultura institucional orientada a los aprendizajes. (Valverde, Revuelta y Fernández, 2012).

Finalmente, esta propuesta metodológica busca convertirse en una guía práctica para instituciones de educación superior interesadas en avanzar hacia modelos evaluativos más coherentes con los marcos internacionales de calidad y más integrados con las herramientas tecnológicas que hoy median el proceso educativo. La evaluación de resultados de aprendizaje mediante los LMS no es solo una tendencia, sino la oportunidad para repensar la manera en la

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

que se sistematiza la información, proporcionando a las escuelas datos confiables y precisos, que tengan trazabilidad y validez a lo largo del tiempo. (Nevárez, Caldera y Ronquillo, 2021; Salas y Ramírez, 2025).

A pesar de los avances en la formulación de resultados de aprendizaje y de la creciente adopción de sistemas de gestión del aprendizaje en educación superior, persisten desafíos relacionados con la operacionalización de estos resultados en procesos evaluativos sistemáticos, trazables y comparables entre asignaturas, carreras e instituciones. La literatura especializada ofrece orientaciones conceptuales sobre la evaluación basada en resultados de aprendizaje y sobre el uso educativo de los LMS; sin embargo, existe una menor disponibilidad de propuestas metodológicas integradas que articulen de manera explícita los resultados de aprendizaje, las rúbricas de evaluación, la gestión de evidencias y el seguimiento institucional mediante plataformas digitales. (Valverde, Revuelta y Fernández, 2012; Navarrete y Belver, 2022).

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar y fundamentar un modelo metodológico para la evaluación de resultados de aprendizaje en carreras de grado por medio de un sistema de gestión del aprendizaje (LMS), a partir del análisis de referentes normativos, evidencia documental y la percepción de actores institucionales vinculados con los procesos curriculares, evaluativos y tecnológicos.

Para orientar el estudio se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles elementos metodológicos deben integrarse en un modelo institucional que permita evaluar de manera sistemática los resultados de aprendizaje mediante un sistema de gestión del aprendizaje en educación superior?

MÉTODO

Diseño de la Investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto de carácter aplicado (Creswell y Plano, 2018), orientado al diseño de una propuesta metodológica para la evaluación de resultados de aprendizaje en carreras de grado mediante un sistema de gestión del aprendizaje (LMS). El estudio

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

se fundamentó en un proceso secuencial de análisis, sistematización y validación de criterios de evaluación, a partir de la integración de evidencia documental, referentes normativos y aportes de personas expertas vinculadas con procesos curriculares y evaluativos en educación superior.

La lógica metodológica partió de la identificación progresiva de criterios e indicadores relacionados con la formulación, evaluación y seguimiento de los aprendizajes esperados. (Guevara, Verdesoto y Castro, 2020). Estos elementos emergieron inicialmente durante la revisión de antecedentes y literatura especializada, y fueron registrados en una matriz de análisis construida específicamente para la investigación. Posteriormente, conforme avanzó la revisión teórica y normativa, dichos criterios fueron agrupados, refinados y organizados en categorías conceptuales que permitieron estructurar una matriz valorativa orientada a evaluar la calidad y evaluabilidad de los resultados de aprendizaje.

Análisis Documental

El componente documental constituyó la fase central de construcción del modelo metodológico. Se analizaron más de veinte fuentes especializadas, incluyendo literatura científica, marcos de cualificaciones, lineamientos regulatorios, agencias de acreditación, organismos especializados en aseguramiento de la calidad y experiencias institucionales nacionales e internacionales.

La selección de las fuentes respondió a criterios de pertinencia temática, reconocimiento académico y relevancia para la evaluación basada en resultados de aprendizaje. Entre los referentes revisados se incluyeron organismos como la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), el Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES), el Marco de Cualificaciones para la Educación Superior Centroamericana (MCESCA), el Marco Nacional de Cualificaciones de Costa Rica, así como experiencias desarrolladas por universidades latinoamericanas e internacionales.

La información que se recopiló fue sistematizada en una matriz de análisis que permitió identificar criterios recurrentes, patrones conceptuales y dimensiones asociadas a la evaluación de

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

resultados de aprendizaje. Este proceso facilitó la construcción progresiva de categorías analíticas que posteriormente dieron origen a la matriz valorativa propuesta.

Consulta a Expertos y Validación de Categorías

Como complemento al análisis documental, se aplicó un cuestionario semiestructurado a tres personas expertas con experiencia en desarrollo curricular, evaluación de los aprendizajes y gestión académica. La selección se realizó mediante muestreo intencional, considerando su participación directa en procesos institucionales relacionados con diseño curricular, aseguramiento de la calidad y evaluación educativa.

Las respuestas fueron analizadas mediante categorización temática, utilizando como referencia las categorías emergentes previamente identificadas durante la revisión documental. Este proceso permitió contrastar, complementar y validar los criterios incorporados en la matriz, así como identificar elementos adicionales relacionados con la viabilidad institucional de su implementación.

La integración de la información documental y de los cuestionarios a personas expertas se realizó mediante un proceso de triangulación analítica, que permitió consolidar los criterios definitivos de la matriz valorativa y fortalecer la consistencia conceptual del modelo metodológico propuesto.

Construcción y Validación del Modelo Metodológico

A partir de la consolidación de la matriz valorativa, se desarrolló una Guía Institucional de Evaluación del Aprendizaje orientada a operacionalizar los resultados de aprendizaje en los distintos niveles académicos. Posteriormente, se diseñó un modelo de implementación mediante el LMS Brightspace de D2L, con el propósito de vincular los resultados de aprendizaje, las rúbricas colegiadas, las evidencias de desempeño y los mecanismos de seguimiento institucional.

Los instrumentos utilizados en la investigación fueron sometidos a validación por criterio experto. Asimismo, la matriz valorativa y los productos derivados de la investigación fueron revisados bajo

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

criterio experto con el propósito de fortalecer su consistencia metodológica, pertinencia conceptual y aplicabilidad institucional.

RESULTADOS

Identificación de Criterios Para la Evaluación de Resultados de Aprendizaje

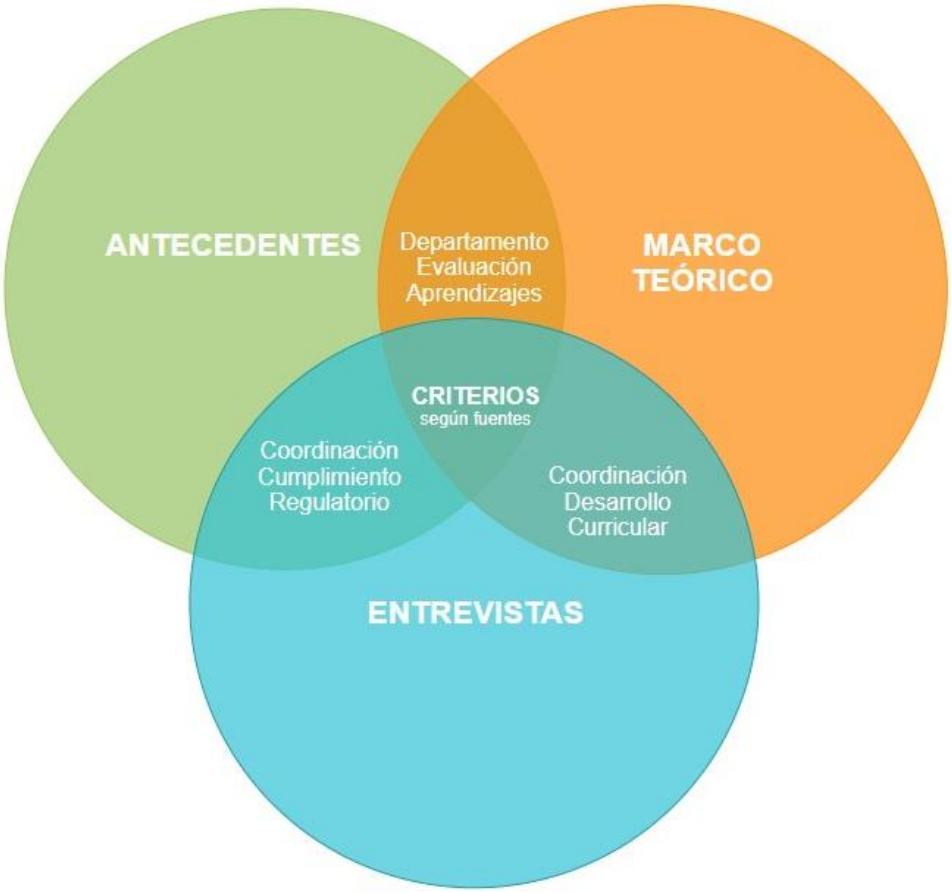
El análisis documental permitió identificar un conjunto amplio de criterios asociados a la formulación, evaluación y seguimiento de los aprendizajes esperados en educación superior. Durante la revisión de literatura especializada, marcos de cualificaciones, referentes regulatorios y experiencias institucionales, se registraron y sistematizaron criterios recurrentes relacionados con la calidad de los resultados de aprendizaje y sus posibilidades de evaluación.

La revisión documental y el proceso de categorización permitieron delimitar la evaluabilidad como una dimensión específica del modelo, entendida como el conjunto de condiciones que permiten que un resultado de aprendizaje pueda ser medido, evidenciado y analizado de manera válida, consistente y útil para la toma de decisiones académicas.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Figura 1

Relación de las fuentes empleadas en el diagnóstico de la investigación



Nota. Elaboración propia con base en Scorza (2024)

Posteriormente, estos criterios fueron agrupados mediante un proceso de categorización progresiva que permitió identificar patrones comunes y relaciones conceptuales entre ellos. La incorporación de referentes normativos y la consulta a personas expertas contribuyeron a complementar y validar las categorías emergentes, consolidando una estructura metodológica orientada a valorar tanto la formulación como la evaluabilidad de los resultados de aprendizaje.

Este hallazgo evidenció que la evaluación de los resultados de aprendizaje no depende exclusivamente de su redacción, sino también de condiciones asociadas a su alineación curricular, posibilidad de medición y pertinencia frente a referentes externos de calidad.

INNOVACIÓN UNIVERSITARIA
ISSN: 2953-7606
Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Construcción de la Matriz Valorativa

Como resultado del proceso de triangulación entre evidencia documental, referentes normativos y aportes de personas expertas, se consolidó una matriz valorativa para la evaluación de resultados de aprendizaje. Esta matriz permitió organizar los criterios identificados en cuatro dimensiones complementarias: criterios internos del resultado de aprendizaje, criterios de evaluabilidad, criterios curriculares y criterios externos. Esta estructura amplía los enfoques centrados exclusivamente en la formulación de resultados de aprendizaje descritos en diversos marcos de cualificación y aseguramiento de la calidad, incorporando además elementos relacionados con su evaluabilidad y operacionalización institucional. (Consejo Superior Universitario Centroamericano, 2018; Ministerio de Educación Nacional, 2023).

Tabla 1

Síntesis de la matriz valorativa para la evaluación de resultados de aprendizaje

Dimensión	**Propósito**	**Principales criterios identificados**
Criterios internos	Valorar la calidad intrínseca del resultado de aprendizaje	Claridad, especificidad, pertinencia, relevancia, comprensibilidad y saberes
Criterios de evaluabilidad	Determinar la posibilidad de medir y evidenciar el aprendizaje	Medibilidad, evaluabilidad, instrumentos de evaluación, estándares de desempeño y estándares de calidad
Criterios curriculares	Verificar la articulación del resultado con el diseño curricular	Progresión, congruencia, coherencia, correspondencia, alineación y metodología
Criterios externos	Analizar la pertinencia del resultado frente al entorno educativo y profesional	Contexto, participación de partes interesadas, realimentación, modalidad de enseñanza, inclusividad e innovación

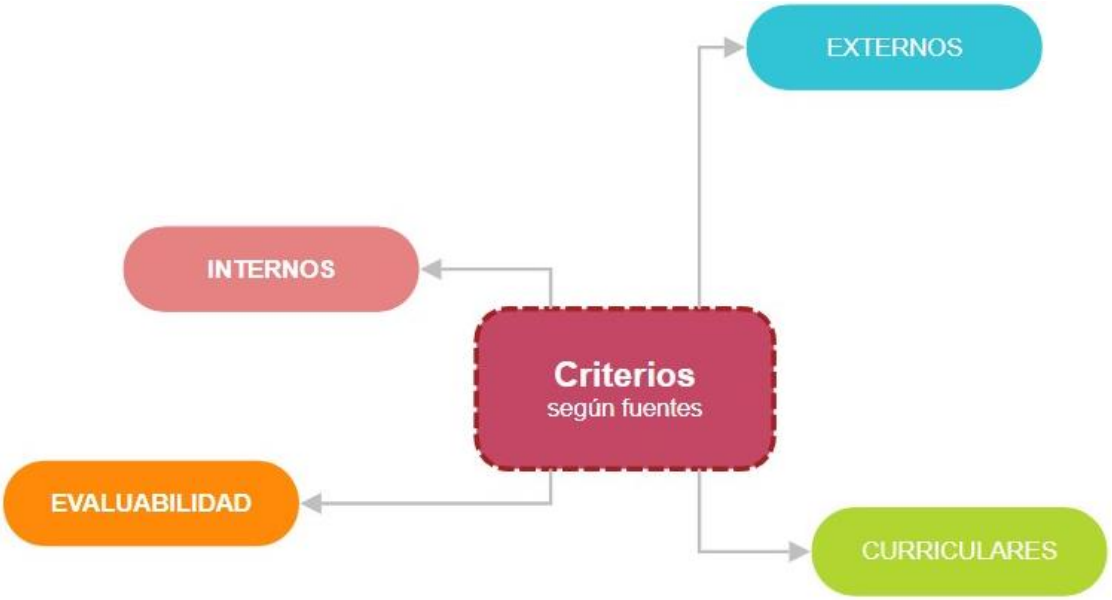
Nota. Elaboración propia con base en Scorza (2024).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La organización de estos criterios permitió superar enfoques centrados exclusivamente en la redacción de los resultados de aprendizaje, incorporando dimensiones asociadas a su evaluabilidad, pertinencia curricular y alineación con referentes externos. Como resultado, la matriz propuesta amplía la perspectiva tradicional de evaluación de RDAE al considerar no solo su formulación, sino también las condiciones necesarias para su valoración efectiva.

Figura 2

Estructuración de categorías mediante características de los criterios encontrados, mapa conceptual



Nota. La figura muestra la estructuración final de categorías que fue definida por la caracterización de los criterios encontrados. Fuente: Elaboración propia con base en Scorza (2024).

