

# LOGOS

REVISTA ACADÉMICA DE LEAD UNIVERSITY

Julio • Diciembre 2025  
Vol. 6 No. 2



ISSN 2215-5910

**LEAD**  
UNIVERSITY



Haga click  
en el artículo  
que desea  
consultar.

## CONTENIDO

### INVESTIGACIONES

- 5** Análisis de la desigualdad desde la situación de salud a partir de datos de morbilidad: caso del Cáncer de Mama  
Francisco Chavarría Solano, Yanira Xirinachs Salazar, Jerlin Villalobos Ledezma y Juan Rafael Vargas
- 18** La concentración y proximidad de los países que importan bienes desde Costa Rica  
Sandro Zolezzi Hernández
- 27** Implementación de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje universitario  
Henry Alberto Binns Hernández y Carlos Alberto Segura Villarreal
- 41** Competencias y buenas prácticas recomendadas para la administración de operaciones en pymes  
Toscano Luconi Esquivel y Fabiola Sandoval Atán
- 56** Implementación de la inteligencia artificial en la toma de decisiones organizacional: un análisis del estado de la cuestión desde la metodología PRISMA  
Karla Yanitzia Artavia-Díaz

### ENSAYOS

- 69** Arquitectura nacional de datos en salud: fundamentos para una medicina personalizada en Costa Rica  
Valerie Espinoza Méndez, Fabiola Díaz Garita, Alejandro Ocampo Vega y Alejandro Zamora Esquivel
- 88** La geopolítica de los microplásticos en la Antártida: implicaciones ambientales, científicas y estratégicas en un continente vulnerable  
José Vega-Baudrit, Monserrat Vargas Solórzano, Cynthia Cordero, y Allan Campos, Armando Rojas
- 100** Riesgo jurídico empresarial; un enfoque situacional y contextual en Costa Rica  
Juan Diego Sánchez Sánchez
- 119** Uso innovador y sostenible de la madera en arquitectura contemporánea: el caso de la Fundación Louis Vuitton  
Vernor Lines Sancho, José Roberto Vega-Baudrit, y Armando Rojas

### CASO DE ESTUDIO

- 129** En el límite: decisiones críticas en la producción de dispositivos médicos  
José Mauricio Alcázar Román

---

Director Editorial  
Lorne Cruz Saborío

Miembros del Comité Editorial  
Eduardo Ulibarri Bilbao  
Gloriana Ivankovich Escoto  
Marcela Hidalgo Solís  
Lincy González Rojas  
Willy Castro Guzmán

Revisores invitados:  
Daniel López Salas  
Fernando Ocampo Sánchez

Diseño de Portada  
Victoria Jiménez Merlo

Diagramación  
Luis Fernando Quirós Abarca

Formato y Estilo / Repositorio Digital  
Lorne Cruz Saborío

---

# RAZÓN, PENSAMIENTO Y ARGUMENTOS

A esto se refiere *Logos*, un nombre que, junto a la investigación, revela la naturaleza integral de esta revista.

---

## PRESENTACIÓN

### CONSTRUIMOS CONOCIMIENTO APLICADO PARA ENFRENTAR DESAFÍOS COMPLEJOS DESDE LA TECNOLOGÍA, LA GESTIÓN Y LA INNOVACIÓN SOCIAL

Con entusiasmo académico y espíritu crítico, presentamos el volumen 6, número 2 del año 2025, una nueva edición de nuestra revista que reafirma su compromiso con la generación y divulgación de conocimiento pertinente para los campos de los negocios, la tecnología y sus múltiples intersecciones. En un contexto caracterizado por la aceleración del cambio y la complejidad de los entornos sociales, económicos y organizacionales, este número se configura como un espacio para la reflexión profunda, el análisis riguroso y la construcción de ideas con impacto.

La diversidad de perspectivas contenidas en esta edición –estructurada en torno a investigaciones empíricas, ensayos analíticos y el abordaje de un caso de estudio– responde al interés de nuestra comunidad editorial por promover un diálogo académico que trascienda las fronteras disciplinares y fomente el pensamiento crítico aplicado a problemas reales. Cada contribución representa un ejercicio intelectual comprometido con la comprensión de fenómenos contemporáneos, mediante enfoques metodológicos sólidos, argumentación fundamentada y propuestas con proyección práctica.

En la primera sección, denominada “Investigaciones”, se incluye el trabajo realizado por **Francisco Chavarría**, **Yanira Xirinachs**, **Jerlin Villalobos** y

**Juan Rafael Vargas** titulado: “*Análisis de la desigualdad desde la situación de salud a partir de datos de morbilidad: Caso del Cáncer de Mama*”. Este estudio analiza las desigualdades geográficas y socioeconómicas en la incidencia del cáncer de mama en Costa Rica mediante técnicas estadísticas y cartográficas. Los hallazgos revelan una mayor incidencia en cantones con alto desarrollo humano, lo que sugiere dinámicas complejas de acceso y detección. Además, se señalan limitaciones estructurales para el uso de modelos predictivos.

La segunda investigación incluida en esta sección es elaborada por **Sandro Zolezzi** y se denomina: “*La concentración y proximidad de los países que importan bienes desde Costa Rica*”. El autor explora el desempeño de las exportaciones costarricenses durante el año 2024, destacando un crecimiento notable y un valor récord. No obstante, el análisis revela una elevada concentración tanto de productos como de destinos, así como una escasa diversificación geográfica, con socios comerciales ubicados en su mayoría en regiones cercanas. Estos hallazgos evidencian desafíos importantes para la estrategia de inserción internacional del país.

La tercera investigación de esta sección es presentada por **Henry Binns** y **Carlos Segura**, bajo el título

---

***“Implementación de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje universitario.*** El trabajo examina cómo la percepción de utilidad y facilidad influye en la adopción de sistemas ERP en la educación superior, especialmente en el área de contabilidad. Con base en una muestra de 134 personas y el uso de modelos estadísticos, los autores evidencian que ambas percepciones impactan directamente en la actitud y el uso real de estas plataformas. El estudio ofrece aportes teóricos y prácticos para fortalecer la incorporación de herramientas tecnológicas en contextos educativos.

La cuarta investigación fue desarrollada por **Toscano Luconi** y **Fabiola Sandoval**, con el título ***“Competencias y buenas prácticas recomendadas para la administración de operaciones en pymes”***. El estudio ofrece una revisión sistematizada de la literatura reciente sobre gestión operativa en pequeñas y medianas empresas, proponiendo un marco integrado basado en cuatro ejes clave: procesos, eficiencia, calidad y continuidad. A partir del análisis de fuentes académicas, normativas y casos reales, los autores identifican factores habilitadores y beneficios asociados a cada eje. La propuesta brinda a las pymes una herramienta práctica para fortalecer sus capacidades operativas, servir de guía para intervenciones estratégicas y orientar futuras validaciones empíricas en el ámbito de la política de apoyo empresarial.

La quinta investigación, a cargo de **Karla Artavia**, lleva por título ***“Implementación de la inteligencia artificial en la toma de decisiones organizacional: un análisis del estado de la cuestión desde la metodología PRISMA”***. A partir de una revisión sistemática de estudios recientes, la autora examina el uso actual de la inteligencia artificial en la toma de decisiones empresariales. El análisis revela aplicaciones frecuentes en automatización, análisis predictivo y gestión de riesgos, así como una tendencia hacia la

integración entre inteligencia humana y automatizada. El estudio también plantea recomendaciones para una adopción ética y estratégica de estas tecnologías en contextos organizacionales.

La sección de **ensayos** se inicia con el aporte de **Valerie Espinoza, Fabiola Díaz, Alejandro Ocampo y Alejandro Zamora**, titulado ***“Arquitectura nacional de datos en salud: fundamentos para una medicina personalizada en Costa Rica”***. El texto plantea una reconfiguración del sistema de salud a partir de una arquitectura nacional de datos clínicos, basada en estándares internacionales y experiencias comparadas. La propuesta incluye una plataforma que integre actores públicos y privados, con un enfoque normativo y técnico orientado a fortalecer la gobernanza de datos y promover una atención más eficiente, equitativa y personalizada.

El segundo ensayo, elaborado por **José Vega, Monserrat Vargas, Cynthia Cordero, Allan Campos y Armando Rojas**, lleva por título ***“La geopolítica de los microplásticos en la Antártida: implicaciones ambientales, científicas y estratégicas en un continente vulnerable”***. El texto analiza cómo la contaminación por microplásticos en la Antártida trasciende el ámbito ambiental, incidiendo en las dinámicas de poder entre los países firmantes del Tratado Antártico. A partir de una revisión científica y política, se examinan las tensiones emergentes en torno a la cooperación internacional, la financiación de investigaciones y la creciente presencia estratégica de potencias globales en la región.

El tercer ensayo, desarrollado por **Juan Diego Sánchez**, se titula ***“Riesgo jurídico empresarial: un enfoque situacional y contextual en Costa Rica”***. El autor analiza cómo se configura y gestiona el riesgo jurídico en el entorno empresarial costarricense, a partir de un enfoque que combina revisión normativa y análisis contextual. El estudio incorpora entrevistas a profesionales del ámbito económico y legal, cuyos aportes se contrastan con

---

la literatura especializada, con el fin de identificar tensiones, vacíos y oportunidades en la gestión legal del riesgo corporativo.