Desarrollo del Modelo Metodológico

A partir de la matriz valorativa, se desarrolló un modelo metodológico para la evaluación de resultados de aprendizaje en carreras de grado. El modelo propone una secuencia estructurada que articula la definición de los resultados, la construcción de instrumentos de evaluación, la recopilación de evidencias y el seguimiento sistemático de los desempeños mediante herramientas digitales. La incorporación de rúbricas colegiadas fortalece esta articulación al proporcionar criterios explícitos de valoración y favorecer mayores niveles de consistencia

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

evaluativa, tal como señalan Menzala, Ortega y Zanabria (2024). La articulación entre evaluación, evidencias y entornos digitales coincide con los planteamientos desarrollados por Valverde, Revuelta y Fernández (2012) respecto al potencial de los LMS para apoyar procesos de evaluación basados en competencias.

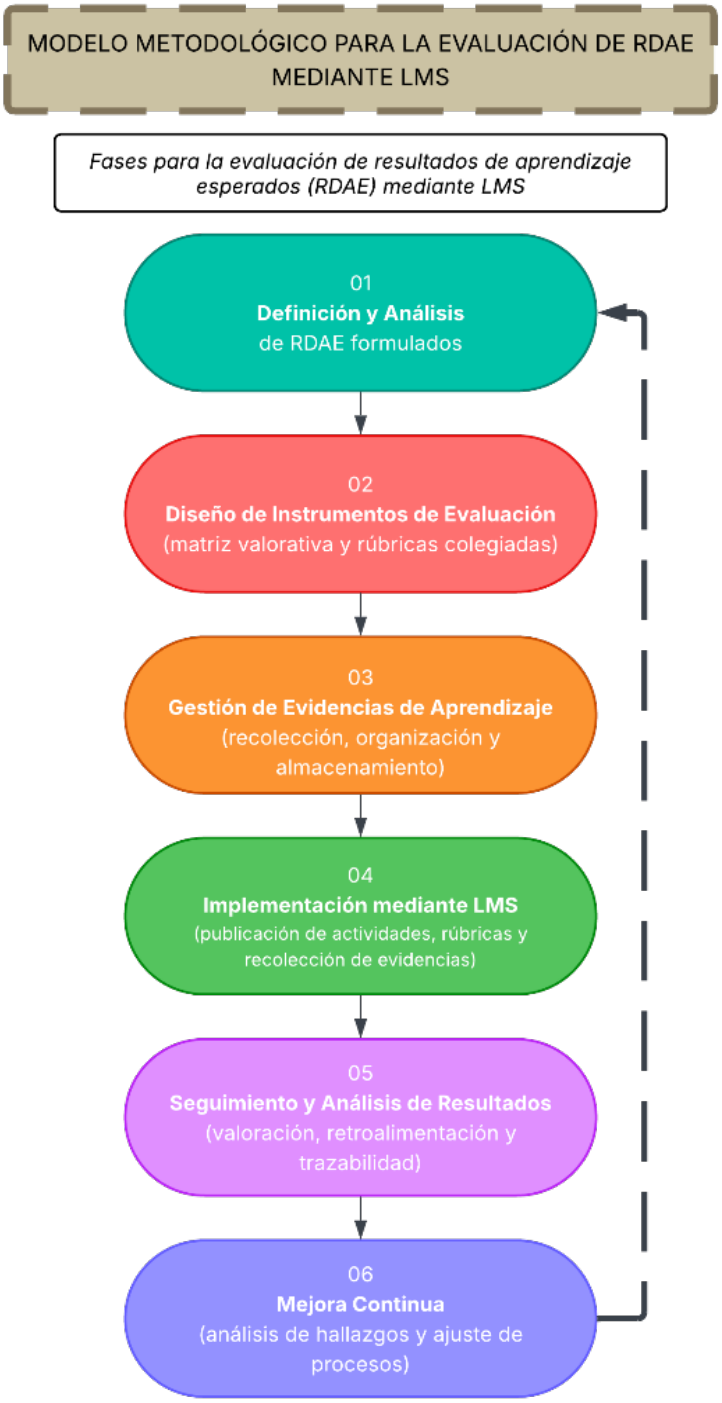
El modelo se diseñó para responder a una limitación identificada durante la investigación: la ausencia de mecanismos institucionales que permitan valorar de forma sistemática la calidad y evaluabilidad de los resultados de aprendizaje más allá de su mera formulación curricular.

La propuesta metodológica permitió establecer una secuencia lógica de evaluación que vincula la formulación de los resultados de aprendizaje con la toma de decisiones institucionales. A diferencia de enfoques centrados únicamente en la medición de desempeños estudiantiles, el modelo incorpora mecanismos para valorar la calidad de los propios resultados de aprendizaje, la coherencia de los instrumentos utilizados y la trazabilidad de las evidencias generadas durante el proceso formativo.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Figura 3

Modelo metodológico propuesto



Nota. El modelo es de carácter cíclico; los resultados del análisis y seguimiento retroalimentan la definición y mejora de los resultados de aprendizaje y del proceso evaluativo. Fuente: Elaboración propia con base en Scorza (2024).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

El modelo metodológico se estructura en cinco etapas secuenciales e interrelacionadas. La primera corresponde a la definición y análisis de los resultados formulados, mediante la aplicación de la matriz valorativa desarrollada en la investigación. La segunda etapa contempla el diseño de instrumentos y rúbricas colegiadas alineadas con los resultados de aprendizaje definidos. En una tercera etapa se gestionan las evidencias de aprendizaje mediante actividades evaluativas asociadas a cada resultado. Posteriormente, los resultados son operacionalizados dentro del LMS mediante mecanismos de registro, seguimiento y trazabilidad. Finalmente, la información generada alimenta procesos de análisis y mejora continua, orientados al fortalecimiento curricular y al aseguramiento de la calidad.

La Guía Institucional de Evaluación del Aprendizaje se estructuró en cinco componentes: (a) formulación y validación de resultados de aprendizaje, (b) aplicación de la matriz valorativa, (c) diseño de rúbricas colegiadas, (d) gestión de evidencias mediante LMS y (e) análisis para la mejora continua.

Operacionalización del Modelo Mediante LMS

La fase final de la investigación consistió en la operacionalización del modelo metodológico mediante el LMS Brightspace de D2L. Esta etapa permitió trasladar los criterios definidos en la matriz valorativa a un entorno digital capaz de gestionar, registrar y analizar evidencias de aprendizaje de manera sistemática.

La implementación evidenció que la integración entre resultados de aprendizaje, instrumentos de evaluación y rúbricas colegiadas constituye un elemento clave para garantizar la trazabilidad de los procesos evaluativos, coincidiendo con lo señalado por Valverde, Revuelta y Fernández (2012) respecto al potencial de los sistemas de gestión del aprendizaje para articular competencias, evidencias y evaluación. Mediante esta articulación, cada evidencia generada por el estudiantado puede asociarse directamente con uno o varios resultados de aprendizaje, permitiendo registrar automáticamente las valoraciones realizadas por el profesorado y asociarlas con el resultado de aprendizaje correspondiente, en concordancia con experiencias de evaluación mediante rúbricas reportadas por Navarrete y Belver (2022).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Como ejemplo de aplicación, en la carrera de Ingeniería Civil se vinculó el resultado de aprendizaje relacionado con el atributo Aprendizaje a lo largo de la vida, uno de los atributos profesionales promovidos por organismos especializados en la formación en ingeniería y los sistemas de acreditación de programas de la disciplina (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, 2017; Agencia de Acreditación de programas de Ingeniería y de Arquitectura, 2024), a una rúbrica colegiada compuesta por criterios observables y niveles de desempeño definidos institucionalmente, en concordancia con la evidencia que señala a las rúbricas como instrumentos que favorecen la objetividad, consistencia y transparencia de los procesos evaluativos. (Menzala, Ortega y Zanabria, 2024). La incorporación de estos elementos en el LMS permitió registrar automáticamente las valoraciones realizadas por el profesorado y asociarlas con el resultado de aprendizaje correspondiente, generando información estructurada para posteriores procesos de análisis.

Gestión de Evidencias y Seguimiento de los Aprendizajes

Uno de los hallazgos derivados de la operacionalización del modelo fue la relevancia de la gestión digital de evidencias como mecanismo para fortalecer la evaluación basada en resultados de aprendizaje. La vinculación entre actividades evaluativas, rúbricas y resultados de aprendizaje favoreció la construcción de registros sistemáticos sobre el desempeño estudiantil, ampliando las posibilidades de seguimiento a lo largo de la trayectoria formativa. Este resultado se alinea con los modelos de Learning Analytics que utilizan información generada por los LMS para apoyar procesos de monitoreo y mejora educativa. (Nevárez, Caldera y Ronquillo, 2021; Salas y Ramírez, 2025).

La estructura propuesta permite que cada evidencia de aprendizaje quede asociada a criterios previamente definidos, facilitando la identificación de niveles de logro, tendencias de desempeño y áreas susceptibles de mejora. Esta capacidad de seguimiento trasciende la evaluación aislada de actividades específicas y posibilita una visión más integral del desarrollo progresivo de los aprendizajes.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Asimismo, la consolidación de evidencias en un entorno digital favorece procesos de retroalimentación fundamentados en datos observables, contribuyendo a la toma de decisiones pedagógicas y curriculares orientadas a la mejora continua. (Núñez, Núñez y Castillo, 2024).

Automatización del Análisis y Mejora Continua

Otro hallazgo relevante de la investigación fue la capacidad del modelo para aprovechar las funcionalidades analíticas del LMS con el fin de consolidar y procesar información derivada de la evaluación de resultados de aprendizaje.

La integración de rúbricas estandarizadas y criterios homogéneos permitió generar información agregada sobre el desempeño estudiantil en distintos niveles de análisis, capacidad que coincide con los beneficios atribuidos a los sistemas de Learning Analytics en educación superior. (Salas y Ramírez, 2025). Esta capacidad facilita la identificación de fortalezas y oportunidades de mejora, así como la detección de patrones que podrían pasar inadvertidos en sistemas de evaluación fragmentados.

Desde una perspectiva institucional, la automatización del procesamiento de evidencias contribuye al fortalecimiento de los procesos de aseguramiento de la calidad y mejora continua. (Mejía y Mejía, 2021; Comisión Nacional de Acreditación, 2025). De esta manera, el modelo no solo favorece la evaluación del estudiantado, sino que también genera insumos para la revisión curricular, la toma de decisiones académicas y los procesos de acreditación.

Los resultados obtenidos evidencian que la integración entre criterios de evaluabilidad, rúbricas colegiadas, gestión digital de evidencias y análisis automatizado constituye una alternativa viable para fortalecer los procesos de evaluación de resultados de aprendizaje en educación superior, superando enfoques centrados exclusivamente en la medición aislada de actividades o asignaturas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La Evaluabilidad Como Aporte Metodológico

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Los resultados obtenidos evidencian que la evaluación de resultados de aprendizaje en educación superior requiere trascender enfoques centrados exclusivamente en la formulación de los resultados. La construcción de la matriz valorativa permitió identificar que la calidad de un resultado de aprendizaje no depende únicamente de su redacción, sino también de condiciones asociadas a su evaluabilidad, pertinencia curricular y alineación con referentes externos de calidad. Este hallazgo amplía los planteamientos desarrollados por marcos como el MCESCA y las orientaciones para resultados de aprendizaje promovidas por organismos de aseguramiento de la calidad, los cuales enfatizan la importancia de definir resultados claros y verificables, pero ofrecen menor desarrollo respecto a mecanismos sistemáticos para valorar su capacidad real de evaluación. (Consejo Superior Universitario Centroamericano, 2018; Ministerio de Educación Nacional, 2023).

En consecuencia, la propuesta desarrollada desplaza el foco desde la mera formulación de resultados de aprendizaje hacia la capacidad institucional de evaluarlos de manera sistemática, verificable y útil para la mejora continua. Desde esta perspectiva, la evaluabilidad deja de ser una condición implícita del currículo para convertirse en un criterio explícito de calidad educativa.

El Aporte del Modelo Metodológico

A diferencia de propuestas centradas exclusivamente en la medición del desempeño estudiantil, el modelo metodológico desarrollado incorpora una secuencia que vincula la formulación de resultados de aprendizaje, la construcción de instrumentos de evaluación, la gestión de evidencias y la utilización de herramientas digitales para el seguimiento de los aprendizajes. Esta articulación permite abordar la evaluación como un proceso integral y no como una actividad aislada, favoreciendo la coherencia entre currículo, evaluación y toma de decisiones académicas. En este sentido, los resultados coinciden con los planteamientos de Valverde, Revuelta y Fernández (2012), quienes señalan que los sistemas de gestión del aprendizaje adquieren mayor valor cuando se integran a modelos pedagógicos y evaluativos previamente estructurados.

Asimismo, la incorporación de rúbricas colegiadas fortalece esta articulación al proporcionar criterios compartidos de valoración y reducir la variabilidad en los procesos evaluativos, aspecto

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

identificado como relevante en la literatura reciente sobre evaluación auténtica y uso de rúbricas en educación superior. (Menzala, Ortega y Zanabria, 2024).

Gestión de Evidencias y Trazabilidad

Uno de los hallazgos más relevantes de la investigación fue la importancia de la gestión sistemática de evidencias para fortalecer la evaluación basada en resultados de aprendizaje. La posibilidad de vincular actividades, rúbricas y resultados dentro de un mismo entorno digital favorece la trazabilidad de los desempeños estudiantiles y genera información útil para procesos de seguimiento longitudinal. Este hallazgo también coincide con los planteamientos que reconocen la tecnología educativa como un elemento estratégico para fortalecer la gestión académica y la toma de decisiones basadas en datos. (Valencia y Almeida, 2024). Así mismo, estos resultados se alinean con los enfoques de Learning Analytics, los cuales destacan el potencial de los LMS para recopilar, organizar y analizar información educativa orientada a la mejora de los procesos de aprendizaje y de la gestión institucional. (Nevárez, Caldera y Ronquillo, 2021; Salas y Ramírez, 2025).

Más allá de su función operativa, la trazabilidad de las evidencias permite construir procesos de evaluación acumulativa y comparativa, facilitando el análisis longitudinal de los aprendizajes y la identificación de patrones relevantes para la mejora curricular.