El cuarto ensayo, elaborado por **Vernor Lines, José Vega y Armando Rojas**, se titula *"Uso innovador y sostenible de la madera en la arquitectura contemporánea: el caso de la Fundación Louis Vuitton"*. A partir del análisis del emblemático edificio diseñado por Frank Gehry en París, el texto examina el empleo de madera laminada como recurso estructural y estético, destacando su valor en términos de sostenibilidad e innovación. La revisión técnica demuestra la viabilidad de este material en proyectos arquitectónicos complejos, abriendo posibilidades para su aplicación en futuras construcciones de alto perfil.

La última sección de esta edición incluye un caso de estudio desarrollado por **José Alcázar**, titulado *"En el límite: decisiones críticas en la producción de dispositivos médicos"*. Ambientado en una empresa costarricense del sector de dispositivos médicos regulados, el caso plantea un dilema sobre la

liberación de un lote en el umbral de especificación técnica. A partir de documentación técnica y escenarios reales, se exploran decisiones bajo presión en calidad, riesgo y cumplimiento normativo, brindando una experiencia aplicada para el análisis crítico en contextos industriales complejos.

Al ofrecer esta nueva entrega, reafirmamos el compromiso editorial con la difusión de conocimiento riguroso, pertinente y multidisciplinario en los ámbitos de los negocios, la tecnología y su interacción con los retos contemporáneos. Las investigaciones, ensayos y el caso de estudio aquí reunidos no solo aportan evidencia empírica y reflexión crítica, sino que también abren espacios para el debate, la innovación y el fortalecimiento de capacidades en diversos sectores. Invitamos a nuestra comunidad académica y profesional a leer, discutir y proyectar estos contenidos como punto de partida para nuevas investigaciones, políticas y prácticas transformadoras que respondan con responsabilidad y visión al entorno actual.

*Comité Editorial*





# ANÁLISIS DE LA DESIGUALDAD DESDE LA SITUACIÓN DE SALUD A PARTIR DE DATOS DE MORBILIDAD: CASO DEL CÁNCER DE MAMA

Recibido: 16 de mayo, 2025 • Revisado: 22 de junio, 2025 • Aceptado: 01 de julio, 2025

Francisco Chavarría Solano,  
Yanira Xirinachs Salazar, Jerlin  
Villalobos Ledezma  
y Juan Rafael Vargas

## RESUMEN

Este artículo examina las desigualdades geográficas y socioeconómicas en la incidencia del cáncer de mama en Costa Rica, utilizando información cantonal y técnicas de análisis estadístico (panel de datos, componentes principales y mapas temáticos). El trabajo identifica patrones inesperados: la mayor incidencia se concentra en cantones con mayores niveles de desarrollo humano, lo que sugiere dinámicas complejas de acceso, detección y factores de riesgo. Se presentan también limitaciones estructurales para el uso de modelos predictivos.

**Palabras clave:** Desigualdad sanitaria, cáncer de mama, Costa Rica, análisis geoespacial, morbilidad.

## ABSTRACT

This article examines geographic and socioeconomic inequalities in breast cancer incidence in Costa Rica, using cantonal data and statistical analysis techniques (data panel, principal components, and thematic maps). The paper identifies unexpected patterns: the highest incidence is concentrated in cantons with higher levels of human development, suggesting complex dynamics of access, detection, and risk factors. Structural limitations for the use of predictive models are also presented, and implications for health equity policies are discussed.

**Keywords:** Health inequality, breast cancer, Costa Rica, geospatial analysis, morbidity.

Francisco Antonio Chavarría Solano es Profesor de Economía e investigador del Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica, doctorando en economía por el Interuniversity Doctorate in Economics en la Universidad Nacional de Educación a Distancia de España.

Yanira Xirinachs Salazar es Profesora de Economía de la Universidad de Costa Rica en los cursos de Teoría de Juegos, Microeconomía, Economía de la Salud, Métodos Cuantitativos, Investigación e Introducción a la Economía para otras carreras. Es investigadora de la Escuela de Economía y el Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica.

Jerlin Villalobos Ledezma es investigadora de la Escuela de Economía de la Universidad de Costa Rica.

Juan Rafael Vargas es profesor de la Escuela de Economía e investigador del Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre cáncer han estado en un lugar importante en la agenda del Centro Centroamericano de Población (CCP). Además, de los significativos estudios de Rosero de principio de siglo, Aparicio y Morera elaboraron atlas de incidencia y mortalidad (2007, 2009, 2010). Ellos operaron a nivel de áreas de salud (agregados de establecimientos básicos integrales de atención de la salud) la gran construcción organizativa de Salas y Pisa desde la presidencia de la CCSS.

Además del mensaje, posiblemente surgido de las reuniones de la Asociación de Economía de la Salud (de España), de que la geografía es destino, se trataba de una contribución a las políticas sanitarias cuando el sistema nacional de salud escuchaba. La disponibilidad de datos y las corrientes de la investigación orientan las pesquisas hacia el ámbito cantonal. Artículos recientes de Xirinachs Salazar *et al.* (2025) en Logos lo constatan. Al igual que las investigaciones de hace casi veinte años, es útil empezar por el cáncer. No es despreciable el dato de que es la segunda causa de muerte en el país y aunque la inevitabilidad del deceso quedó sepultada en las estadísticas demográficas del siglo pasado, es una fuente de erogación del sistema nacional de salud.

Equidad y cáncer han sido en distinto grado y tiempo prioridades para el CCP. Lo son desde hace cerca de 20 años. Rosero-Bixby y Sierra (2007) publicaron en *British Journal of Cancer* un artículo sobre la utilización de rayos X para reducir mortalidad por cáncer gástrico. Rosero-Bixby (2004) ya había publicado en *Social Science and Medicine* sobre acceso al cuidado de la salud y la equidad. En ambos se utilizó esquemas de “experimento natural” que fue una innovación en la investigación en Costa Rica. Son una muestra puntual de una familia de investigaciones pioneras y coadyuvaron al desarrollo de un notable equipo de investigadores en una universidad pública de un país que había dejado de ser pobre en las décadas previas (Vargas, 2012).

La técnica de utilizar rayos X se había empleado profusamente en Japón detección del cáncer de pulmón (Chei CL *et al.*, 2025). El artículo se centra en una región específica, enfoque que aparece frecuentemente en investigaciones del CCP. La validez de esa técnica tiene una sensibilidad del 88% y un valor predictivo del 3% (Rosero-Bixby y Sierra, 2007). Se menciona que

la técnica puede ser muy cara para un país del nivel de ingreso medio, que es el caso de Costa Rica.

El estudio de Rosero (2004) sobre equidad se auxilia de la geografía, al igual que este documento, pero tiene acceso a mediciones específicas de distancia con las que no se cuenta en el presente estudio. Permitted identificar que la mitad de los habitantes viven a menos de un kilómetro de un EBAIS (uno de los casi mil centros locales de atención sanitaria) y a 5 de un hospital (Rosero-Bixby, 2004). Por ello, la inequidad en la última década del siglo pasado disminuyó de un 30% a un 22%. Mucho de eso se alcanzó con la política de Estado que contempló dos gobiernos (Figueres y Rodríguez) y se centró en la población menos favorecida (Vargas Brenes, 2012). Los niveles de la prestación de los servicios de salud ya eran superlativos y en el hemisferio occidental sólo los superaba Canadá. Rosero lo valida a partir de la esperanza de vida al nacer y de otros indicadores estructurales.

En ese mismo periodo el CCP incursionó en análisis geográfico estadístico centrado en incidencia y mortalidad por cáncer. Aparicio y Moreira (2009) empezaron con cáncer de mama y cubrieron todos los sitios tumorales en tres estudios extensos. Publicaron en *Acta Medicina*, *Revista Costarricense de Salud Pública y Estado de la Nación* y elaboraron los tres atlas: incidencia, mortalidad y el integrado (Aparicio y Morera Salas, 2007, 2009; Aparicio Llanos y Morera Salas, 2010).

En su estudio sobre cáncer de mama, se concentran en las áreas de salud (agregado organizativo de EBAIS y no en cantones); se enfatiza en edades tempranas (45 a 54 años), tanto en incidencia como en mortalidad. Se destaca que la geografía es destino y el valle central es lúgubre desde esa visión. El cáncer de mama es la segunda causa de muerte en el espectro del cáncer y es evitable, social e individualmente. El tamizaje mamográfico es la prueba idónea. Además de la zona central, Puntarenas es también espacio de alta incidencia. Pacífico Norte, zonas fronterizas y la vertiente del Caribe son las áreas de salud con más baja predominancia, tanto en mortalidad como de detención. Este patrón es contrario a lo que acontece con la pobreza y otras patologías sociales. Las restantes publicaciones elaboran especificidades y geografía. Esa riqueza de información es deseable porque es un inicio para las políticas sanitarias correctas.

El envejecimiento de mujeres en todo el territorio implica una dificultad adicional para el procedimiento de elección, el empleo de mamografías. Por su parte, Mora-García *et al.* (2022) presentan evidencia robusta de una reducción del 13% en mortalidad como consecuencia del efecto de los EBAIS en el largo plazo (Mora-García *et al.*, 2024). La salvedad pertinente es que desagregan por grupos etarios, no por cuadro clínico y menos por tipo de tumor.

Con datos ingleses, Mohammadpour *et al.* (2022) compendian las consecuencias para el patrimonio colectivo e individual del cáncer de mama. Resulta impensable que se pueda hacer un cálculo semejante para Costa Rica, aunque también sea un sistema sanitario universal. Encuentran que el costo de la pérdida de productividad debido a muerte prematura según el enfoque de capital humano varió de \$22.386 a \$52 mil millones. La carga de costos de la pérdida de productividad debido a muerte prematura varió de \$1.488,61 a \$4.518.628,5. La carga de costos de la pérdida de productividad debido a morbilidad con el enfoque de capital humano se incrementó de \$126.857.360,69 a \$596.659.071,28. El costo de la pérdida de productividad que surge por otra parte de los cuidadores informales con el enfoque de capital humano fue de \$297.548,46 a \$308 mil millones (Mohammadpour *et al.*, 2022). Es este el tipo de guarismos a los que se debería aspirar y posiblemente es sensato plantearlo, dado el número menor de pacientes involucradas y las virtudes de equidad de género que implica.

Aunque no se alude directamente el cuadro tumoral ni la equidad de género, Vargas (2010) y Zúñiga-Brenes *et al.* (2013) examinan la inequidad que implica el gasto catastrófico y las consecuencias positivas que implica la universalidad de la prestación de los servicios de salud. En los estudios una característica saliente es la utilización de las ENIGH, pero en los mismos no se aprovecha la riqueza sanitaria de la Encuesta Nacional de Salud de 2006, que sí incorpora información de enfermedades transmisibles y las que no lo son, como las lesiones tumorales para ampliar el análisis del gasto catastrófico (Vargas *et al.*, 2010; Zúñiga-Brenes *et al.*, 2013). Un reciente estudio del BID destaca que solo Brasil y Cuba acompañan a Costa Rica en un diseño Beveridge del sistema de salud con lo cual la universalidad derrota a la segmentación (es más barato y eficaz). Otro enfoque atinente es el que a principio

de siglo Sanigest Solutions (2007) elaboró bajo la dirección de L. B. Sáenz. Cuidadosamente estiman los años de vida ajustados por discapacidad (AVISA) y sus dos componentes, los perdidos por muerte prematura (AVP) y los vividos con discapacidad (AVD). Lo limitan a padecimientos sujetos a vigilancia epidemiológica (declaración obligatoria) y a solo 32 cantones, con lo cual se excluyen por diseño las vivencias del sistema beveridgeano universal de Costa Rica. En cáncer sólo contemplan colon y recto, pulmón, tráquea y bronquios, estómago y piel (Sanigest Solutions, 2007). Lamentablemente el cáncer de mama está excluido del estudio, pero aportan una metodología valiosa, que podría intentarse cuando los recursos lo permitan.

En la presente investigación se eligió el cáncer de mama como punto de partida para retomar el análisis contemporáneo del CCP, siguiendo la línea de investigación de Morera *et al.* (2007) Esta elección resulta pertinente, ya que la equidad en salud es una dimensión central del estudio y, en la práctica, este tipo de cáncer afecta casi exclusivamente a mujeres. Por ello, el cáncer de mama permite un análisis más claro de las desigualdades por sexo y territorio. El análisis toma información disponible de registros administrativos que recopila la CCSS para los años entre 2017 y 2022.

## RESULTADOS

Se ensayó una ecuación de panel para el cáncer de mama. Utilizando las variables cantonales disponibles en la base de datos, se valió del número de EBAIS, de la población total, de la población adulta mayor y de la incidencia de neumonía. Es un conjunto reducido de variables, pero está en el límite de observaciones compatibles. La visión de las interrelaciones se organiza en sus principales parámetros. Se calculó componentes principales con un subconjunto de variables y se encontró que dos componentes explican el 96% de la variabilidad, Tabla 1.

La figura 1 muestra seis gráficos de dispersión entre la incidencia de cáncer de mama y otros sitios tumorales femeninos (cervix, ovario, piel, pulmón, endometrio y colon). En todos los casos, se observa una alta concentración de cantones con incidencias bajas en cáncer de mama y el tumor analizado, junto a una o dos observaciones atípicas ('outliers') con

valores extremadamente altos de cáncer de mama. Estas observaciones extremas dificultan la interpretación visual general. La relación es más evidente en el caso del cáncer de cérvix, donde parece haber cierta asociación positiva con el cáncer de mama, aunque no se puede afirmar una relación causal con base únicamente en estas gráficas exploratorias.

Para la ecuación a estimarse, se propone que el número de EBAIS debe mostrar signo negativo. Neumonía, una enfermedad contagiosa, aproxima las condiciones epidemiológicas de cada cantón, por lo cual se espera que el signo sea positivo, al igual que la población envejecida. La población total se plantea que muestre signo positivo.

**TABLA 1. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. COSTA RICA, 2017-2022**

(a) Eigenvalores y proporción de varianza explicada

Componente	Valor	Diferencia	Proporción	Valor acum.	Prop. acum.
PC1	5.107280	4.457034	0.8512	5.107280	0.8512
PC2	0.650246	0.465270	0.1084	5.757526	0.9596
PC3	0.184976	0.142223	0.0308	5.942502	0.9904
PC4	0.042753	0.028484	0.0071	5.985256	0.9975
PC5	0.014269	0.013794	0.0024	5.999525	0.9999
PC6	0.000475	—	0.0001	6.000000	1.0000

(b) Cargas factoriales (loadings) por componente

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
MAMA	0.391	0.393	-0.793	0.235	0.092	-0.006
NEBAIS	0.421	-0.288	0.273	0.787	-0.213	0.031
NNEUMONIA	0.331	0.772	0.534	-0.063	0.064	0.025
PEA	0.306	-0.217	0.022	-0.287	0.297	0.755
POB65ANOSYMAS	0.437	-0.114	-0.061	-0.451	-0.749	-0.165
POBTOTAL	0.429	-0.282	0.083	-0.190	0.541	-0.633

(c) Matriz de correlación entre variables

	MAMA	NEBAIS	NNEUMONIA	PEA	POB65+	POBTOTAL
MAMA	1.0000	0.7345	0.7792	0.7846	0.8462	0.7718
NEBAIS		1.0000	0.5914	0.9673	0.9441	0.9720
NNEUMONIA			1.0000	0.5946	0.6751	0.5934
PEA				1.0000	0.9823	0.9985
POB65+					1.0000	0.9754
POBTOTAL						1.0000

Nota: Resultados obtenidos mediante correlaciones ordinarias en una muestra balanceada para los años 2017-2022.  
Fuente: Elaboración propia, (2025).

**TABLA 2. RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN EN PANEL PARA LA INCIDENCIA DE CÁNCER DE MAMA**

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-Estadístico	Prob.
NEBAIS	-0.671247	0.380321	-1.764949	0.0799
NNEUMONIA	0.105322	0.018561	5.674392	0.0000
POB65ANOSYMAS	0.007331	0.001139	6.437572	0.0000
POBTOTAL	-0.000196	0.000125	-1.577271	0.1171
Constante (C)	-2.998838	1.565269	-1.915861	0.0575
<b>Estadísticos del modelo</b>				
R2	0.820067			
R2 ajustado	0.814965			
Error estándar de regresión	12.434499			
Estadístico F	152.6799 (p = 0.0000)			
Durbin-Watson	1.667336			

Fuente: Elaboración propia, (2025).