Implicaciones Para el Aseguramiento de la Calidad

Desde una perspectiva institucional, el modelo propuesto ofrece una alternativa para fortalecer los procesos de aseguramiento de la calidad mediante la generación de evidencias verificables sobre el logro de los resultados de aprendizaje. La integración entre rúbricas colegiadas, criterios homogéneos y mecanismos de seguimiento contribuye a disminuir la fragmentación de los procesos evaluativos y facilita la obtención de información relevante para la mejora curricular, la toma de decisiones académicas y los procesos de acreditación. Este hallazgo coincide con la creciente tendencia internacional de utilizar sistemas digitales para respaldar procesos de

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

autoevaluación y mejora continua en educación superior. (Mejía y Mejía, 2021; Comisión Nacional de Acreditación, 2025).

En este sentido, la calidad deja de concebirse únicamente como un proceso de verificación externa y se convierte en una práctica permanente de análisis institucional basada en evidencias. Por lo que la disponibilidad de información sistemática sobre el logro de los resultados de aprendizaje fortalece los procesos de gobernanza académica al facilitar la toma de decisiones fundamentadas en evidencia, condición cada vez más relevante en los sistemas universitarios contemporáneos caracterizados por mayores exigencias de transparencia, rendición de cuentas y aseguramiento de la calidad (Kehm, 2018).

CONCLUSIONES

La investigación permitió desarrollar y fundamentar un modelo metodológico para la evaluación de resultados de aprendizaje en educación superior, basado en la integración de criterios de evaluabilidad, rúbricas colegiadas, gestión de evidencias y seguimiento mediante un sistema de gestión del aprendizaje.

El principal aporte del estudio radica en la construcción de una matriz valorativa que amplía la evaluación tradicional de resultados de aprendizaje al incorporar dimensiones relacionadas con su evaluabilidad, pertinencia curricular y alineación con referentes externos. A partir de esta matriz fue posible estructurar un modelo metodológico que articula la formulación de resultados, la evaluación de desempeños y la generación de información para la mejora continua.

Asimismo, la investigación evidenció que la utilidad del LMS no radica únicamente en sus capacidades tecnológicas, sino en su integración dentro de un modelo metodológico previamente estructurado que permita vincular resultados, evidencias y procesos de mejora continua. En este contexto, la tecnología deja de ser únicamente un medio de administración académica para convertirse en un mecanismo que favorece la trazabilidad, la sistematización de evidencias y la toma de decisiones fundamentadas en información verificable.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Finalmente, se recomienda continuar investigando la aplicación del modelo en distintos contextos institucionales y disciplinarios, así como desarrollar estudios que permitan evaluar su impacto sobre los procesos de aseguramiento de la calidad, la mejora curricular y el logro efectivo de los resultados de aprendizaje en educación superior.

REFERENCIAS

Agencia de Acreditación de programas de Ingeniería y de Arquitectura. (2024). *Atributos de los graduados*. https://aapia.cfia.or.cr/wp-content/uploads/2024/09/atributos-de-los-graduados.docx

Arango, S. I. y Manrique, B. (2023). Interacciones comunicativas y colaboración mediada por entornos virtuales de aprendizaje universitarios. *Revista de Educación a Distancia (RED), 23*(76), 1-23. https://doi.org/10.6018/red.544981

Bermúdez, L. A. (2018). *Elaboración de un estudio de innovación tecnológica aplicada en procesos formativos con sistemas de gestión de aprendizaje (LMS) en la educación universitaria del Ecuador.* [Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de Maestría en Gerencia de Sistemas y Tecnologías de la Información, Universidad de las Américas]. Repositorio Digital Universidad De Las Américas. https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8899

Choez, J.J. (2024). *Herramientas digitales y la enseñanza en la educación superior*. [Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Educación, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Instituto de Posgrado]. Repositorio Digital UNESUM. https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7225/1/Choez%20Aranea%20Jimmy%20Javier.pdf

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2017). *Resultados de aprendizaje, atributos y formación en Ingeniería.* https://aapia.cfia.or.cr/2017/08/01/resultados-de-aprendizaje-atributos-y-la-formacion-en-ingenieriaparte-i/

Comisión Nacional de Acreditación, CNA Chile. (2025). *Orientaciones para el uso de criterios y estándares del subsistema universitario en procesos de autoevaluación.* Criterios y Estándares de Calidad. https://www.cnachile.cl/noticias/SiteAssets/Paginas/Forms/AllItems/ORIENTACIONES%20PARA%20EL%20SUBSISTEMA%20UNIVERSITARIO.pdf

Consejo Superior Universitario Centroamericano. (2018). *Marco de Cualificaciones para la Educación Superior Centroamericana: Resultados de aprendizaje esperados para los niveles técnico superior universitario, bachillerato universitario, licenciatura, maestría y doctorado.* Editorial Serviprensa. https://utp.ac.pa/sites/default/files/documentos/2022/pdf/marco_de_cualificaciones_para_la_educacion.pdf

Creswell, J. W. y Plano, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. https://books.google.com.co/books?id=FnY0BV-q-hYC&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false

Guevara, G. P., Verdesoto, A. E. y Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO, 4*(3), 163-173. https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173

Huerta, M. y Vigoa, Y. (2024). La evaluación formativa desde el enfoque de la evaluación auténtica en la educación superior universitaria. *Revista de Investigación Científica Huamachuco, 2*(2), 91-105. https://doi.org/10.61709/4akj9s23

Kehm, B. (2018). La nueva gobernanza de los sistemas universitarios. *Política, Globalidad y Ciudadanía, 4*(8), 14-20. DOI: https://doi.org/10.29105/pgc4.8-1

Mejía, D. L. y Mejía, E. J. (2021). Evaluación y calidad educativa: Avances, limitaciones y retos actuales. *Revista Electrónica Educare, 25*(3), 702-715. https://dx.doi.org/10.15359/ree.25-3.38

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Menzala, R. M., Ortega, E. y Zanabria, E. (2024). Uso de la rúbrica en la educación: Una revisión sistemática. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 8*(34), 1724-1743. https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i34.829

Ministerio de Educación Nacional. (2023). *Nota Orientadora ¿Cómo formular e implementar los resultados de aprendizaje?* Mineducación. Consejo Nacional de Acreditación, Comisión Nacional Intersectorial de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-408425_recurso_5.pdf

Navarrete, C. y Belver, J. L. (2022). Evaluar con Rúbricas. Una propuesta Exitosa dentro del ABP. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, 15*(1), 101-120. https://doi.org/10.15366/riee2022.15.1.006

Nevárez, L., Caldera, M. I. y Ronquillo, G. (2021). Obtención de un modelo de Learning Analytics con información de un LMS. *RECIE. Revista Elextrónica Científica De Investigación Educativa, 5*(2), 313-333. https://doi.org/10.33010/recie.v5i2.1314

Núñez, K., Núñez, G. y Castillo, A. (2024). Retroalimentación en el contexto educativo: Una revisión sistemática. *Formación universitaria, 17*(2), 61-72. https://dx.doi.org/10.4067/s0718-50062024000200061

Ruiz Ruiz, B., Molina Garzón, M. y Acosta Trejos, D. (2011). Evaluación de estrategias, motivos y enfoques de aprendizaje para la identificación del perfil de ingreso de estudiantes universitarios. *Encuentros, 9*(1), 21-34. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476655975002

Salas, Á. y Ramírez, A. (2025). Learning Analytics in Higher Education: A Decade in Systematic Literature Review. *Program Comput Soft, 50,* 690-700. https://doi.org/10.1134/S0361768824700701

Scorza, I. (2024). *Definición de criterios para el desarrollo de una guía para la evaluación de resultados de aprendizaje esperados en las carreras de grado de la Universidad Latina de*

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Costa Rica en el periodo 2024. [Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de Maestría en Ciencias de la Educación con énfasis en Evaluación Educativa, Universidad Latina de Costa Rica]. Repositorio Institucional. https://campus.ulatina.ac.cr/Auth/Login?ReturnUrl=%2F

Treviño, E., Villalobos, C. y Baeza, A. (2016). *Recomendaciones de Políticas Educativas en América Latina en base al TERCE*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244976

Valencia, C. y Almeida, V. (2024). La tecnología en la gestión educativa. *Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional, 6*(23), 73-79. https://doi.org/10.51896/rilco.v6i23.648

Valverde, J., Revuelta, F. I. y Fernández, M. R. (2012). Modelos de evaluación por competencias a través de un sistema de gestión de aprendizaje. Experiencias en la formación inicial del profesorado. *Revista Iberoamericana de Educación, 60,* 51-62. https://rieoei.org/RIE/article/view/443/4329

Zacarías, I. G. (2018). Las políticas de evaluación educativa en América Latina. *Revista Fuentes,* 20(2), 29-35. http://dx.doi.org/10.12795/revistafuentes. 2018.v20.i2.02

INNOVACIÓN UNIVERSITARIA
ISSN: 2953-7606
Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

CLASIFICACIÓN DE PATRONES DE CONSUMO PETROLERO EN 58 PAÍSES MEDIANTE CLÚSTER JERÁRQUICO: TENDENCIAS GLOBALES Y CONTEXTO DE COSTA RICA (2019–2023)

CLASSIFICATION OF OIL CONSUMPTION PATTERNS IN 58 COUNTRIES BY HIERARCHICAL CLUSTER: GLOBAL TRENDS AND CONTEXT OF COSTA RICA (2019–2023)

DOI: https://doi.org/10.64312/v76tz933

Roberto Delgado Castro, Lic.
rdelgadoc@edu.uia.ac.cr
Universidad Internacional de las Américas
https://orcid.org/0000-0003-3828-9500
San José, Costa Rica

Recibido: 26-12-2025
Aceptado: 02-06-2026

RESUMEN

La presente investigación, de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, tuvo como objetivo categorizar 58 países incluidos en el Informe Estadístico Anual 2024 de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) en grupos homogéneos, según la evolución de su demanda de petróleo durante el período 2019–2023, mediante la aplicación del modelo de clúster jerárquico, con el propósito de identificar patrones globales de consumo energético y aportar elementos de referencia para el análisis de la política energética de Costa Rica. La metodología se desarrolló en el entorno estadístico R, utilizando técnicas de análisis multivariado basadas en distancia euclidiana y el método de enlace de Ward, a partir de una solución óptima de tres clústeres. Los resultados evidenciaron un elevado desempeño clasificatorio del modelo, con una inercia inter clase de 94,72 % y una inercia intraclase de 5,28 %, indicando una adecuada separación entre grupos y una alta cohesión interna. El análisis permitió identificar tres perfiles diferenciados de demanda petrolera: un grupo de economías con consumo elevado y comportamiento relativamente estable, un grupo de países con demanda intermedia y mayor sensibilidad a los ciclos económicos, y un grupo caracterizado por bajos niveles de consumo y alta variabilidad

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

relativa. Los hallazgos demuestran que el clúster jerárquico constituye una herramienta robusta para la clasificación y caracterización de patrones internacionales de consumo petrolero, permitiendo generar insumos relevantes para la formulación de políticas públicas, la planificación energética y la evaluación prospectiva de escenarios de demanda en países dependientes de hidrocarburos como Costa Rica.

PALABRAS CLAVE: clúster jerárquico, demanda de petróleo, análisis multivariado, inercia inter clase, inercia intraclase.

ABSTRACT

The objective of this research, with a quantitative approach and exploratory scope, was to categorize 58 countries included in the 2024 Annual Statistical Report of the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC) into homogeneous groups according to the evolution of their oil demand during the period 2019–2023, through the application of the hierarchical clustering model, with the purpose of identifying global patterns of energy consumption and providing reference elements for analysis of Costa Rica's energy policy. The methodology was developed in the statistical environment R, using multivariate analysis techniques based on Euclidean distance and the Ward's linkage method, from an optimal solution of three clusters. The results showed a high classification performance of the model, with an interclass inertia of 94,72 % and an intraclass inertia of 5,28 %, indicating an adequate separation between groups and a high internal cohesion. The analysis identified three differentiated profiles of oil demand: a group of economies with high consumption and relatively stable behavior, a group of countries with intermediate demand and greater sensitivity to economic cycles and a group characterized by low levels of consumption and high relative variability. The findings show that the hierarchical cluster constitutes a robust tool for the classification and characterization of international patterns of oil consumption, allowing the generation of relevant inputs for the formulation of public policies, energy planning and the prospective evaluation of demand scenarios in hydrocarbon-dependent countries such as Costa Rica.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

KEYWORDS: hierarchical cluster, oil demand, multivariate analysis, interclass inertia, intra-class inertia.

INTRODUCCIÓN

En el escenario energético mundial contemporáneo, marcado por la volatilidad de los precios del petróleo (visto como un término general y amplio que incluye petróleo y sus derivados refinados), las tensiones geopolíticas y la presión internacional hacia la descarbonización, comprender la dinámica de la demanda global de petróleo es una prioridad estratégica para Gobiernos, organismos internacionales y empresas privadas. La demanda de petróleo, lejos de ser uniforme, presenta grandes diferencias entre países, influenciadas por factores como el nivel de desarrollo económico, el grado de industrialización, la estructura del transporte, las políticas energéticas implementadas y la capacidad de diversificar fuentes de energía. Ante esta diversidad, analizar la demanda únicamente a partir de cifras globales o por regiones genera una visión incompleta y, en muchos casos, distorsionada de la realidad.

El consumo mundial de petróleo es una variable central en los debates sobre crecimiento económico, cambio climático y seguridad energética. Aunque existen reportes que muestran la tendencia general al alza del uso de petróleo hasta fechas recientes, también hay señales de desaceleración causada por factores como políticas climáticas, mejora en la eficiencia energética, aumento del transporte eléctrico y cambios en los patrones de movilidad postpandemia. (IEA, 2025; IEA, 2023; BP, 2025). Sin embargo, la mayoría de los estudios presentan estas tendencias a un nivel agregado global o por regiones, generando poca claridad sobre cómo se diferencian entre países los patrones de demanda a lo largo del tiempo o cuáles subgrupos de países comparten trayectorias similares de consumo.

En este contexto, surge la necesidad de clasificar los países según cómo ha evolucionado su demanda de petróleo entre 2019 y 2023, para identificar grupos homogéneos que permitan reconocer patrones comunes, diferencias estructurales y tendencias emergentes. Por ejemplo, según el informe Global Energy Review 2025 de la International Energy Agency (IEA), el crecimiento global de demanda de petróleo se desaceleró en 2024 y aunque la producción de

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

derivados para petroquímicos sigue impulsando parte del crecimiento, otras áreas vinculadas al transporte ya muestran signos de estancamiento o declive. (IEA, 2025).