FIGURA 1. CORRELACIÓN CON LOS PRINCIPALES SITIOS TUMORALES FEMENINOS

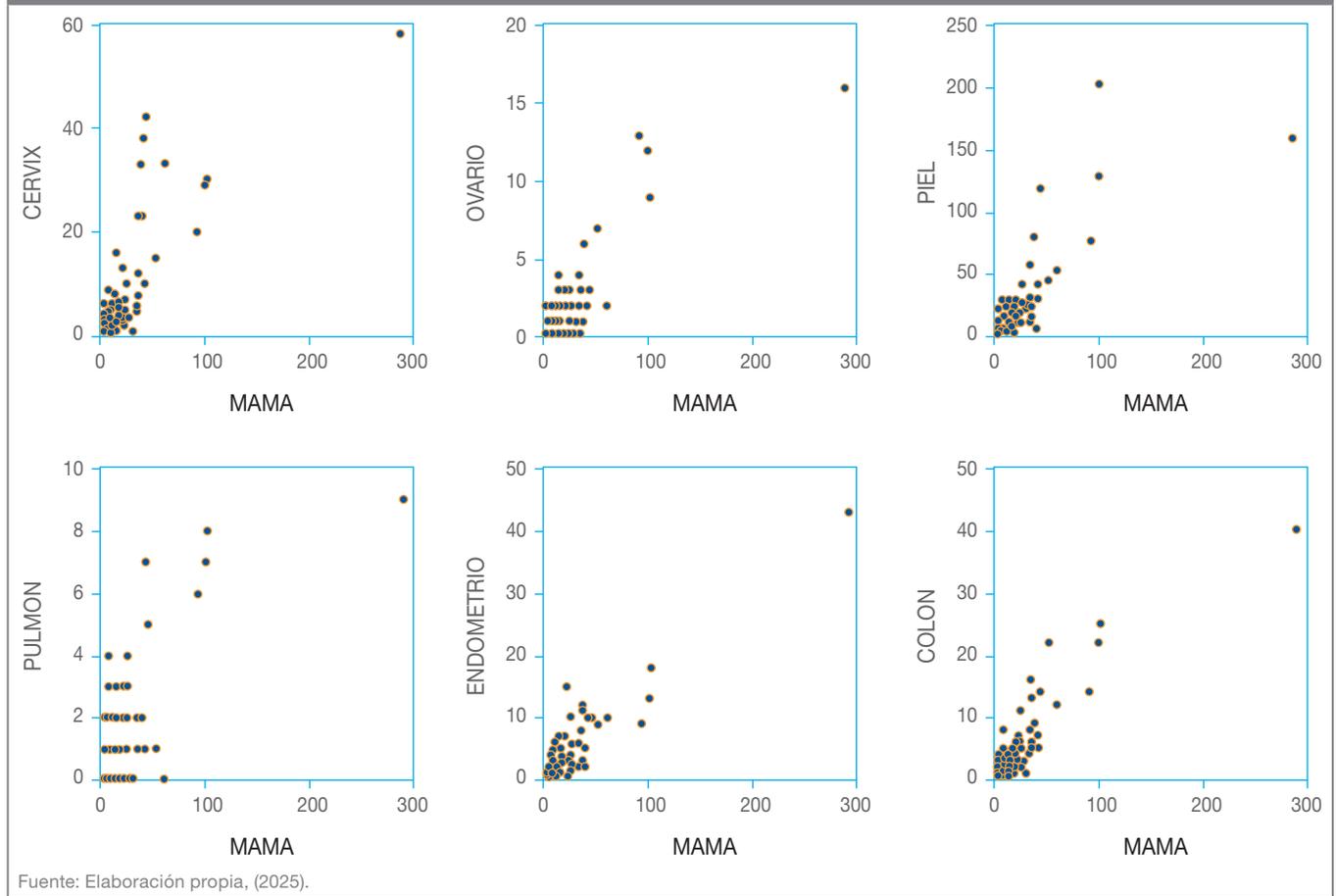


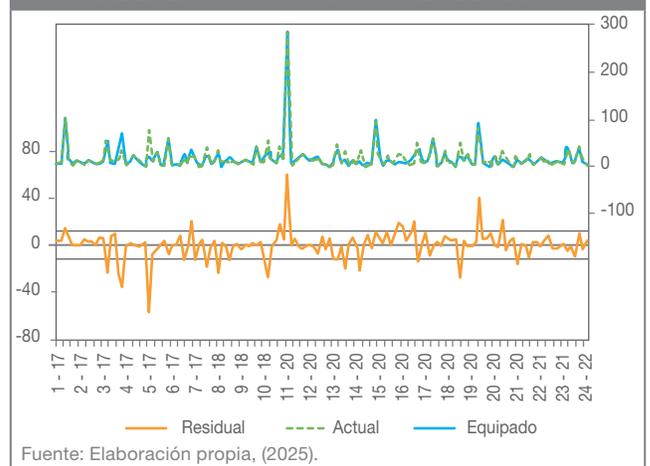
TABLA 3. INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95% PARA LOS COEFICIENTES ESTIMADOS

Variable	Coefficiente	Límite inferior	Límite superior
NEBAIS	-0.671247	-1.423456	0.080962
NNEUMONIA	0.105322	0.068612	0.142033
POB65ANOSYMAS	0.007331	0.005079	0.009583
POBTOTAL	-0.000196	-0.000443	0.000050
Constante (C)	-2.998838	-6.094667	0.096992

Fuente: Elaboración propia, (2025).

La ecuación estimada en el modelo de regresión de la tabla 2 satisface los criterios propuestos, excepto por la población total que muestra signo negativo. No es significativa, lo cual disuelve ese resultado. Se ilustra en la Figura 2 de gradiente los resultados. La constante no contribuye del todo y en las variables independientes se destacan los cantones con valores extremos.

FIGURA 2. GRADIENTE DE RESULTADOS DE LA ECUACIÓN PARA CÁNCER DE MAMA



Si a esa ecuación se agregan los otros cánceres predominantemente femeninos los estadísticos mejoran, pero eso acarrea dos inconvenientes: la población total

refuerza su signo algebraico inadecuado (se esperaba que fuera positivo) y el número de EBAIS cambia de signo (resultados de la Tabla 4). Ovario y endometrio son altamente significativos y cérvix lo es levemente menos. Cáncer de colon también supera las pruebas, pero con un valor t calculado más bajo. Ese sitio tumoral afecta de manera más o menos simétrica a ambos géneros. Cobertura de enseñanza secundaria y cáncer de piel no son significativas. De las dos poblaciones (total y mayor de 65 años), la total no muestra el signo esperado y la de ancianos sí lo hace. Parte del problema puede originarse en colinealidad o lo que Mathieu, E *et al.* sugieren en su pesquisa (Mathieu *et al.*, 2024). Es útil tomar en cuenta que Llorca y Ortún habían encontrado gran asociación entre tumor de mama, tumor de ovario y de piel (Llorca Castro y Ortún Rubio, 2010). Ciertamente ellos estudiaron mortalidad con datos correspondientes a los años 2000-2005 (en salud: las

relaciones de las variables cambian poco en el tiempo). El coeficiente múltiple de determinación es robusto (0.91) y la gráfica 3 de los residuos lo valida (sólo seis discrepancias son excesivas).

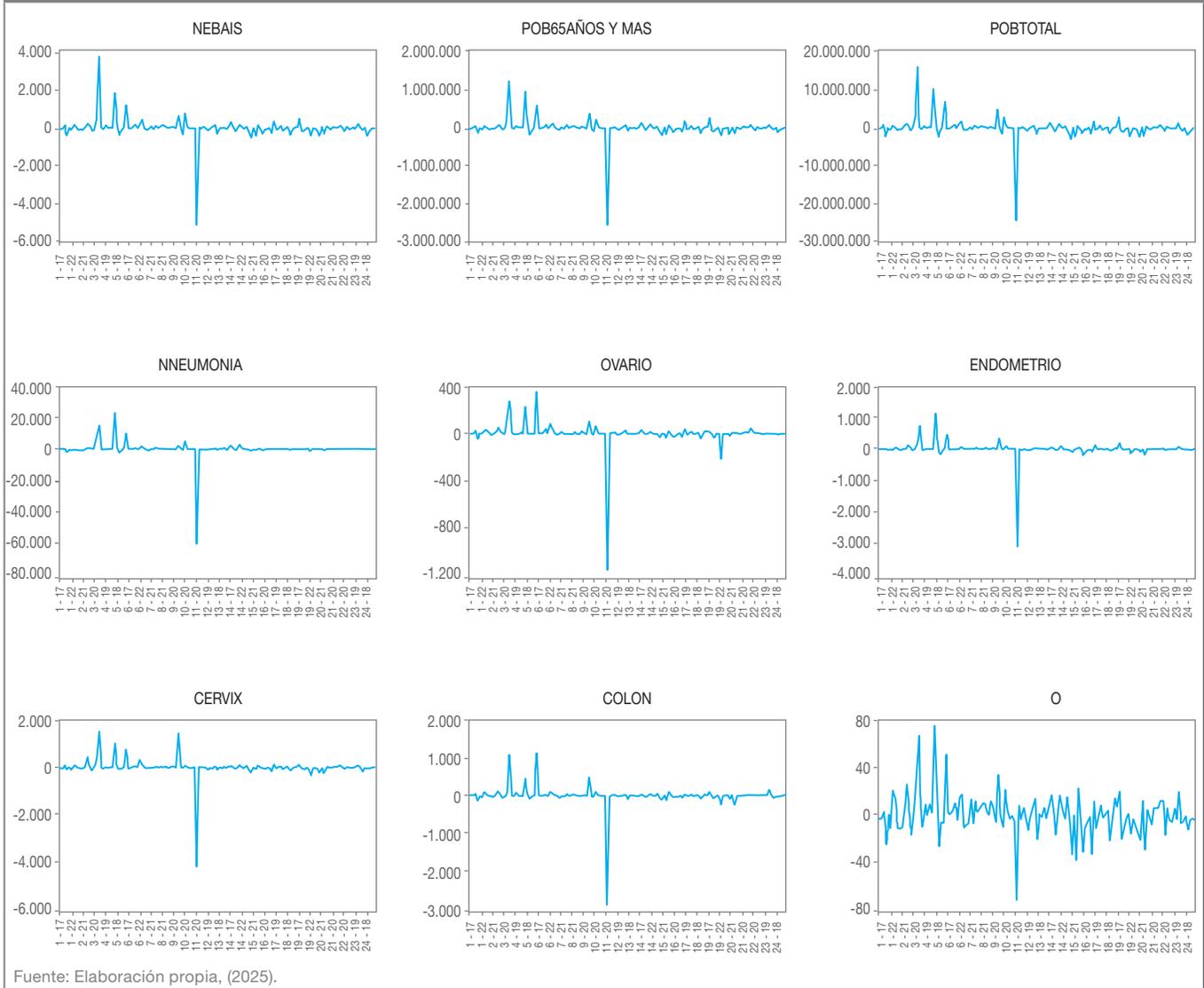
Los perfiles de los gradientes de la función objetivo valida lo afirmado respecto a las variables independientes y su contribución, con lo cual el residuo ilustra su ausencia de correlación con el sitio tumoral bajo estudio. El contraste entre el de la neumonía, el cáncer de ovario y el residuo es notable. El primero es leve, el segundo intermedio y el última muestra una elevada dispersión.