Estas señales muestran que no todos los países comparten la misma dinámica: algunas economías podrían haber tenido una curva de demanda estable o creciente, otras podrían estar en declive o tener crecimientos moderados y algunas podrían haber tenido perturbaciones fuertes debidas a factores externos como la pandemia, fluctuaciones en precios o políticas ambientales.

En Costa Rica, esta situación se vuelve aún más crítica debido a la ausencia de herramientas cuantitativas y metodológicas que permitan clasificar de forma homogénea a los países según su comportamiento en la demanda de petróleo. La falta de instrumentos cuantitativos genera varios problemas prácticos, a saber:

1. Planeación estratégica insuficiente: Al no conocer a cuál grupo de países pertenece Costa Rica en términos de demanda de petróleo, es difícil prever la evolución de su consumo y su relación con tendencias globales.
2. Diseño de políticas públicas poco focalizadas: Sin identificar patrones de comportamiento, las estrategias de mitigación de la dependencia del petróleo pueden carecer de efectividad o no responder a la realidad del país.
3. Desventaja en negociaciones internacionales: El desconocimiento de los clústeres globales limita la posición de Costa Rica en foros y acuerdos internacionales sobre energía y cambio climático.
4. Falta de información para el sector privado: Empresas de transporte, distribución y generación energética carecen de insumos para planificar inversiones de largo plazo en un contexto de transición energética.

En términos estrictos**,** no existe (al menos públicamente) una única política nacional dedicada exclusivamente a financiar o coordinar investigación aplicada sobre la demanda de petróleo como un programa separado. Lo que sí se encuentra es un conjunto de marcos, planes y entidades públicas cuya finalidad principal es la planificación energética, la regulación o la transición hacia energías limpias y que incorporan producción de datos, análisis y generación de conocimiento —

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

pero no funcionan como un programa de I+D sobre demanda de petróleo centralizado y con recursos dirigidos exclusivamente a ese fin.

Algunas políticas, planes e instituciones que sí se asocian con la investigación y diagnóstico del sector energético son las siguientes:

- **Plan Nacional de Energía (VII Plan Nacional de Energía 2015–2030)**

Es el marco rector de la política energética que establece objetivos, líneas de trabajo y la necesidad de información y planificación del sector; incluye componentes sobre demanda, eficiencia y planificación que justifican generación de análisis técnicos. Es una fuente clave para justificar la pertinencia institucional de estudios sobre demanda. De acuerdo con el citado Plan, el objetivo fundamental consiste en "fomentar las acciones frente al cambio climático global, mediante la participación ciudadana, el cambio tecnológico, procesos de innovación, investigación y conocimiento para garantizar el bienestar, la seguridad humana y la competitividad del país" (MINAE & PNUD, 2015, p. VII).

- **MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía) y sus Estrategias**

MINAE publica estrategias (descarbonización e hidrógeno verde) y coordina políticas energéticas; actúa como actor central que orienta investigación aplicada y estudios técnicos vinculados a la matriz energética y la transición. Aunque su énfasis es amplio (energía + ambiente), sus documentos generan marcos y datos relevantes. Es por esto que, en el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050, presentado por el Gobierno de la República, se establece que "Costa Rica aspira a ser una economía moderna, verde y libre de emisiones, y a fortalecer su liderazgo" (Gobierno de Costa Rica, 2019, p. 3).

- **Programas e Informes Interinstitucionales — Programa Estado de la Nación (PEN)/Consejo Nacional de Rectores (Conare)**

El PEN produce diagnósticos integrados (por ejemplo, sobre uso y gestión de la energía) que sintetizan evidencia y señales de política; sus informes son referencia para justificar vacíos de conocimiento y prioridades de investigación. Al respecto, en el capítulo 4 del Informe del

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Programa Estado de la Nación de 2024, se indica que la matriz energética nacional mantiene alta dependencia de los combustibles fósiles, lo cual se expresa en que en el 2023 el 69,4 % de la energía consumida en el país se obtuvo de fuentes no renovables como el diésel y las gasolinas, situación que refleja un patrón insostenible e incrementa la vulnerabilidad ambiental y frente al cambio climático Consejo Nacional de Rectores & Programa Estado de la Nación, 2024, p. 186).

- **Reguladores y Agentes Productores de Datos: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (Aresep), Refinadora Costarricense de Petróleo (Recope) y Portales de Datos Abiertos**

La Aresep (regulación de tarifas/servicios) y Recope (gestión de suministro y compras de combustibles) generan información operativa y series (por ejemplo, compras/importaciones, propuestas de tarifas) que son insumos empíricos directos para estudios de demanda. Aresep dispone de conjuntos de datos abiertos relacionados con compras de combustible. Estas instituciones no financian necesariamente investigación académica, pero sí proveen datos públicos útiles.

En adición a lo anterior, ambas instituciones poseen portales relativamente robustos sobre acceso a datos abiertos. Aresep posee una plataforma bastante variada para acceder a datos abiertos de índole tarifarios, clasificado por secciones: autobuses, combustibles, agua, electricidad, gas y taxis. A su vez, Recope posee una plataforma donde es posible acceder a datos tales como importaciones de combustibles, precios históricos y presupuestos de la institución.

Aunque hay planes y documentos (Plan Nacional de Energía, estrategias de MINAE, informes del PEN), no existe un programa público único y visible que controle centralmente la investigación aplicada y clasificatoria sobre demanda de petróleo, especialmente sobre temáticas de comparativa internacional. Las instituciones reguladoras y operadoras (Aresep, Recope) producen datos oficiales que permiten implementar análisis cuantitativos y reproducibles.

Ahora bien, no hay una ausencia absoluta de instrumentos cuantitativos en Costa Rica, pero sí existe cierta fragmentación de datos y una falta de un marco metodológico estandarizado, nacional y orientado a clasificar países según su comportamiento en la demanda de petróleo.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Por lo anterior, hay datos y capacidades (MINAE, Recope, universidades), pero tienden a estar orientados a balances, políticas y estadísticas sectoriales, no a un marco metodológico estandarizado (protocolos, *pipelines* reproducibles y conjuntos de variables estandarizadas) para clasificar homogéneamente países según comportamiento temporal de demanda. Se concluye, pues, que falta un marco nacional estandarizado y público (*datasets*, metodología y código reproducible) para clasificar países por comportamiento de demanda de petróleo de forma homogénea. Ese vacío es una oportunidad de investigación y contribución institucional.

Ahora bien, en el país se han desarrollado trabajos e investigaciones académicas tendientes a estudiar el mercado energético y la demanda de petróleo. Aunque Costa Rica ha sido objeto de estudios de demanda de combustibles fósiles, no se ha desarrollado, al menos públicamente, una herramienta cuantitativa aplicada para agrupar homogéneamente a países según comportamiento de demanda de petróleo. Esto deja una brecha metodológica relevante en la literatura nacional e internacional.

Por ejemplo, Pérez Molina (2022) aportó un acercamiento hacia una comprensión de los determinantes de la demanda por combustibles en el país de 1965 a 2019, por medio del cual se analizó la relación entre ingreso, precios y flota vehicular con la demanda de combustibles. Adicionalmente, el Banco Central de Costa Rica (BCCR), por medio de su Departamento de Investigaciones Económicas, desarrolló una validación del modelo de impacto de los precios del petróleo en el país, en el cual se modeló el impacto macroeconómico de los precios del petróleo importado en variables nacionales como inflación, balanza comercial y crecimiento.

De conformidad con el contexto anterior, Costa Rica no constituye el objeto principal de clasificación dentro del estudio, sino un caso de referencia para la interpretación y utilidad aplicada de los resultados obtenidos. La inclusión del contexto costarricense responde al interés de evaluar cómo un país con alta dependencia de combustibles fósiles importados, pero con metas avanzadas de descarbonización, puede utilizar herramientas de análisis multivariado para realizar benchmarking internacional y comparar su comportamiento energético con economías que presentan patrones similares de demanda. De esta forma, la investigación busca aportar un marco metodológico replicable que facilite la formulación de políticas públicas energéticas y el

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

análisis estratégico de transición energética en Costa Rica y otros países con características comparables.

De acuerdo con el escenario anterior, el hecho de no conocer, o por lo menos no tener claridad, sobre la forma específica en que se comporta actualmente la demanda de petróleo podría impactar directa o indirectamente en la calidad y eficiencia de las políticas nacionales energéticas de países y organizaciones a nivel local o internacional. Por lo tanto, el problema de investigación se centra en tres pilares:

1. ¿Cómo agrupar a 58 países de forma que los grupos (clústeres) resultantes reflejen trayectorias similares en su demanda de petróleo entre 2019-2023?

2. ¿Cuáles patrones emergen dentro de esos grupos en cuanto al crecimiento, desaceleración o caída del consumo y cómo estos patrones se relacionan con variables contextuales (por ejemplo, nivel de ingreso, grado de industrialización, políticas climáticas, dependencia del transporte, etc.)?

3. ¿Qué tan efectivos o robustos son esos agrupamientos, en términos de cohesión interna (inercia intra clase) y separación entre grupos (inercia inter clase)?

El criterio que se tomó en consideración para seleccionar los citados 58 países fue que estos fueron incluidos en el Informe Estadístico Anual 2024 de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), edición No 59, específicamente en el apartado de desglose de datos de petróleo, según la demanda de dicho producto entre 2019 y 2023. Precisamente, los datos-insumo de la presente investigación se obtuvieron de la tabla 4.7 de dicho informe.

El objetivo general consistió en categorizar a 58 países en grupos homogéneos según la evolución de su demanda de petróleo entre 2019 y 2023, mediante la aplicación del modelo de Clúster Jerárquico, con el fin de identificar patrones de consumo y tendencias a nivel global. De forma complementaria, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Aplicar el método de Clúster Jerárquico para agrupar a los países en función de su

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

comportamiento en el consumo de petróleo a través de un dendrograma.

2. Interpretar los grupos obtenidos mediante visualizaciones, identificando tendencias y patrones relevantes en la evolución de la demanda de petróleo de cada clúster durante el periodo 2019-2023.

3. Analizar la inercia intra e inter clase para evaluar la cohesión interna de los grupos y la separación entre clústeres, determinando la efectividad del modelo de clasificación aplicado a la demanda de petróleo durante el período 2019-2023.

Finalmente, comprender la estructura de estos clústeres tiene un valor estratégico a nivel geopolítico. La Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y otros actores clave del mercado global necesitan anticipar cambios en la demanda para ajustar sus estrategias de producción y precios. De igual forma, los países importadores deben conocer cuáles regiones dependen más del petróleo para planificar la seguridad de su suministro. Sin esta visión estructurada, existe el riesgo de sobrestimar o subestimar la demanda futura, lo cual puede conducir a políticas erráticas y a ineficiencias en la asignación de recursos.

En síntesis, la identificación de agrupamientos en la evolución de la demanda de petróleo entre países no es un ejercicio meramente académico, sino una necesidad imperiosa en un contexto de transición energética, volatilidad de mercados y urgencia ambiental. El modelo de Clúster Jerárquico ofrece un marco analítico sólido para revelar patrones y tendencias que, de otra forma, permanecerían ocultos, contribuyendo así a una mejor comprensión de la dinámica global y a la formulación de estrategias más efectivas y sostenibles.

Para efectos de la presente investigación, se utilizará el concepto de petróleo como un término general y amplio que hace referencia al petróleo refinado como tal y a sus derivados refinados.

Definiciones Operacionales

Con el propósito de evitar ambigüedades conceptuales y garantizar precisión técnica en el desarrollo de la investigación, se establecen las siguientes definiciones operacionales:

INNOVACIÓN UNIVERSITARIA
ISSN: 2953-7606
Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Demanda de Líquidos del Petróleo y Productos Refinados

En el presente estudio, el término "demanda de petróleo" se utilizará en sentido amplio para referirse al consumo de líquidos del petróleo y productos refinados derivados del crudo, según la clasificación empleada en el Informe Estadístico Anual 2024 de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Esta categoría incluye combustibles refinados y derivados utilizados en transporte, industria, generación energética y actividades comerciales.

Clúster Jerárquico

El Clúster Jerárquico es una técnica de análisis multivariado no supervisado utilizada para agrupar observaciones con características similares. En esta investigación, el método se emplea para clasificar países según la evolución temporal de su demanda de líquidos del petróleo y productos refinados durante el período 2019–2023.

Distancia Euclidiana

La distancia euclidiana corresponde a una medida de similitud utilizada para cuantificar la proximidad entre países a partir de sus niveles de demanda energética. Cuanto menor es la distancia entre dos observaciones, mayor es la similitud en su comportamiento temporal.

Método de Ward

El método de Ward es un criterio de agrupamiento jerárquico que busca minimizar la varianza interna de cada clúster y maximizar la separación entre grupos, favoreciendo la formación de conglomerados homogéneos y estadísticamente diferenciados.

Inercia Intraclase

La inercia intraclase representa el nivel de dispersión existente dentro de cada clúster. Valores bajos indican alta cohesión interna entre los países pertenecientes a un mismo grupo.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Inercia Inter clase

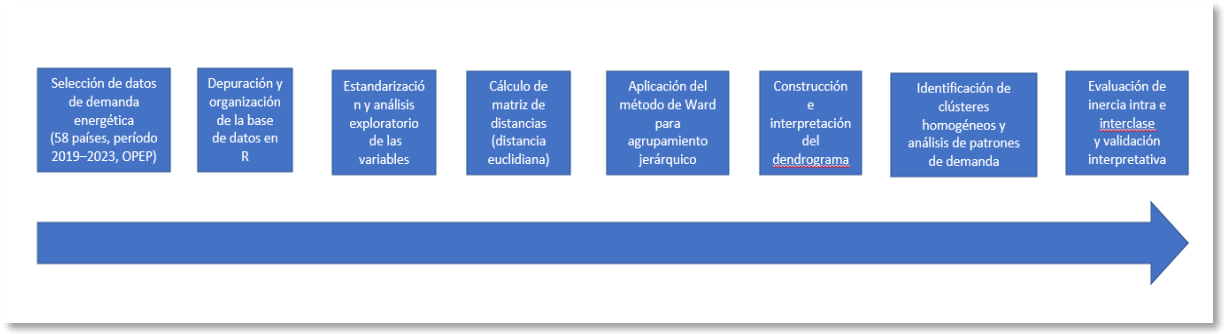
La inercia inter clase mide el grado de separación entre los clústeres obtenidos. Valores elevados indican que los grupos presentan diferencias sustanciales entre sí.

Diagrama del Proceso de *Clustering*

El siguiente diagrama muestra el proceso de *clustering* por utilizar en la presente investigación:

Figura 1

OPEP. Diagrama del proceso de clustering



Finalmente, la investigación adopta un enfoque reproducible en ciencia de datos, mediante el uso del lenguaje de programación R y procedimientos estadísticos replicables, favoreciendo la transparencia metodológica y la reutilización del modelo analítico en estudios energéticos comparativos.

MÉTODOS

Muestra de la Investigación y Proceso de Selección

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el cual se fundamentó en la recolección, procesamiento y análisis de datos numéricos para identificar patrones, relaciones y variaciones medibles entre los fenómenos estudiados. En este caso, la demanda de petróleo de 58 países entre 2019 y 2023 se analiza mediante técnicas estadísticas multivariadas con el fin de establecer similitudes y diferencias entre sus niveles de consumo.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Desde la perspectiva del enfoque cuantitativo, los métodos de clasificación como el Clúster Jerárquico permiten estructurar los datos de forma objetiva, sistemática y replicable, favoreciendo la identificación de grupos homogéneos a partir de criterios matemáticos. Tal como señalan Hernández-Sampieri et al. (2021), el enfoque cuantitativo se sustenta en el uso de mediciones precisas y procedimientos estandarizados para explicar un fenómeno a partir del análisis estadístico, lo cual coincide plenamente con la naturaleza de esta investigación.

El estudio, además, utilizó un alcance exploratorio, ya que pretende examinar y caracterizar un fenómeno poco documentado en términos comparativos: la agrupación de países según la evolución de su demanda de petróleo en un periodo reciente marcado por variaciones económicas y energéticas significativas. En investigaciones exploratorias, el objetivo principal es profundizar en la comprensión inicial del comportamiento de un conjunto de variables, sin partir necesariamente de hipótesis previas, sino permitiendo que los patrones emergentes orienten el análisis posterior. De acuerdo con Hernández-Sampieri et al. (2014), este tipo de estudios resulta especialmente pertinente cuando se busca identificar tendencias iniciales, relaciones potenciales y estructuras subyacentes en los datos, tal como ocurre con la conformación de clústeres a partir de series de tiempo energéticas.

La utilización del modelo de Clúster Jerárquico se ajusta adecuadamente a este enfoque, ya que permite descubrir la organización natural de los países según su comportamiento de consumo, sin imponer una estructura predefinida. Mediante la interpretación del dendrograma, el análisis de patrones de evolución y la evaluación de la inercia intra e inter grupos, la investigación se orienta hacia la generación de conocimiento descriptivo y explicativo preliminar, característico de los estudios exploratorios. Este proceso no solo facilita la identificación de tendencias globales y regionales, sino que también puede servir como base para investigaciones posteriores con alcances correlacionales o explicativos.

Para efectos de la presente investigación, se tomó en cuenta como muestra, del total de todos los países del mundo, 58 naciones contenidas en la tabla 4.7 de la página 41 de la edición 59 del Boletín Estadístico Anual de la OPEC de 2024 (en inglés, Annual Statistical Bulletin 2024, 59th edition). Este informe es de carácter anual, y es emitido por la Organización de Países

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Exportadores de Petróleo (OPEP), por sus siglas en español. La lista de los países seleccionados e incluidos en el mencionado informe es la siguiente:

Tabla 1

Métodos. Muestra de países estudiados.

Clasificación de los países de la muestra por bloque geográfico y subregión.

Nº	País	Región / Bloque geográfico	Subregión
1	Canadá	América del Norte	Norteamérica
2	Chile	América Latina	Cono Sur
3	México	América Latina	Norteamérica
4	Estados Unidos	América del Norte	Norteamérica
5	Bélgica	Europa	Europa Occidental
6	Francia	Europa	Europa Occidental
7	Alemania	Europa	Europa Occidental
8	Italia	Europa	Europa del Sur
9	Países Bajos	Europa	Europa Occidental
10	Polonia	Europa	Europa Central
11	España	Europa	Europa del Sur
12	Turquía	Europa–Asia	Eurasia
13	Reino Unido	Europa	Europa Occidental
14	Australia	Oceanía	Oceanía

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Nº	País	Región / Bloque geográfico	Subregión
15	Japón	Asia	Asia Oriental
16	Nueva Zelanda	Oceanía	Oceanía
17	Corea del Sur	Asia	Asia Oriental
18	China	Asia	Asia Oriental
19	India	Asia	Asia Meridional
20	Indonesia	Asia	Sudeste Asiático
21	Malasia	Asia	Sudeste Asiático
22	Pakistán	Asia	Asia Meridional
23	Filipinas	Asia	Sudeste Asiático
24	Singapur	Asia	Sudeste Asiático
25	Tailandia	Asia	Sudeste Asiático
26	Vietnam	Asia	Sudeste Asiático
27	Argentina	América Latina	Cono Sur
28	Brasil	América Latina	América del Sur
29	Colombia	América Latina	Región Andina
30	Ecuador	América Latina	Región Andina
31	Venezuela	América Latina	Región Andina
32	Irán	Medio Oriente	Asia Occidental
33	Iraq	Medio Oriente	Asia Occidental
34	Kuwait	Medio Oriente	Golfo Pérsico
35	Qatar	Medio Oriente	Golfo Pérsico

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Nº	País	Región / Bloque geográfico	Subregión
36	Arabia Saudita	Medio Oriente	Golfo Pérsico
37	Siria	Medio Oriente	Asia Occidental
38	Emiratos Árabes Unidos	Medio Oriente	Golfo Pérsico
39	Argelia	África	Norte de África
40	Angola	África	África Subsahariana
41	Congo	África	África Central
42	Egipto	África	Norte de África
43	Guinea Ecuatorial	África	África Central
44	Gabón	África	África Central
45	Libia	África	Norte de África
46	Nigeria	África	África Occidental
47	Sudáfrica	África	África Austral
48	Túnez	África	Norte de África
49	Rusia	Europa–Asia	Europa Oriental / Asia
50	Azerbaiyán	Europa–Asia	Cáucaso
51	Bielorrusia	Europa	Europa Oriental
52	Kazajistán	Asia Central	Asia Central
53	Turkmenistán	Asia Central	Asia Central
54	Ucrania	Europa	Europa Oriental

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Nº	País	Región / Bloque geográfico	Subregión
55	Bulgaria	Europa	Europa Oriental
56	Croacia	Europa	Europa del Sur
57	Rumania	Europa	Europa Oriental
58	Serbia	Europa	Europa Sudoriental

Nota. Elaboración propia (2026) a partir de los criterios de segmentación geográfica del estudio.

La selección de los 58 países incluidos en la investigación responde a criterios de disponibilidad, consistencia y representatividad estadística de la información reportada en la edición 59 del Boletín Estadístico Anual de la OPEC de 2024 (en inglés, OPEC Annual Statistical Bulletin 2024, 59th edition). En conjunto, estas economías concentran la mayor proporción de la demanda mundial de líquidos del petróleo y productos refinados durante el período analizado, incorporando tanto economías industrializadas como mercados emergentes, exportadores e importadores netos de hidrocarburos. Por consiguiente, la muestra seleccionada permite capturar una representación amplia de las dinámicas macro energéticas globales, favoreciendo la identificación de patrones estructurales de consumo mediante técnicas de agrupamiento jerárquico[1].

Variables de la Investigación

La presente investigación fue exploratoria y de tipología cuantitativa; no hay trabajos académicos previos en el tema que se estudia e incluye variables de tipo numéricas que fueron analizadas. La siguiente tabla detalla las variables:

[1] **Nota:** Los 58 países incluidos en la muestra representan la mayor proporción del consumo mundial de líquidos del petróleo y productos refinados reportado por la OPEP para el período 2019–2023, lo que garantiza una adecuada representatividad de las tendencias energéticas globales analizadas.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Tabla 2

Marco metodológico. Variables de investigación.

Variable	Tipo de variable	Enfoque metodológico	Descripción
Distancia entre países según su demanda de líquidos de petróleo y productos refinados (2019–2023)	Cuantitativa	Cuantitativo	Representa el grado de similitud o diferencia entre países considerando la evolución temporal de su demanda de petróleo. Se calcula mediante medidas de distancia tales como la euclidiana, Manhattan o correlacional.
Representación gráfica de los países según sus tendencias y patrones de demanda de líquidos de petróleo y productos refinados	Cuantitativa	Cuantitativo	Corresponde a la representación visual de las relaciones de similitud entre países mediante un dendrograma, permitiendo identificar agrupamientos y patrones de consumo.
Inercia intra clúster e inter clúster del modelo jerárquico	Cuantitativa	Cuantitativo	La inercia intra clúster mide la variabilidad dentro de cada grupo e indica su nivel de homogeneidad. La inercia inter clúster mide la variabilidad entre grupos y refleja el grado de separación existente entre los conglomerados identificados.

Datos por Recolectar

La siguiente tabla detalla la información por recolectar, en estrecha relación con las correspondientes fuentes de datos y el correspondiente método de recolección:

Tabla 3

Marco metodológico. Información por recolectar.

Variable	Datos por recolectar	Fuente de información	Método de recolección de datos
Distancia entre países según su demanda de líquidos de petróleo y productos refinados (2019–2023)	Demanda anual de petróleo expresada en miles de barriles diarios equivalentes para el período 2019–2023.	Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Base de datos estadística disponible en el sitio web oficial.	Revisión documental y búsqueda bibliográfica digital en fuentes estadísticas internacionales.

INNOVACIÓN UNIVERSITARIA
ISSN: 2953-7606
Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Variable	Datos por recolectar	Fuente de información	Método de recolección de datos
Representación gráfica de los países según sus tendencias y patrones de demanda de líquidos de petróleo y productos refinados	Demanda anual de petróleo expresada en miles de barriles diarios equivalentes para el período 2019–2023.	Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Base de datos estadística disponible en el sitio web oficial.	Revisión documental y búsqueda bibliográfica digital en fuentes estadísticas internacionales.
Inercia intra clúster e inter clúster del modelo jerárquico	Demanda anual de petróleo expresada en miles de barriles diarios equivalentes para el período 2019–2023.	Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Base de datos estadística disponible en el sitio web oficial.	Revisión documental y búsqueda bibliográfica digital en fuentes estadísticas internacionales.

Procesamiento de la Información

Una vez obtenida la información de las variables mencionadas, se llevará a cabo el siguiente procedimiento para el procesamiento de esta:

1. Recolección de datos.
2. Construcción de la base de datos de las demandas anuales de petróleo de los países seleccionados, en miles de barriles diarios equivalentes.
3. Desarrollo del Método de Clúster Jerárquico (CJ). Para esta tarea se utilizará el paquete de código abierto para el lenguaje de programación R denominado DiscoveR (Exploratory Data Analysis System), desarrollado por el Dr. Oldemar Rodríguez Rojas, fundador y CEO del Programa Iberoamericano de Minería de Datos (PROMiDAT).

Datos Recolectados

La siguiente tabla, de conformidad con la tabla 4.7 de la página 41 del Informe denominado como 2024, OPEC Annual Statistical Bulletin, 59th edition, por sus siglas en inglés, muestra la demanda anual de petróleo de los 58 países incluidos en la muestra de investigación:

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Tabla 4

OPEP. Demanda anual de petróleo de 58 países (miles de barriles diarios equivalentes) 2019 al 2023.

País	2019	2020	2021	2022	2023
Canadá	2558	2201	2283	2410	2454
Chile	362	331	361	406	405
México	1966	1626	1631	1747	1737
Estados Unidos de América	20403	18049	19753	20160	20362
Bélgica	644	562	624	605	585
Francia	1691	1425	1538	1548	1554
Alemania	2355	2148	2134	2175	2052
Italia	1255	1033	1160	1261	1246
Holanda	901	859	853	843	871
Polonia	698	660	698	724	722
España	1328	1088	1192	1289	1269
Turquía	987	921	974	1013	1077
Reino Unido	1578	1222	1256	1376	1396
Australia	1151	990	1013	1064	1123
Japón	3733	3335	3394	3336	3289
Nueva Zelanda	181	150	147	151	154
Corea del Sur	2596	2448	2555	2527	2452
China	14002	14269	15471	15047	16360
India	4994	4510	4772	5137	5342
Indonesia	1856	1622	1786	1922	1997
Malasia	786	680	772	799	813
Pakistán	470	425	469	491	482
Filipinas	449	378	454	489	529
Singapur	1410	1339	1376	1411	1443
Tailandia	1456	1330	1347	1458	1483
Vietnam	454	407	431	499	523
Argentina	709	597	683	724	734
Brasil	3236	3071	3207	3245	3346
Colombia	348	292	341	368	384
Ecuador	271	225	235	247	259

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

País	2019	2020	2021	2022	2023
Venezuela	367	188	232	272	336
Irán	1838	1692	1777	1793	1840
Iraq	716	550	621	828	934
Kuwait	460	461	462	469	457
Qatar	342	292	321	344	370
Arabia Saudita	3139	2927	2966	3172	3275
Siria	127	123	124	127	123
Emiratos Árabes Unidos	899	828	916	958	1022
Argelia	430	383	418	431	472
Angola	175	146	144	152	172
Congo	9	7	7	8	8
Egipto	834	760	786	862	851
Guinea Ecuatorial	5	5	5	5	5
Gabón	48	42	45	45	46
Libia	214	183	186	192	200
Nigeria	470	466	495	518	484
Sudáfrica	654	595	622	623	637
Túnez	113	87	84	93	81
Rusia	3568	3387	3615	3752	3841
Azerbaiyán	123	106	107	109	114
Bielorrusia	141	127	188	180	180
Kazajistán	293	285	292	296	299
Turkmenistán	161	150	188	192	198
Ucrania	286	231	250	184	188
Bulgaria	124	118	128	133	131
Croacia	113	106	117	119	120
Rumania	202	188	202	210	215
Serbia	104	93	101	101	105

Nota. Fuente: Portal OPEP. Informe Estadístico Anual 2024.