Si se incorporan cobertura de secundaria e incidencia de cáncer de piel, la prueba de F no mejora porque ninguna de las dos variables es significativa. No obstante, sus signos algebraicos son los esperados. El tumor de piel está positivamente correlacionado y valores mayores de la variable de educación media reducen

**TABLA 4. RESULTADOS DE UN SEGUNDO MODELO DE REGRESIÓN EN PANEL PARA LA INCIDENCIA DE CÁNCER DE MAMA**

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-Estadístico	Prob.
NEBAIS	0.623862	0.292630	2.131914	0.0349
POB65ANOSYMAS	0.003138	0.000944	3.322815	0.0012
POBTOTAL	-0.000049	9.64E-05	-4.241913	0.0000
NNEUMONIA	0.026023	0.015268	1.704412	0.0902
OVARIO	2.869754	0.570107	5.030377	0.0000
ENDOMETRIO	1.809310	0.404074	4.477666	0.0000
CERVIX	0.566435	0.174861	3.239345	0.0015
COLON	1.482569	0.360378	4.113942	0.0001
Constante (C)	-0.475751	1.123145	-0.423588	0.6726
<b>Estadísticos del modelo</b>				
R2	0.913923			
R2 ajustado	0.908626			
Error estándar de regresión	8.732005			
Media de la dep. var.	16.39568			
Desv. estándar de la dep.	28.88699			
Suma de residuos cuadrados	9912.228			
Log verosimilitud	-493.7925			
Estadístico F	172.5342 (p = 0.000000)			
Criterio de Akaike	7.234442			
Criterio de Schwarz	7.424266			
Criterio de Hannan-Quinn	7.311636			
Estadístico Durbin-Watson	1.629379			
Fuente: Elaboración propia, (2025).				

FIGURA 3. GRÁFICOS DE GRADIENTES DE LA FUNCIÓN OBJETIVO



la incidencia del cáncer de mama, como el paradigma de capital humano propone.

La justificación de las variables poblacionales puede reconocer las características del cáncer de mama. La población envejecida corresponde a estadios en los que ya la incidencia apareció o no lo hizo (Mathieu *et al.*, 2024). La población total es una aproximación del espacio abierto a la incidencia (en los tumores no hay contagio). Se observa una elevada correlación entre los distintos tipos de tumores, pero ésta no es homogénea. Diez de los datos cantonales superan residuos del 10%. Esto es relevante para el análisis de mapas que se expone más adelante.

La ecuación no se estimó con fines predictivos. Las variables independientes son estructurales y no es posible usarlas con objetivos de políticas sanitarias.

Para simplificar el análisis anterior de varias variables, se experimentó con una ecuación sencilla de forma reducida para explicar la incidencia del cáncer de mama normalizado por la población. Luego se explicó en términos del índice cantonal de desarrollo humano del PNUD (IDH) y del índice secuencial relativo a las provincias (ID). El coeficiente de determinación múltiple es muy bajo (0.08), correspondiente a una F calculada de 22.71. La ecuación resultante es:

$$ICM = 1,339 - 0,010 IDH - 0,001 ID$$

El intercepto (residual) y el IDH permiten rechazar la hipótesis nula de ser iguales a cero a un nivel de significancia de 0.001. La ecuación está sub identificada. El signo algebraico del coeficiente coincide con las afirmaciones de Rosero y Sierra (2007) y de Aparicio y Morera (2009), de que este cáncer no aparece prioritariamente en los cantones con mayor penuria de sus mujeres (o mejor, de sus familias en una 'óptica de pobreza multidimensional). Por supuesto que no se exige a las pobres de registrar incidencia.

### **PATRONES GEOGRÁFICOS DE INEQUIDAD EN LA INCIDENCIA DEL CÁNCER DE MAMA**

Los detalles salientes de inequidad que las siete provincias y sus respectivos cantones muestran son diversos. En San José aparecen cuatro cantones con incidencia normalizada muy alta: Desamparados, Escazú, Pérez Zeledón y Central. Hay valores altos también en algunos años para Alajuelita, Curridabat, Goicoechea y Santa Ana. Por el contrario, la incidencia es muy baja (en algunos años, incluso cero) en Dota y Turubares; registran bajísima incidencia en algunos años Acosta, León Cortés y Tarrazú. Hay una correlación negativa clarísima entre el índice de desarrollo humano y la incidencia de este sitio tumoral. Es parte de la razón por la que se estimó la ecuación de forma reducida.

En Alajuela, San Mateo y Río Cuarto siempre manifiestan baja incidencia, mientras que Poás, Zarcero, Sarchí, Los Chiles y Guatuso sólo lo hacen en algunos años. El cantón central, San Ramón y San Carlos muestran valores altos en toda la muestra. La correlación negativa se valida de nuevo.

La evidencia de la ecuación de forma reducida o la evidencia contraria a la opulencia se confirma, al menos como aproximación.

En la provincia de Cartago se repite el patrón. El cantón central exhibe alta incidencia todos los años, como lo hace La Unión. Los valores bajísimos corresponden a Alvarado y a todo Jiménez en casi la mayor parte de la muestra, lo que es un resultado menos intuitivo.

Heredia repite con su cantón central y su alta incidencia en todos los años, acompañado de San Rafael, la mayor parte de Barva, un año de San Isidro, otro de Belén y curiosamente uno de Sarapiquí (el cantón con más bajo IDH). Ninguno exhibe bajísima incidencia.

En Guanacaste, Santa Cruz, parte de Liberia, unos años de Nicoya y la mayor parte de Carrillo ilustran alta incidencia. La bajísima se muestra en la mayor parte de Nandayure y no es uniforme en Tilarán, Hojancha, La Cruz, Tilarán y Cañas. La correlación negativa con el índice de desarrollo humano es menos clara.

Puntarenas repite con el cantón central altísimo en todos los años y un año de Corredores. Bajísimos son todos los años de Puerto Jiménez, Monteverde, casi todo Garabito, algo de Parrita, Quepos, Osa y Buenos Aires. La correlación negativa con el IDH tampoco es tan rotunda.

La provincia de Limón rompe el patrón de los cantones centrales y más bien muestra dos años de bajísima incidencia, al igual que Pococí. Las altas incidencias aparecen en Siquirres, Matina, Guácimo y Talamanca de manera incompleta. El contraste con el Desarrollo Humano es menor de lo que se pensaría porque esta provincia alcanza valores bajos en esa variable.

Estos resultados son altamente coincidentes con Llorca y Ortún (2010), aunque esa investigación se refiere a mortalidad sanitariamente evitable y no a la incidencia. Las enfermedades son eso, enfermedades, y la mortalidad es el momento último de la vida. Conviene repetir con ellos que cuando la efectividad de los servicios se analiza geográficamente se consigue una buena imagen del grado de equidad conseguido.

Los seis años que se reseñan en este documento ilustran tres regularidades: la naturaleza de la incidencia no se separa demasiado de año a año (2018 puede ser la anomalía que no confirma la aserción), no es claro un patrón geográfico de la inequidad (y los cantones fronterizos no ofrecen las desigualdades mayores), y sí existe la concentración de valores altos en el centro del país, como ocurre con el índice cantonal de desarrollo humano, y las tasas estandarizadas máximas y mínimas ilustran un relativo patrón de repitencia.

En línea con la contribución de Aparicio y Morera (2010) al proyecto de Farmacoeconomía del CCP, se elaboraron seis mapas con la tasa estandarizada de casos de cáncer de mama (por 100.000 habitantes). El de 2017, el inicial, repite el patrón que va por la carretera interamericana de Puntarenas a Cartago (que esos autores del CCP notaron), pero se acompaña de Pérez Zeledón, San Carlos y Liberia en la categoría de alta

incidencia (esto es una aproximación porque ellos operan con áreas de salud, no con cantones).

La situación epidemiológica se agrava en 2018 cuando se agregan Carrillo, Santa Cruz, Nicoya y Turrialba. Incidencias menores también se incrementan. Para 2019 ya no está Nicoya, pero se suman Guatuso, Los Chiles y Sarapiquí en un entorno de mayor incidencia. Puede que se haya fortalecido la detección mediante equipo y personal gineco-oncológico y por eso la mayor detección. Es un tema que espera por mayor investigación institucional.

La incidencia es menor que en el lapso 2000-2004, pero el patrón es llamativo. Crece desde 16,06 en 2017 a 16,98 en 2020 por cada 100.000 mujeres. Los dos últimos años son de caída considerable para terminar en 14,05 en 2022. Aparicio y Morera (2010) destacan baja incidencia en la Zona Norte que se contrasta con la que ocurre 15 años después. En las zonas fronterizas el patrón es similar, pero San Carlos, Pococí y en un año Sarapiquí lo contradicen plenamente.

En la Figura 5 se muestran seis mapas de la incidencia estandarizada de cáncer de mama entre los años 2017 y 2022.