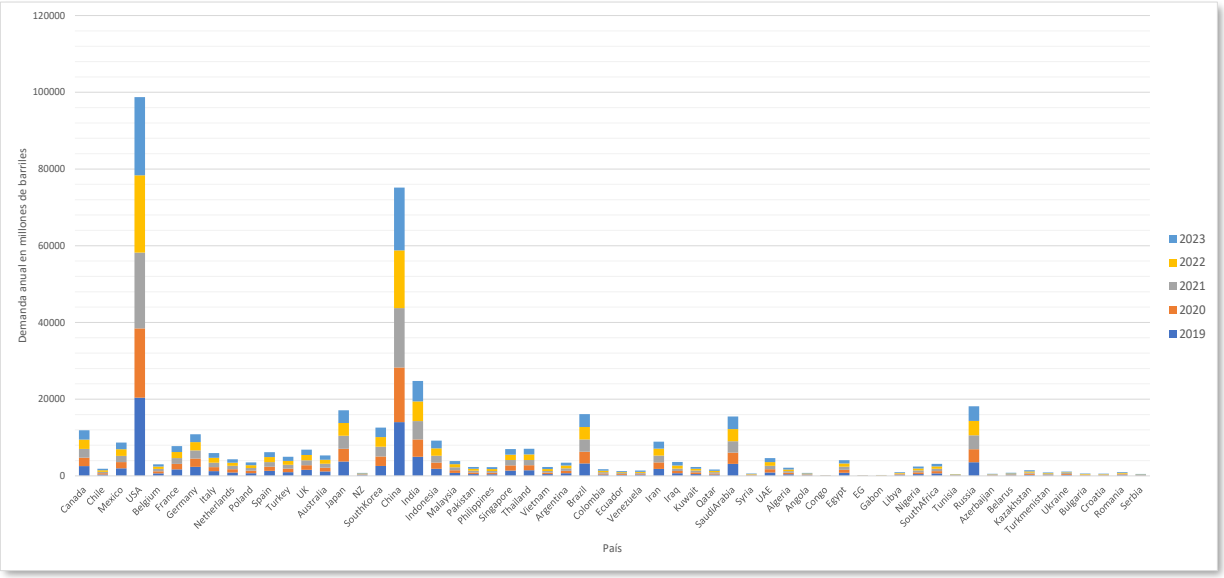
Unidad: cantidad mostrada en miles de barriles diarios equivalentes.

De acuerdo con la Tabla 4, el siguiente gráfico visualiza la demanda de petróleo por país del 2019 al 2023:

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Figura 2

OPEP. Demanda anual de petróleo de 58 países (miles de barriles diarios) 2019 al 2023.



Nota. Fuente: Portal OPEP. Informe Estadístico Anual 2024. Unidad: cantidad mostrada en miles de barriles diarios.

El gráfico 1 muestra el comportamiento agregado de la demanda energética durante el período analizado. Se observa una contracción significativa en 2020 asociada a la pandemia de COVID-19, seguida de una recuperación progresiva entre 2021 y 2023, aunque con diferencias estructurales entre economías y regiones. Además, se visualiza a Estados Unidos y China como las dos grandes economías que demanda la mayor cantidad de petróleo en el mundo.

RESULTADOS

De acuerdo con el apartado anterior referente al procesamiento de la Información, el procedimiento por seguir respecto al tratamiento de los datos recolectados será el siguiente:

1. Recolección de datos.
2. Construcción de la base de datos de las demandas anuales de petróleo de los países seleccionados, en miles de barriles diarios equivalentes.
3. Desarrollo del Método de Clúster Jerárquico (CJ). Para esta tarea se utilizará el paquete en el lenguaje de programación R denominado como DiscoveR (Exploratory Data Analysis System).

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Construcción de la Base de Datos de las Demandas Anuales de Petróleo de los Países Seleccionados en Miles de Barriles Diarios Equivalentes

La tabla 4 muestra los datos de demanda anual de petróleo de los 58 países de la muestra de investigación.

Desarrollo del Método de Clúster Jerárquico (CJ)

Parámetros generales

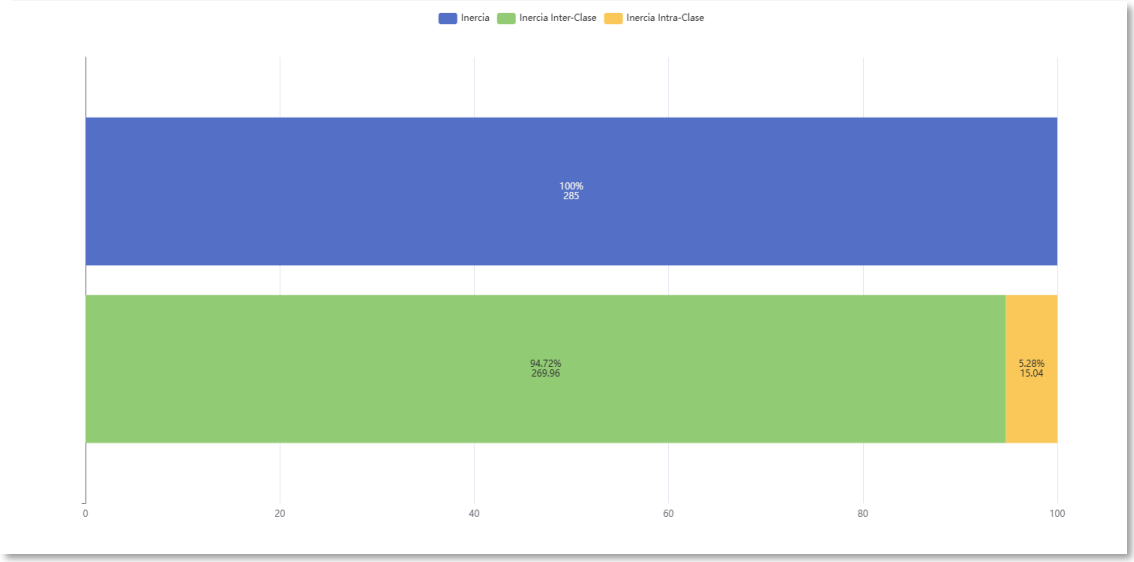
1. Método para la distancia: Euclidean.
2. Método secundario: Ward.
3. Cantidad de clústeres: 3.

La Inercia

La siguiente imagen muestra la inercia inter clase y la inercia intra clase, una vez ejecutado el método de Clúster Jerárquico:

Figura 3

DiscoveR. Clúster Jerárquico. Inercias.



Nota. Fuente: DiscoveR. Exploratory Data Analysis System. R package version 3.1.7, <https://CRAN.R-project.org/package=discoveR>, con datos oficiales de la página de OPEP.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La imagen anterior muestra la descomposición de la inercia total del modelo de Clúster Jerárquico aplicado a la demanda de petróleo (2019–2023). Se observa que la inercia total alcanza un valor de 285 (100%), de la cual 269.96 unidades corresponden a la inercia inter clase (94,72%) y únicamente 15,04 unidades a la inercia intra clase (5,28%). Esta distribución indica que la mayor parte de la variabilidad total se explica por las diferencias entre los clústeres y no por la dispersión interna dentro de cada grupo.

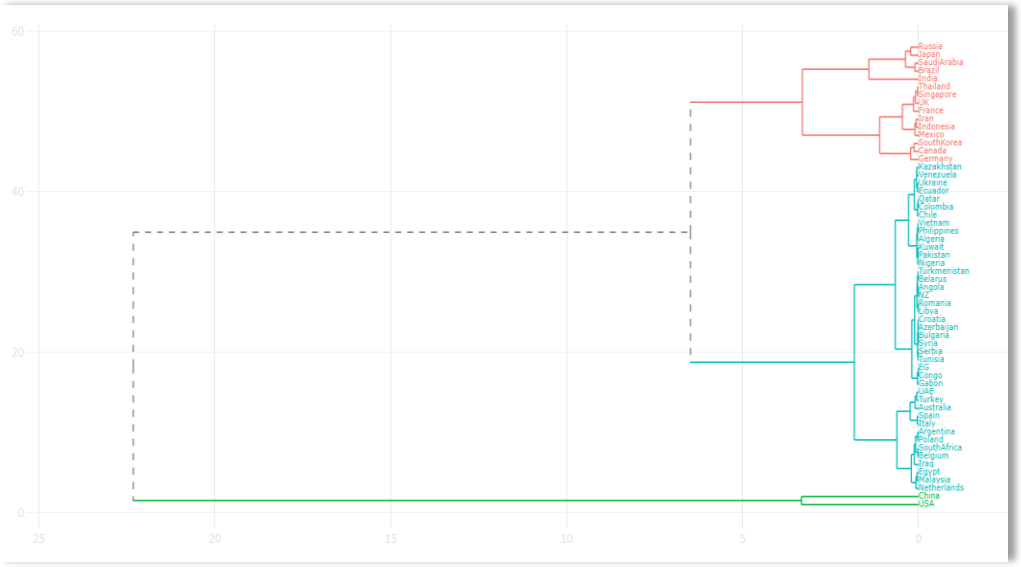
En términos metodológicos, esto sugiere que la partición obtenida presenta una alta separación entre conglomerados y una elevada homogeneidad interna, lo que respalda la efectividad del modelo jerárquico para clasificar a los 58 países según la evolución de su demanda de petróleo. Desde una perspectiva sustantiva, el resultado evidencia que los grupos identificados capturan patrones diferenciados y estructuralmente consistentes en el comportamiento del consumo energético durante el período analizado.

El Dendrograma

La siguiente imagen muestra el Dendograma, una vez ejecutado el método de Clúster Jerárquico:

Figura 4

DiscoveR. Clúster Jerárquico. Dendograma.



Nota. Fuente: DiscoveR. Exploratory Data Analysis System. R package version 3.1.7, <https://CRAN.R-project.org/package=discoveR>, con datos oficiales de la página de OPEP.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

El dendrograma presentado evidencia la estructura jerárquica de similitud entre los 58 países según la evolución de su demanda de petróleo durante el período 2019–2023. Al aplicar un punto de corte alrededor de la distancia indicada por la línea discontinua, se identifican tres grandes conglomerados diferenciados por colores. El clúster superior (en rojo) agrupa economías de mediana a alta demanda y de moderado a alto peso estructural en el consumo global —como India, Rusia y Arabia Saudita— que comparten trayectorias de consumo elevadas y patrones relativamente similares ante la contracción de 2020 y la posterior recuperación. El clúster intermedio (en celeste) reúne países con niveles medios a bajos de consumo y comportamientos más heterogéneos, donde se observan economías emergentes y desarrolladas con dinámicas de recuperación moderada o crecimiento estable. Finalmente, el clúster inferior (en verde) concentra países con mayor volumen relativo de demanda o con variaciones más contenidas en el período analizado, con Estados Unidos y China. La altura de las fusiones refleja la distancia entre grupos, mostrando una clara separación entre los grandes consumidores y el resto de las economías, lo cual respalda la existencia de patrones estructuralmente diferenciados en la evolución del consumo petrolero global.

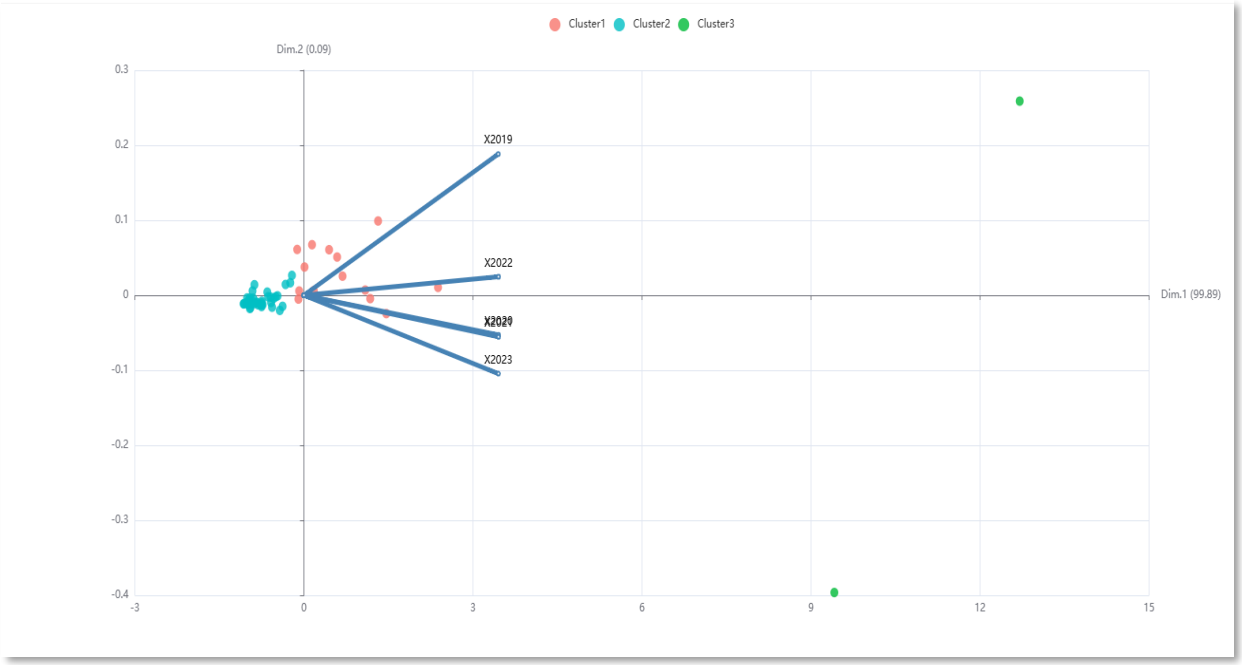
El Mapa 2D

La siguiente imagen muestra el mapa de distribución de los clústeres en dos dimensiones, una vez ejecutado el método de Clúster Jerárquico:

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Figura 5

DiscoveR. Clúster Jerárquico. Mapa de distribución de clústeres.



Nota. Fuente: DiscoveR. Exploratory Data Analysis System. R package version 3.1.7, <https://CRAN.R-project.org/package=discoveR>, con datos oficiales de la página de OPEP.

La figura corresponde al plano factorial (Dim.1 vs. Dim.2) derivado de la representación del Clúster Jerárquico, donde se proyectan los países junto con los vectores de las variables correspondientes a la demanda anual de petróleo (2019–2023). Se observa que la Dimensión 1 explica prácticamente la totalidad de la variabilidad (≈99,9%), lo que indica que el principal eje de diferenciación entre países está asociado al nivel global de consumo durante el período analizado. Los vectores de los años apuntan en una dirección similar y con ángulos pequeños entre sí, lo cual evidencia una alta correlación temporal en la demanda: los países que consumen más en un año tienden a mantener niveles relativamente altos en los demás.

El Clúster 1 (rojo) se ubica en la zona positiva del eje principal, representando economías con mayores niveles de consumo y trayectorias más intensas; el Clúster 2 (celeste) se concentra cerca del origen, reflejando países con demanda moderada y menor variabilidad; mientras que el Clúster 3 (verde) muestra puntos más alejados y dispersos, indicando casos atípicos o con

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

patrones extremos respecto al conjunto (mayores niveles de consumo). En conjunto, la gráfica confirma que la estructura de agrupamiento está fuertemente determinada por la magnitud del consumo y no por cambios drásticos en la tendencia relativa entre años, lo que sugiere estabilidad estructural en los patrones de demanda de petróleo durante 2019–2023.

DISCUSIÓN

El dendrograma obtenido con el método de Ward y distancia euclidiana evidencia una estructura jerárquica clara en la evolución de la demanda de petróleo de los 58 países (2019–2023). La solución óptima de tres clústeres se justifica por:

- Alturas de fusión significativamente mayores en los niveles superiores.
- Ramas internas compactas y bien definidas.
- Coherencia con los valores de inercia (94.72% inter / 5.28% intra).

El dendrograma revela una separación jerárquica progresiva en la que los países se agrupan inicialmente en pares o pequeños subgrupos con patrones muy similares de consumo, para luego fusionarse en ramas mayores conforme disminuye el nivel de similitud. El punto de corte horizontal se sitúa en un nivel en el que se relaciona con los siguientes elementos:

- Las distancias de fusión entre grupos son notablemente mayores en comparación con fusiones previas.
- El hecho de presentar más clústeres no añade información relevante (sobre diferenciación).
- Presentar menos clústeres implica una pérdida notable de estructura y aumenta la heterogeneidad dentro de los grupos.

Las fusiones tempranas dentro de cada grupo indican alta similitud interna, mientras que las fusiones tardías entre grupos confirman diferencias estructurales importantes en los patrones de consumo. El hallazgo clave en esta sección se sitúa en el hecho de que existen tres conglomerados naturales claramente diferenciados según nivel y comportamiento de la demanda. La implicación para los mercados internacionales radica en que la estructura del consumo mundial de petróleo

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

no es homogénea, responde a tipologías energéticas diferenciadas que pueden analizarse como bloques estratégicos para estudios de mercado, planificación energética o análisis geoeconómico.

Ahora bien, las visualizaciones (dendrograma, perfiles promedio y gráfico de inercias) permiten caracterizar tres patrones globales, a saber:

1. **Clúster 1 (demanda alta y estable/creciente):** Países con consumo estructuralmente elevado, recuperación rápida post-2020 y baja volatilidad. Representan economías de gran escala industrial y fuerte dependencia energética y alta influencia en la demanda mundial. En este clúster se sitúan Estados Unidos y China. Las características principales del clúster son las siguientes:

    - Nivel alto o muy alto de consumo en todo el periodo.
    - Patrón estable o ligeramente creciente entre 2019 y 2023.
    - Baja volatilidad anual.
    - Representa economías con gran actividad industrial, transporte intensivo, y fuerte dependencia energética.

2. **Clúster 2 (demanda media y fluctuante):** economías intermedias con mayor sensibilidad a choques externos y patrones menos estables. Es un grupo más dinámico y potencialmente más sensible a políticas energéticas La composición del clúster incluye países como Rusia, Arabia Saudita, Corea del Sur, Brasil y México. Las características principales son las siguientes:
    - Consumo intermedio (no tan alto como el Clúster 1, no bajo como el 3).
    - Variaciones moderadas o fluctuaciones cíclicas entre años.
    - Un comportamiento menos estable, con oscilaciones en 2020–2022.
    - Se observa recuperación, pero no necesariamente sostenida.

3. **Clúster 3 (demanda baja y estable/decreciente):** Países con consumo reducido, variaciones mínimas y menor exposición a ciclos globales. Evidencian un impacto limitado

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

en la demanda global agregada. La composición del clúster incluye países como Rumania, Algeria, Bulgaria y Argentina. Las características principales son las siguientes:

- Niveles bajos de demanda de petróleo durante todo el periodo.
- Patrones estables, ligeramente descendentes o con variaciones mínimas.
- Evolución lineal con pocos cambios interanuales.
- Poca sensibilidad a choques globales.

En síntesis, la interpretación de los tres clústeres revela patrones claramente diferenciados en la evolución de la demanda de petróleo entre 2019 y 2023. Las visualizaciones confirman la existencia de un primer grupo conformado por países con demanda alta y estable, un segundo grupo caracterizado por niveles intermedios y mayor fluctuación, y un tercer grupo formado por países con baja demanda y tendencias estables o decrecientes. Estos patrones reflejan diferencias estructurales en el tamaño de las economías, la industrialización, los patrones de movilidad, y el grado de transición energética. En conjunto, el análisis visual permite identificar tres tipologías globales de consumo de petróleo y cumple satisfactoriamente con el objetivo específico de interpretar los clústeres obtenidos.

Ahora bien, los indicadores de inercia confirman la robustez de la clasificación:

- Inercia inter clase: 94,72%: Alta separación entre grupos.
- Inercia intra clase: 5,28%: Alta cohesión interna.
- Número de clústeres: 3: Explica casi la totalidad de la variabilidad.

Estos valores indican que la mayor parte de la variabilidad en la demanda de petróleo se explica por diferencias entre los tres grupos y no por dispersión interna. En este punto el hallazgo clave más relevante se sitúa en el hecho de que el modelo jerárquico presenta excelente capacidad de discriminación y cohesión. Lo anterior implica que la segmentación obtenida no es un artefacto estadístico, sino una representación estructural consistente del comportamiento energético global en el período analizado. Esto proporciona una base empírica sólida para análisis comparativos, formulación de políticas energéticas diferenciadas y proyecciones de demanda.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

La inercia inter clase representa la proporción de variabilidad total que se explica por la separación entre los clústeres**.** Un valor tan elevado (94,72%) implica lo siguiente:

- Los tres clústeres formados están claramente diferenciados entre sí.
- Existe una alta heterogeneidad global en los patrones de consumo de petróleo de los 58 países y esta heterogeneidad se logra capturar eficazmente mediante la estructura jerárquica.
- El método de Ward + distancia euclidiana generó una partición que maximiza la distancia entre grupos**,** lo cual es consistente con los objetivos del método.

La inercia intraclase mide la variabilidad dentro de cada grupo, es decir, cuánto se parecen entre sí los países que pertenecen al mismo clúster. El valor obtenido (5,28%) es extremadamente bajo, lo que implica lo siguiente:

- Los países dentro de cada grupo son muy homogéneos en su evolución del consumo de petróleo.
- Cada clúster presenta cohesión interna elevada**,** es decir**,** los perfiles de consumo dentro de cada grupo comparten características muy similares.
- El número de tres clústeres fue apropiado, ya que agregar más grupos probablemente produciría clústeres redundantes o simplemente subdividiría estructuras ya homogéneas.

Los resultados sugieren que el modelo jerárquico aplicado es muy efectivo para este conjunto de datos. La siguiente tabla muestra los tres criterios principales de evaluación del modelo, en relación con los resultados de las inercias:

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

Tabla 5

Clúster Jerárquico. Evaluación general del modelo.

Indicador	Valor	Interpretación
Inercia inter clase	94,72 %	Indica una elevada separación entre los conglomerados identificados, evidenciando diferencias significativas entre los grupos de países.
Inercia intra clase	5,28 %	Refleja una alta homogeneidad dentro de cada conglomerado, lo que sugiere una adecuada cohesión entre los países pertenecientes a un mismo grupo.
Número de clústeres	3	Solución óptima que permite explicar la mayor parte de la variabilidad presente en los datos analizados.

Nota. Fuente: DiscoveR. Exploratory Data Analysis System. R package version 3.1.7, <https://CRAN.R-project.org/package=discoveR>, con datos oficiales de la página de OPEP.

En síntesis, los valores de inercia inter e intraclase indican que el modelo de Clúster Jerárquico aplicado presenta una excelente capacidad de clasificación. La inercia inter clase del 94,72% evidencia que la mayor parte de la variabilidad en la demanda de petróleo entre 2019 y 2023 se explica por las diferencias entre los clústeres, lo que confirma la existencia de patrones claramente diferenciados de consumo energético entre los países. Asimismo, la inercia intraclase del 5,28% muestra que los países dentro de cada grupo presentan comportamientos homogéneos, lo que valida la cohesión interna de los clústeres identificados y respalda la pertinencia de la solución de tres grupos.

Hallazgos y Recomendaciones

Los principales hallazgos de la investigación son los siguientes:

Existencia de Patrones de Consumo Diferenciados Entre los Países

El modelo de Clúster Jerárquico identificó agrupamientos claramente diferenciados, lo que confirma que los países no evolucionan de manera homogénea en términos de demanda de petróleo. Los clústeres definidos reflejan:

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

- Economías altamente consumidoras y estables: países donde el nivel de demanda es elevado y muestra poca variación interanual.
- Economías de consumo medio y fluctuante: consumo moderado, con incrementos o reducciones vinculados a factores coyunturales (recuperación económica, pandemia, políticas energéticas).
- Economías de consumo bajo: países con niveles mínimos de demanda, con cambios poco significativos en el tiempo.

Esta diferenciación confirma que la estructura del mercado petrolero global continúa fuertemente segmentada.

Inercias

Los valores de inercia obtenidos, 94,72% de inercia inter clase y 5,28% de inercia intra clase, indican que la mayor parte de la variabilidad total en la demanda de petróleo puede explicarse por las diferencias entre los clústeres, mientras que la variabilidad dentro de cada grupo es mínima. Esto confirma que el modelo produjo una clasificación altamente efectiva, con clústeres bien separados y homogéneos, coherente con la estructura observada en el dendrograma.

Patrones de Consumo

El análisis de los perfiles de consumo extraídos de la base de datos evidencia que la distribución global presenta una fuerte asimetría: países como Estados Unidos (20 403 miles de barriles diarios en 2019), China, India, Japón y Rusia concentran una proporción significativa del consumo mundial, mientras que un número considerable de países mantiene niveles de uso bajos o muy bajos, frecuentemente inferiores a 300 millones de barriles diarios. Este contraste está directamente relacionado con la formación de los tres clústeres identificados.

Clúster 1: Países de Demanda Alta y Estable/Creciente.

Este grupo reúne a los países con los niveles de consumo más elevados, y cuya demanda muestra estabilidad o crecimiento moderado entre 2019 y 2023. Estados Unidos constituye el caso más representativo, con un descenso notable en 2020 (efecto pandemia), pero con recuperación

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

sostenida posterior. Las visualizaciones muestran curvas consistentes, con variaciones relativamente suaves, lo cual refleja economías altamente industrializadas, con grandes sectores de transporte e infraestructura que dependen estructuralmente del petróleo. Este clúster ejerce una influencia determinante sobre la dinámica energética mundial.

Clúster 2: Países con Demanda Media y Fluctuaciones Moderadas.

Los países de demanda intermedia exhiben curvas con oscilaciones más marcadas entre años, especialmente entre 2020 y 2022. Ejemplos típicos incluyen México, Brasil, Bélgica y economías emergentes con niveles industriales diversificados. Este clúster representa economías en transición que experimentan variaciones más sensibles a factores económicos, políticos o logísticos, lo que se refleja en movimientos ascendentes y descendentes a lo largo del periodo analizado. Aunque en promedio muestran recuperación postpandemia, esta no es tan uniforme como la del Clúster 1.

Clúster 3: Países con Demanda Baja y Tendencia Estable o Decreciente.

Este grupo agrupa a países cuyos niveles de consumo son bajos de forma estructural, como Ecuador, Chile y Pakistán, economías caribeñas o africanas, y otros países pequeños o con menor grado de industrialización. Sus curvas presentan muy poca variación interanual y, en algunos casos, incluso ligeras disminuciones después de 2021. Este patrón puede asociarse tanto a economías pequeñas, como a procesos de transición energética temprana o simplemente una baja dependencia del petróleo dentro de su estructura económica.

Conformación Clara de Clústeres

La ejecución del modelo de Clúster Jerárquico generó la conformación de tres clústeres claramente definidos:

1) Clúster 1: Países de muy alta demanda y dinámica estable.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

2) Este grupo lo conforman los países que registran los mayores niveles absolutos de consumo de petróleo (decenas de miles de barriles diarios), entre ellos Estados Unidos y China.

3) Clúster 2: Países de demanda media con fluctuaciones moderadas.

4) El segundo grupo reúne a economías con una demanda intermedia, típicamente entre varios cientos y pocos miles de barriles diarios. Aquí se ubican países como Canadá, México, Brasil, España, Corea del Sur y otros de similar nivel de consumo.

5) Clúster 3: Países de baja demanda y alta variabilidad relativa.

6) El tercer clúster agrupa a países con niveles de consumo bajos (frecuentemente por debajo de 200 o 300 mil barriles diarios). Incluye economías pequeñas, países en desarrollo y naciones con menor industrialización o dependencia del petróleo.

El periodo 2019–2023 Estuvo Marcado por Shocks y Transiciones

Los resultados muestran que la evolución de la demanda de petróleo durante este periodo estuvo influenciada por tres grandes fenómenos:

- Pandemia de COVID-19 (2020–2021): se observa una reducción generalizada, más pronunciada en economías de alto consumo.
- Recuperación económica 2022: incrementos importantes en la mayoría de los clústeres, especialmente los de consumo medio.
- Transición energética y políticas ambientales: las economías industrializadas presentan una tendencia a la estabilización o reducción, mientras que países en desarrollo muestran aumentos paulatinos.

Los clústeres muestran trayectorias temporales coherentes. Este contexto explica parte de las similitudes internas de cada clúster. El análisis de las tendencias internas de cada grupo confirma lo siguiente:

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

- Clúster de alta demanda: mantiene niveles elevados de consumo, con ligeras variaciones atribuibles a restricciones productivas y movilidad durante la pandemia.
- Clúster de demanda media: presenta las mayores fluctuaciones, evidenciando sensibilidad económica y energética.
- Clúster de baja demanda: se mantiene prácticamente constante, lo que refleja limitaciones estructurales y menor peso en el mercado global.

Esta interpretación coincide con el dendrograma y las medidas de distancia obtenidas en el CJ.

La Tipología Generada Puede Apoyar Decisiones en Política Energética

La categorización resultante ofrece valor aplicado de alto valor para diferentes instancias:

- Gobiernos y organismos pueden identificar pares comparables para diseñar o evaluar políticas de transición energética.
- El análisis temporal facilita comprender el impacto de crisis globales en el consumo.
- Las empresas del sector energético pueden detectar patrones de crecimiento o estancamiento en regiones específicas.

Esta utilidad práctica refuerza la pertinencia del método utilizado.