Para 2020 Sarapiquí revela caída en la incidencia, pero entonces Pococí y Limón lo sustituyen. Es este el año más significativo de la pandemia. Hay un “emblanquecimiento” (cantones con menor incidencia) en 2021 (cuando inicia la recuperación de las actividades), pero Pococí y Liberia regresan a alta incidencia. Por último, 2022 retoma el oscurecimiento con Carrillo y parte de la región Caribe mostrando menor incidencia.

Si alguien afirma que algunos de estos resultados cantonales no son esperables o que queda bastante por explicar, no hay evidencia que le contradiga.

Los mapas son una forma de aproximar visualmente percepciones que las ecuaciones y los estadísticos de los datos no comunican de forma directa o, mejor, las complementan. Se piensa que en futuras fases ese abordaje multifuente puede ser útil. Está claro que el empleo de mapas cantonales es un abordaje que los autores han venido utilizando y ojalá que comunicando y entendiendo mejor (Vargas, 2019; Xirinachs, Salazar *et al.*, 2025).

## CONCLUSIONES

A partir de una revisión de estudios costarricenses sobre el cáncer, se ofrece un cuasimarco conceptual, este artículo examina las desigualdades geográficas y socioeconómicas en la incidencia del cáncer de mama en Costa Rica. Se utilizan mapas cantonales que indican la severidad de la incidencia. También se utilizan técnicas de análisis estadístico (panel de datos, componentes principales y mapas temáticos).

El estudio confirma que existen desigualdades geográficas y socioeconómicas en la incidencia del cáncer de mama en Costa Rica. Se identifican patrones inesperados: la mayor incidencia se concentra en cantones con mayores niveles de desarrollo humano, lo que sugiere dinámicas complejas de acceso, detección y factores de riesgo. Esto es contrario a lo que se esperaría con la pobreza y otras patologías sociales. Este hallazgo coincide con investigaciones previas de Rosero y Sierra (2007) y Aparicio y Morera (2009).

Este patrón identificado sugiere dinámicas complejas relacionadas con el acceso, la detección y los factores de riesgo del cáncer de mama. Por lo cual es conveniente investigar con más detalle sobre este importante cuadro clínico.

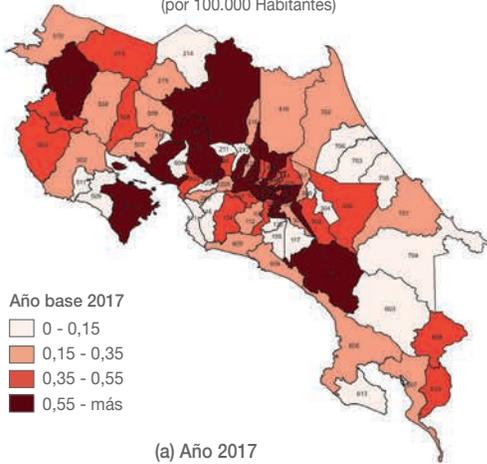
Este es un antecedente de la elaboración de la nueva versión de los mapas, que serán cantonales y no por áreas de salud. Puede ser útil observar que, en una alta proporción, ese conflicto no se valida, hay bastante coincidencia. Puede retomarse el nuevo marco que será más claro para el público en general y permite que las autoridades cantonales puedan sumarse a las acciones de la salud de manera más clara y directa.

Se presentan también limitaciones estructurales para el uso de modelos predictivos. Las variables independientes utilizadas son estructurales y no se pueden usar directamente para objetivos de políticas sanitarias predictivas. Las limitaciones de acceso a los datos en esta década también es un limitante.

Finalmente, los resultados tienen implicaciones importantes para el diseño de políticas de equidad en salud focalizadas entre los cantones a fin de llegar a los lugares con más necesidades. La geografía, en este sentido, puede ser un “destino”.

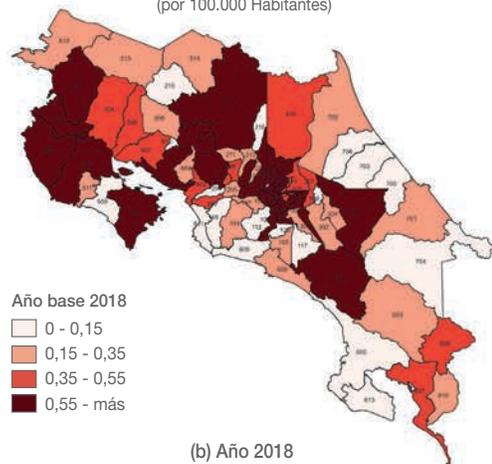
**FIGURA 4. TASA ESTANDARIZADA DE CASOS DE CÁNCER DE MAMA POR CANTÓN, 2017-2022 (POR 100.000 HABITANTES)**

Tasa estandarizada de Casos de Cáncer de Mama para el año 2017  
(por 100.000 Habitantes)



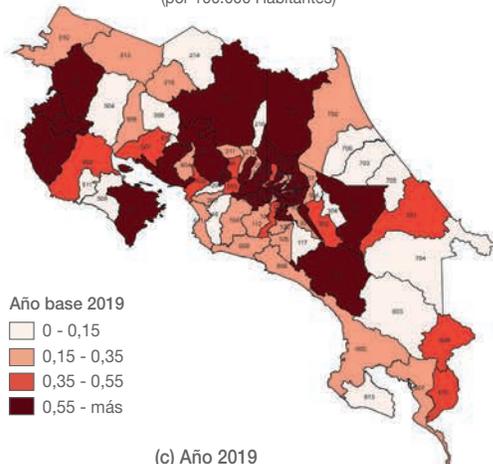
(a) Año 2017

Tasa estandarizada de Casos de Cáncer de Mama para el año 2018  
(por 100.000 Habitantes)



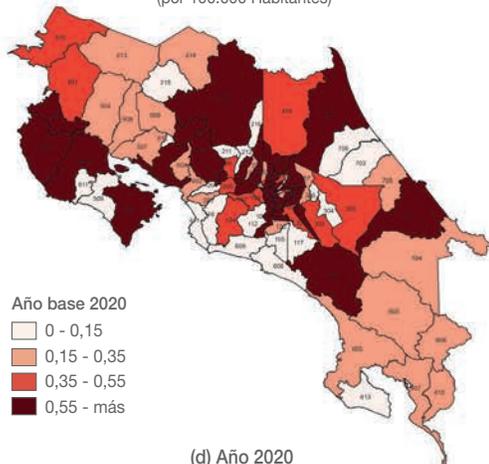
(b) Año 2018

Tasa estandarizada de Casos de Cáncer de Mama para el año 2019  
(por 100.000 Habitantes)



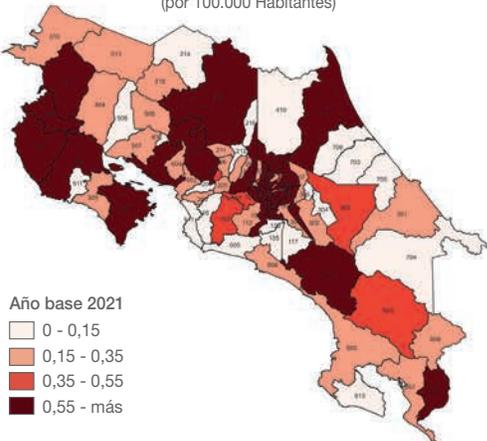
(c) Año 2019

Tasa estandarizada de Casos de Cáncer de Mama para el año 2020  
(por 100.000 Habitantes)

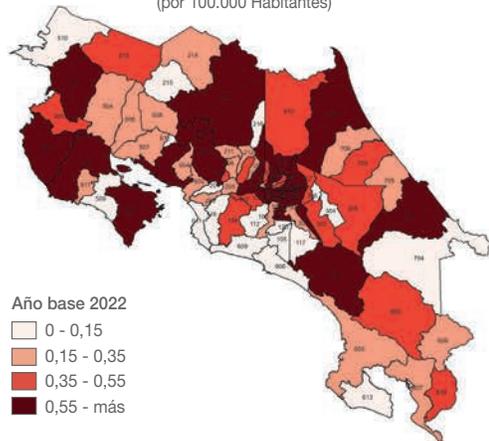


(d) Año 2020

Tasa estandarizada de Casos de Cáncer de Mama para el año 2021  
(por 100.000 Habitantes)



Tasa estandarizada de Casos de Cáncer de Mama para el año 2022  
(por 100.000 Habitantes)