Impacto de la Demanda Mundial de Vehículos Eléctricos en el Mercado del Petróleo

El crecimiento acelerado de la demanda mundial de vehículos eléctricos constituye uno de los factores estructurales que más influirá en la evolución del mercado petrolero en las próximas décadas. Aunque el análisis realizado en esta investigación se centra en la demanda histórica de petróleo entre 2019 y 2023, la incorporación de la tendencia global hacia la electrificación del transporte permite proyectar escenarios donde el consumo de combustibles fósiles muestra señales de desaceleración, especialmente en economías de alto ingreso.

La expansión de los vehículos eléctricos ejerce presión a la baja sobre la demanda de petróleo por varias vías:

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

- Reducción directa en el consumo de gasolina y diésel, debido a que el sector transporte representa más del 55% del uso mundial de petróleo.
- Diversificación de matrices energéticas, donde un mayor uso de fuentes renovables sustituye la combustión fósil en movilidad.
- Políticas ambientales más estrictas, que impulsan incentivos para el uso de vehículos eléctricos y desincentivos para vehículos térmicos.
- Economías de escala y avances tecnológicos, que reducen el costo total de propiedad de los vehículos eléctricos, acelerando su adopción.

Sin embargo, el impacto no será uniforme. Los países agrupados en clústeres de alta demanda petrolera podrían experimentar una transición más lenta debido a su infraestructura, tamaño de flotas y dependencia del petróleo. En contraste, muchos países del clúster de demanda media, especialmente aquellos con políticas agresivas de descarbonización, podrían registrar reducciones marcadas en los próximos diez a quince años.

En síntesis, el auge de los vehículos eléctricos no implica un colapso inmediato del mercado petrolero, pero sí un cambio estructural que transformará gradualmente la curva de demanda mundial. Esto sugiere que, en el mediano plazo, la industria petrolera enfrentará un escenario de crecimiento ralentizado, estabilización o reducción, dependiendo de la velocidad de adopción de tecnologías limpias y de la capacidad de los países para adaptarse al nuevo paradigma energético. Para los tomadores de decisiones, este cambio representa tanto un riesgo como una oportunidad para diversificar, modernizar y reorientar su política energética.

La Realidad Energética de Costa Rica Frente a la Demanda Mundial de Petróleo

La realidad energética de Costa Rica presenta particularidades que la distinguen significativamente del contexto mundial, especialmente en lo relativo al consumo y la dependencia del petróleo. Mientras que la tendencia global, incluyendo las tres tipologías de países identificadas en el análisis de clústeres de la presente investigación, se caracteriza por una fuerte dependencia de los combustibles fósiles para el transporte, la industria y la generación eléctrica, Costa Rica destaca por su matriz eléctrica altamente renovable, donde más del 98% de

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

la electricidad proviene históricamente de fuentes limpias como la hidroeléctrica, eólica, geotérmica y solar.

Sin embargo, esta fortaleza coexiste con una dependencia casi absoluta del petróleo en el sector transporte**, r**esponsable de más del 65% del consumo energético nacional. Esta contradicción, electricidad limpia, pero movilidad fósil, ubica a Costa Rica en una posición intermedia dentro del panorama global: no pertenece al grupo de países con fuerte demanda petrolera, pero tampoco en el de aquellos que han logrado reducir sustancialmente su consumo mediante electrificación acelerada del transporte.

Comparado con la realidad mundial, donde muchos países enfrentan compromisos climáticos crecientes y presiones para diversificar sus matrices energéticas, Costa Rica posee ventajas estratégicas como las siguientes:

- Base eléctrica renovable consolidada, lo que facilita una transición hacia la movilidad eléctrica con menores costos marginales.
- Marco institucional robusto en materia ambiental, que le permite adoptar políticas agresivas de descarbonización.
- Menor vulnerabilidad ante volatilidades globales del precio del petróleo, en comparación con economías altamente dependientes.

No obstante, su dependencia del petróleo para transporte lo mantiene expuesto a las tendencias globales, donde factores como la electrificación mundial del parque vehicular, las tensiones geopolíticas y las dinámicas de oferta y demanda impactan directa e inmediatamente en la factura energética nacional.

En síntesis, Costa Rica posee las condiciones estructurales para convertirse en un referente de transición energética en América Latina, pero para ello deberá acelerar la adopción de vehículos eléctricos, modernizar su infraestructura de recarga y reducir la dependencia del petróleo en sectores clave. En comparación con el contexto mundial, Costa Rica no se caracteriza por una alta demanda de petróleo, pero sí por una vulnerabilidad específica en transporte que puede mitigarse mediante políticas sostenidas de electrificación, eficiencia y movilidad sostenible. El

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

país se encuentra, por tanto, en una posición privilegiada, aunque aún desafiante, dentro del proceso global de transformación energética.

Vinculación del Marco Institucional Ambiental de Costa Rica con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Costa Rica cuenta con un marco institucional robusto en materia ambiental, caracterizado por la creación temprana de entidades especializadas, la existencia de legislación avanzada y la implementación sostenida de políticas públicas orientadas a la conservación de los recursos naturales y a la mitigación del cambio climático. Este entramado institucional ha permitido al país adoptar estrategias agresivas de descarbonización, posicionándolo como un referente global en materia de sostenibilidad ambiental.

En este contexto, la experiencia de Costa Rica evidencia cómo un marco institucional sólido y coherente puede incidir de manera significativa en la transformación de los patrones de consumo energético, impactando indirectamente en la dinámica global de la demanda de petróleo. Este modelo demuestra que la transición hacia economías bajas en carbono no depende únicamente de avances tecnológicos, sino también de una gobernanza ambiental efectiva, capaz de articular políticas públicas, incentivos económicos y cambios en el comportamiento social.

Desde la perspectiva de esta investigación, el caso costarricense constituye un ejemplo relevante para comprender cómo las decisiones institucionales y políticas pueden reflejarse, en el mediano y largo plazo, en los resultados observados dentro de los clústeres de demanda de petróleo, especialmente en aquellos países que muestran tendencias de estancamiento o reducción del consumo de hidrocarburos.

CONCLUSIÓN

En conjunto, la investigación logró categorizar de forma robusta y significativa a los países según su consumo de petróleo entre 2019 y 2023, identificar tendencias internas en cada grupo y revelar patrones globales influenciados por factores económicos, sanitarios y energéticos.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

RECOMENDACIONES

Recomendaciones Sobre los Aportes y Límites de las Herramientas de Análisis de Datos Utilizadas (Entorno R)

El uso del lenguaje de programación R en el desarrollo de esta investigación representó un aporte fundamental para el análisis de datos de la demanda de petróleo de 58 países durante el período 2019–2023, especialmente en la aplicación del modelo de clúster jerárquico y en la generación de visualizaciones que permitieron interpretar los patrones de consumo energético. Las bibliotecas especializadas, tales como stats, factoextra, cluster, dendextend y ggplot2, facilitaron la implementación de técnicas avanzadas de análisis multivariado, el cálculo de matrices de distancia, la construcción del dendrograma y la evaluación de la inercia intra clúster e inter clúster, lo que fortaleció el rigor metodológico y la robustez de los resultados obtenidos.

Entre los principales aportes de estas herramientas se destaca su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, su flexibilidad para aplicar distintos métodos de agrupamiento (como Ward, enlace completo o enlace promedio) y su precisión en la medición de similitudes o diferencias entre los países analizados. Asimismo, R permitió una reproducibilidad completa del análisis, aspecto crucial en la investigación científica, ya que los procedimientos pueden ser replicados, validados o extendidos en estudios posteriores. La generación de gráficos dinámicos y personalizables también contribuyó de forma significativa a la interpretación visual de los datos, facilitando la identificación de patrones, tendencias y rupturas en la evolución de la demanda petrolera.

No obstante, estas herramientas también presentan ciertos límites que deben ser considerados. En primer lugar, los resultados del modelo de clúster jerárquico dependen en gran medida de la elección de la medida de distancia y del método de vinculación, lo que puede generar diferentes configuraciones de clústeres para un mismo conjunto de datos. Además, el modelo jerárquico no permite la reasignación de observaciones una vez que estas han sido agrupadas, lo cual limita su flexibilidad frente a otros métodos como el *k-means*. Otro aspecto para considerar es que R, aunque potente, requiere un alto nivel de conocimiento técnico, tanto en programación como en

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

estadística, por lo que la interpretación de resultados puede ser más compleja para usuarios no especializados. Por último, la calidad de los resultados siempre estará condicionada por la calidad, consistencia y disponibilidad de los datos de entrada.

En consecuencia, se recomienda que futuras investigaciones complementen el análisis realizado con otros métodos de agrupamiento y técnicas predictivas, tales como *k-means* o modelos de series de tiempo, a fin de comparar resultados y validar la estabilidad de los clústeres obtenidos. Asimismo, se sugiere incluir variables adicionales de tipo económico, tecnológico o ambiental, que permitan enriquecer la comprensión de los factores que influyen en la demanda de petróleo a nivel internacional.

Implicaciones Prácticas Para Costa Rica

Uno de los principales aportes aplicados de la presente investigación radica en la posibilidad de utilizar la tipología de clústeres obtenida como herramienta de benchmarking energético para Costa Rica. Aunque el país no forma parte de la muestra analizada, la estructura metodológica desarrollada permite comparar posteriormente el comportamiento energético nacional con grupos de países que presentan trayectorias similares de demanda de líquidos del petróleo y productos refinados.

Desde una perspectiva de política pública, los clústeres identificados pueden servir como referencia para anticipar escenarios de evolución del consumo energético y diseñar estrategias diferenciadas de transición energética. Por ejemplo, si Costa Rica presenta características similares a economías pertenecientes al clúster de demanda media y fluctuante, el país podría utilizar las experiencias de dichas naciones para evaluar políticas de movilidad eléctrica, eficiencia energética, diversificación de combustibles y reducción de dependencia petrolera.

Asimismo, la clasificación jerárquica permite identificar países comparables en términos de sensibilidad a choques externos, recuperación postpandemia y velocidad de transición energética, lo cual resulta particularmente útil para instituciones nacionales como MINAE, Recope, Aresep y el Banco Central de Costa Rica en procesos de planificación prospectiva y evaluación de riesgos energéticos.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

En términos operativos, la metodología desarrollada también podría integrarse en sistemas nacionales de monitoreo energético mediante modelos reproducibles en R, permitiendo actualizar periódicamente la clasificación internacional y medir cambios en la posición relativa de Costa Rica respecto a otros países. Esto facilitaría la construcción de indicadores estratégicos orientados a:

- Proyección de demanda futura de combustibles fósiles.
- Evaluación del impacto de políticas de electrificación vehicular.
- Análisis de vulnerabilidad ante volatilidad internacional de precios del petróleo.
- Identificación de países de referencia para cooperación energética y climática.
- Seguimiento del avance nacional en transición energética y descarbonización.

En este sentido, el modelo de Clúster Jerárquico no solo constituye una herramienta estadística de clasificación internacional, sino también un instrumento potencial de apoyo para la toma de decisiones estratégicas y el diseño de políticas energéticas basadas en evidencia en Costa Rica.

Proyección Futura del Modelo Hacia Costa Rica

Como línea futura de investigación, la metodología desarrollada podría ampliarse incorporando a Costa Rica dentro de la matriz internacional de análisis, utilizando indicadores nacionales de consumo de combustibles derivados del petróleo y variables complementarias asociadas a movilidad, electrificación y transición energética. Esto permitiría identificar de forma objetiva el clúster energético al que pertenece el país y evaluar su evolución relativa frente a economías comparables.

Uso Estratégico de los Clústeres Para Costa Rica

Con el propósito de evidenciar la aplicabilidad práctica de los resultados obtenidos en la presente investigación, la Figura 6 muestra un esquema conceptual sobre el uso estratégico de los clústeres jerárquicos como herramienta de apoyo para la planificación energética y la toma de decisiones en Costa Rica.

Revista Innovación Universitaria
Universidad Internacional de las Américas
ISSN: 2953-7606
revistainnovacionu@uia.ac.cr
Volumen 8, octubre 2026
Costa Rica

El diagrama ilustra cómo la identificación de países con patrones similares de demanda de líquidos del petróleo y productos refinados puede facilitar procesos de benchmarking internacional, evaluación comparativa de políticas públicas y diseño de estrategias de transición energética. Asimismo, se destaca la utilidad del modelo para fortalecer la planificación prospectiva, reducir la vulnerabilidad ante choques externos del mercado petrolero y contribuir al cumplimiento de objetivos nacionales vinculados con descarbonización, movilidad sostenible y seguridad energética.

Figura 6

Clúster Jerárquico. Uso estratégico de clústeres para Costa Rica.



REFERENCIAS

Banco Central de Costa Rica. (2008). *Validación del modelo: Impacto de los precios del petróleo en Costa Rica*. Departamento de Investigaciones Económicas. https://repositorioinvestigaciones.bccr.fi.cr/server/api/core/bitstreams/47974a1e-e61f-4582-af17-7043526fe513/content

Consejo Nacional de Rectores & Programa Estado de la Nación. (2024). *Informe Estado de la Nación 2024: 30 años de análisis sobre el desarrollo humano sostenible*. Programa Estado de la Nación. https://estadonacion.or.cr/capitulo/?doc=IEN2024_cap4

DiscoveR. (2023). *DiscoveR: Exploratory data analysis system* (R package version 3.1.7). https://CRAN.R-project.org/package=discoveR

Gobierno de Costa Rica. (2019). *Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050*. Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente y Energía. https://cambioclimatico.minae.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Hernández-Sampieri, R., Mendoza, C., & Torres, C. (2021). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

International Energy Agency. (2023). *World energy outlook 2023.* *https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ede39e-4436-42d7-ba2a-edf61467e070/WorldEnergyOutlook2023.pdf*

International Energy Agency. (2025). *Global energy review 2025*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b169aa1-bc88-4c96-b828-aaa50406ba80/GlobalEnergyReview2025.pdf

Ministerio de Ambiente y Energía, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). *VII Plan nacional de energía 2015-2030*. https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/bitstream/handle/123456789/739/PP.094.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organization of Petroleum Exporting Countries. (2024). *Annual statistical bulletin 2024*. Organization of the Petroleum Exporting Countries. https://publications.opec.org/asb/archive/123

Pérez Molina, E. (2022). Understanding the Determinants of Fuel Demand in Costa Rica, 1965-2019: Price, Income, and Registered Vehicles. *Ingeniería*, *33*(1), 22–33. https://doi.org/10.15517/ri.v33i1.50910