Fuente: Elaboración propia, (2025).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, A., y Morera Salas, M. (2007). *Atlas de la mortalidad por cáncer Costa Rica 2000-2005*.
- Aparicio, A., y Morera Salas, M. (2009). *Atlas de la mortalidad por todas las causas Costa Rica 2000-2007*.
- Aparicio Llanos, A., y Morera Salas, M. (2010). *Atlas de incidencia por cáncer en Costa Rica 2000-2004: Patrones geográficos y variabilidad entre áreas de salud*. EDNASSS.
- Chei CL, Nakamura S, Watanabe K, Mizutani T, Narimatsu H. Assessing the performance of chest x-ray screening in detecting early-stage lung cancer in the general population. *Int J Cancer*. 2025 Jun 1;156(11):2127-2139. doi: 10.1002/ijc.35316. Epub 2024 Dec 30. PMID: 39740075.
- Hernández, B., et al. (2022). Impact of the Salud Mesoamerica Initiative on delivery care choices in Guatemala, Honduras, and Nicaragua. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 22 (1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12884-021-04279-2>
- Hernández, K., y Sáenz, I. (2006). *Primera Encuesta Nacional de Salud (ENSA 2006): Informe técnico y primeros resultados*. Centro Centroamericano de Población. <https://ccp.ucr.ac.cr/farmacoeconomia/documentos/ENSA/informetecnicoyprimerosresultadosENSA.pdf>
- Llorca Castro, F., y Ortún Rubio, V. (2010). Mortalidad innecesariamente prematura y sanitariamente evitable en Costa Rica. *Revista Española de Salud Pública*, 84 (6), 771-787.
- Mathieu, E., Noguchi, N., Li, T., Barratt, A. L., Hersch, J. K., De Bock, G. H., Wylie, E. J., y Houssami, N. (2024). Health benefits and harms of mammography screening in older women (75+ years): A systematic review. *British Journal of Cancer*, 130 (2), 275-296. <https://doi.org/10.1038/s41416-023-02504-7>
- Mohammadpour, S., et al. (2022). A systematic literature review on indirect costs of women with breast cancer. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 20 (1), 68. <https://doi.org/10.1186/s12962-022-00408-6>
- Mora-García, C. A., Pesec, M., & Prado, A. M. (2024). The effect of primary healthcare on mortality: Evidence from Costa Rica. *Journal of Health Economics*, 93, 102833.
- Morera Salas, M. (2009). Inequidad en salud en Costa Rica: Una realidad que no debemos ignorar. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 18 (2), 64-65.
- Morera Salas, M., Llanos, A. A., Pérez, P. B., Salazar, Y. X., Villafuerte, K. H., y Brenes, J.R. V. (2009). Determinantes y diferencias del estado de salud entre regiones de Costa Rica. *Población y Salud en Mesoamérica*. <https://doi.org/10.15517/psm.v7i1.1093>
- Morera Salas, M. M., Aparicio, A., Barber, P., Hernández, K., Vargas, J. R., y Xirinachs, Y. (2007). *Diferencias socioeconómicas en la utilización y acceso de los servicios de salud como aproximación a la equidad en salud en Costa Rica*. IV Jornada de Economía de la Salud. <https://ccp.ucr.ac.cr/farmacoeconomia/documentos/ENSA/ViJornadas/Sesion2/utilizacionyacceso-Morera.pdf>
- Ramírez Monge, A., Gutiérrez-Espeleta, G. A., y Loáiciga Vega, K. (2004). Familial Breast Cancer in Costa Rica: An Initial Approach. *Revista de Biología Tropical*, 52 (3), 531-536.
- Rosero-Bixby, L. (2004). Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: A GIS- based study. *Social Science & Medicine* (1982), 58 (7), 1271-1284. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(03\)00322-8](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(03)00322-8)
- Rosero-Bixby, L. (2005). Acceso y disponibilidad de servicios de salud en Costa Rica 2000. En Rosero Bixby, L. (Editor), *Costa Rica a la luz del censo del 2000*. [https://roserobixby.com/RoseroBixby/Publicaciones\\_files/33.pdf](https://roserobixby.com/RoseroBixby/Publicaciones_files/33.pdf)
- Rosero-Bixby, L., y Güell, D. (1998). *Oferta y acceso a los servicios de salud en Costa Rica: Estudio basado en un sistema de información geográfica (GIS)*. <http://biblioteca.ccp.ucr.ac.cr/handle/123456789/1103>
- Rosero-Bixby, L., y Sierra, R. (2007). X-ray screening seems to reduce gastric cancer mortality by half in a community-controlled trial in Costa Rica. *British Journal of Cancer*, 97 (7), 837-843. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6603729>
- Sanigest Solutions. (2007). *Estudio de la Carga de la enfermedad en Costa Rica*. Ministerio de Salud. <https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Estimaci%C3%B3n%20de%20carga%20de%20enfermedad%20en%20Costa%20Rica,%202005.pdf>
- Vargas Brenes, J. R. V. (2012). Las reformas de los sistemas de salud en Costa Rica. *Revista Reflexiones*, 181-190. <https://doi.org/10.15517/rr.v0i0.1532>
- Vargas, J. R. (2019). *Epidemiología económica de las enfermedades transmisibles con énfasis en las de transmisión vectorial*. Working Papers, Artículo 201902. <https://ideas.repec.org/p/fcr/wpaper/201902.html>

- Vargas, J., Zúñiga-Brenes, P., Vindas, A., y Elizondo-Lara, M. (2010). *Costa Rica: ¿gasto catastrófico o únicamente gasto de bolsillo?* <https://ccp.ucr.ac.cr/farmacoeconomia/documentos/Publicaciones/2%20-%20AES%202010%20-%20JRVargas%20PZu%C3%BligaB%20AVindas%20MElizondoL.pdf>
- Xirinachs Salazar, Y., Jiménez Camacho, B., Villalobos Ledezma, J., y Vargas, J. R. (2025). Costa Rica: Dengue en 2024. *LOGOS*. <https://dspace.ulead.ac.cr/handle/123456789/299>
- Zúñiga-Brenes, M. P., Vargas, J. R., y Vindas, A. (2013). Out-of-pocket and catastrophic health expenditure puzzle–The Costa Rican experience. *Financing Health in Latin America*, 1. <https://scholar.google.com/scholar?cluster=11299622549721205782&hl=en&oi=scholar>





# LA CONCENTRACIÓN Y PROXIMIDAD DE LOS PAÍSES QUE IMPORTAN BIENES DESDE COSTA RICA

Recibido: 30 de mayo, 2025 • Revisado: 16 de junio, 2025 • Aceptado: 30 de junio, 2025

Sandro Zolezzi Hernández

## RESUMEN

En 2024, el valor de las exportaciones de bienes de Costa Rica alcanzó un récord de \$19,900 millones, con una tasa de crecimiento del 9,6% respecto a 2023. Los 20 principales productos representaron cerca del 70% de dichas exportaciones. La concentración de los países importadores aumentó a 0,64 según el índice de Herfindahl y la distancia promedio entre Costa Rica y sus socios comerciales fue de solo 2,381 kilómetros. Esto indica que, a pesar de muchos esfuerzos, el país presenta poca diversificación de productos y pocos destinos y muy cercanos para las exportaciones de bienes del país.

**Palabras clave:** Exportaciones, bienes, concentración, destinos, distancia, Costa Rica

## ABSTRACT

In 2024, the value of Costa Rica's good exports reached a record \$19.9 billion, with a growth rate of 9.6% compared to 2023. The top 20 products accounted for nearly 70% of exports. The concentration of importing countries increased to 0.64 according to the Herfindahl index, and the average distance between Costa Rica and its trading partners was only 2,381 kilometers. This indicates that, despite many efforts, the country has little product diversification and few nearby destinations for its good exports.

**Key words:** Exports, goods, concentration, destinations, distance, Costa Rica.

Sandro Zolezzi Hernández es Investigador Asociado de la Universidad LEAD y Research Fellow de la Academia de Centroamérica.

## INTRODUCCIÓN

A finales de los años 80, la estructura de exportaciones de Costa Rica cambió significativamente. En 1990, las manufacturas representaban el 29,8% y los bienes primarios el 61%. Para 2000, las manufacturas alcanzaron el 75,7% y los bienes primarios bajaron al 24,3%. Entre 1990 y 2000, las exportaciones crecieron un promedio anual del 15,7%. Sin embargo, entre 2000 y 2012, el crecimiento se redujo al 5,5%. Entre los años 2012 y 2024, las exportaciones de bienes primarios se mantuvieron en un promedio ponderado de 23,4%, y la tasa geométrica de crecimiento anual del total de bienes exportados por Costa Rica fue de 7,1%.

Según los datos definitivos publicados por el INEC (2024), en 2023 los principales productos de exportación de Costa Rica incluyen instrumentos de la industria médica, aparatos de ortopedia y frutas frescas. Las regiones de América y Europa representaron el 72,49% y el 18,85% del valor total de las exportaciones, respectivamente. Los principales destinos fueron EE.UU. (45,03%), Países Bajos (8,12%), Guatemala (4,99%), Bélgica (4,25%) y Nicaragua (3,90%). Se exportaron 5.139 productos a 167 países.

En 2023, los cinco principales destinos representaron el 66,3% de las exportaciones del país, mientras que los restantes 162 destinos sumaron el 33,7%, indicando alta concentración. Los cinco principales productos abarcaron el 41,6% de las exportaciones, y los otros 5.134 productos el 58,4%, mostrando baja diversificación.

A pesar del crecimiento desde los años 80 en productos exportados y países de destino, persisten la baja diversificación de productos y alta concentración de destinos. Usando nuevos indicadores de comercio a nivel de producto se intentará dilucidar que está pasando con las exportaciones de bienes de Costa Rica.

## NUEVOS INDICADORES DE COMERCIO

Trade Map es una plataforma en línea de estadísticas comerciales para el desarrollo empresarial internacional. Ofrece datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales, incluyendo valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento y cuotas de mercado, entre otros indicadores. Desde la actualización del 29 de abril de 2025, los indicadores de

comercio mundial de 2024 ya están disponibles basados en datos de 103 países, incluyendo Costa Rica.

- Dentro de los indicadores de comercio destacan:
- Valor exportado en 2024 (millones de dólares)
- Balanza comercial en 2024 (millones de dólares)
- Crecimiento anual promedio en valor exportado entre 2020-2024 (%)
- Crecimiento anual promedio de las importaciones mundiales entre 2020-2024 (%)
- Participación en las exportaciones mundiales en 2024 (%)
- Ranking de exportaciones mundiales (2024)
- Distancia media de los países importadores en 2024 (km)
- Concentración de países importadores (2024)

## METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LOS INDICADORES

### Crecimiento anual promedio en valor de importaciones y exportaciones

La fórmula de cálculo de la tasa continua de crecimiento  $k$  en porcentaje a lo largo de cinco años de la serie es la siguiente:

$$k = 100e^{\left(\frac{\sum_1^5 i l(v_i) - 3 \sum_1^5 \ln(v_i)}{10}\right) - 1}$$

donde  $v_i$  es el valor del  $i$ -ésimo año en dólares estadounidenses corrientes.

### Distancia media desde los países importadores (km)

Para un producto seleccionado, la distancia promedio de los países proveedores o importadores corresponde a la distancia promedio entre el país seleccionado y todos sus países socios ponderada por los valores comerciales. La fuente de los datos para la distancia geográfica entre dos países es la base de datos CEPII (Mayer T. y S. Zignago, 2006), "GeoDist: las distancias del CEPII y la base de datos geográfica", MPRA Paper 31243). Mide la distancia promedio entre dos países correspondiente a un peso geográfico entre los principales centros económicos de cada país.

Este indicador permite al usuario conocer la distancia promedio entre el mercado objetivo y sus países proveedores o importadores. Este indicador ayuda a

responder la siguiente pregunta: ¿El mercado se abastece principalmente con socios regionales? A modo de ejemplo, en la tabla relativa a las importaciones de naranjas de Alemania, la distancia media indicada para España corresponde a la distancia de los mercados importadores españoles ponderada por el comercio. Esta distancia no es muy significativa, por lo que se puede concluir que las naranjas españolas se exportan principalmente a los mercados de la Unión Europea o a los países del Magreb<sup>1</sup>.

### Concentración de países importadores

La concentración se basa en el índice de Herfindahl (1950). Se calcula elevando al cuadrado la participación de cada país en el mercado seleccionado y sumando los resultados.

$$H = \sum_{i=1}^N s_i^2$$

donde  $s_i$  es la cuota de mercado del país  $i$  y  $N$  es el número de países. El índice de Herfindahl ( $H$ ) varía de  $1/N$  a uno. Ejemplo: 3 países ( $N=3$ ), el primer país tiene el 50% de la participación de mercado, el segundo y el tercero tienen cada uno el 25% de la participación de mercado:

$$\text{Índice } H = (0.5)^2 + (0.25)^2 + (0.25)^2 = 0.375$$

A título informativo, las autoridades federales anti-monopolio de Estados Unidos, como el Departamento de Justicia y la Comisión Federal de Comercio, utilizan el índice Herfindahl como herramienta de análisis para determinar si una fusión propuesta podría generar problemas de competencia. Consideran que los índices Herfindahl entre 0,1000 y 0,1800 están moderadamente concentrados, y los índices superiores a 0,1800, concentrados.

### Valor exportado

Refleja el valor total de las ventas de un producto al exterior de un país. Para el caso de Costa Rica las fuentes utilizadas por la plataforma Trade Map son el Banco Central de Costa Rica (BCCR) y Procomer.

### Balanza comercial

Es un registro económico que muestra la diferencia entre el valor de las exportaciones e importaciones

de un producto durante un periodo específico. Para el caso de Costa Rica las fuentes utilizadas por la plataforma Trade Map son el Banco Central de Costa Rica (BCCR) y Procomer

### Participación en las exportaciones mundiales

Se refiere a la proporción que un producto representa en el total de las exportaciones de ese producto en todo el mundo

### Ranking de exportaciones mundiales

Es una lista que clasifica los países según el valor de las exportaciones de un producto específico. Muestra el tamaño relativo de las exportaciones de un producto de un país en comparación con otros

## ANÁLISIS COMPETITIVO DE LOS 20 PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS

En la tabla 1 se describen los principales productos por código arancelario de 6 dígitos (HS-6) exportados por Costa Rica en 2024. Estos 20 productos representan casi el 70% del valor exportado por el país ese año.

Usando los nuevos indicadores de comercio se puede hacer un análisis de la competitividad de los 20 principales productos exportados por el país en 2024 (Tabla 2). En la Figura 1 se observa el crecimiento de la oferta nacional y la demanda internacional de estos productos en el período 2020-2024. Los productos de los sectores en declive se refieren a aquellos que han experimentado un crecimiento anual en las importaciones globales inferior al promedio mundial del 7% entre 2020 y 2024. Por otro lado, se consideran perdedores aquellos productos cuyos sectores han visto un descenso anual en su participación en las exportaciones mundiales durante el mismo período.

El modelo sugiere que 13 de los principales 20 productos exportados (HS-6) 901830, 901890, 902139, 210660, 901819, 090111 (Café), 854449, 300215, 401110, 071410 (Yuca), 200899, 210390 y 020230 son productos de sectores en crecimiento. La importación mundial de los productos estos sectores crecieron a tasas mayores o iguales al 7% promedio mundial anual en el quinquenio 2020-2024. En esta lista de sectores en crecimiento

<sup>1</sup> El Magreb lo constituye la región del norte de África formada por Mauritania, Marruecos, Argelia, Túnez y Libia. Esta zona es estratégica para España por su proximidad geográfica, por su vinculación histórica y por la densidad de intercambios humanos, económicos y culturales que se producen

**TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES 20 PRODUCTOS EXPORTADOS POR COSTA RICA EN 2024 (MILLONES DE DÓLARES)**

#	HS-6	Descripción	Exportación
1	901839	Agujas, catéteres, cánulas y similares, utilizados en medicina, cirugía, odontología o veterinaria	3.238,4
2	901890	Instrumentos y aparatos utilizados en ciencias médicas, quirúrgicas o veterinarias	2.886,5
3	902139	Partes artificiales del cuerpo (exc. dientes artificiales, aparatos de odontología y articulaciones artificiales)	1.455,7
4	080430	Piñas frescas o secas	1.362,6
5	080390	Bananos frescos o secos	1.201,5
6	210690	Preparaciones alimenticias diversas	943,7
7	901819	Aparatos de electrodiagnóstico	516,8
8	090111	Café (excepto tostado y descafeinado)	344,7
9	854449	Conductores eléctricos, para una tensión menores iguales a 1.000 V, aislados, no provistos de conectores	210,8
10	300215	Productos inmunológicos, dosificados o acondicionados para la venta al por menor	190,4
11	151110	Aceite de palma crudo	185,0
12	401110	Neumáticos nuevos de caucho, de los tipos utilizados en automóviles de turismo, incluidos los familiares y los de competición	176,1
13	071410	Raíces y tubérculos de mandioca (yuca) frescos, refrigerados, congelados o secos	146,7
14	392690	Manufacturas de plástico y manufacturas de otras materias de las partidas 3901 a 3914	139,9
15	300490	Medicamentos constituidos por productos mezclados o sin mezclar, con fines terapéuticos o profilácticos	132,3
16	200899	Frutos y demás partes comestibles de plantas, preparados o conservados	126,6
17	961900	Compresas y tampones higiénicos, pañales y protectores de pañales, y artículos similares	124,7
18	210390	Preparaciones para salsas y salsas preparadas; condimentos y sazónadores, compuestos	120,2
19	020230	Carne deshuesada y congelada de animales de la especie bovina	110,1
20	901832	Agujas metálicas tubulares y agujas para suturas, utilizadas en medicina, cirugía, odontología o veterinaria	106,9
Total de los principales 20 productos exportados			13.719,6
Total de productos exportados por el país			19.899,7
Importancia de los principales 20 productos exportados			68,9%

Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map, mayo 2025. [www.trademap.org](http://www.trademap.org)

no aparecen los principales productos agrícolas exportados en 2024 como 080430 (Piña) y 080390 (Banano), pero si aparecen la yuca y el café con gran potencial exportador.

Sin embargo, la participación de las exportaciones de Costa Rica en las exportaciones mundiales de los productos 090111 (Café), 300215 y 020230 decreció cada año 12,1%, 9,5% y 3,5% respectivamente durante el quinquenio 2020-2024, sin aprovechar de esa manera el crecimiento mundial de las importaciones (demanda) de esos productos.

En el Figura 2, por su parte, se puede observar la concentración y distancia media a los países de destino de los principales 20 productos exportados por Costa Rica en 2024.

La alta concentración de destinos de exportaciones de bienes significa que la mayoría de las exportaciones de un país se dirigen a un número reducido de países o regiones, en vez de estar distribuidas entre muchos destinos diferentes. Esta concentración puede causar dependencias económicas hacia unos pocos mercados y complicar la diversificación de los riesgos (Figura 2).

En las Tabla 3 y 4 del Anexo 1 se muestran las estadísticas descriptivas de los indicadores seleccionados para este artículo para el año 2024. Para toda la base de datos (Tabla 3) la media de concentración es 0,64 y la distancia media de los importadores es 2.381 kilómetros. Existe correlación de Spearman (1904) negativa y estadísticamente significativa al 1%<sup>2</sup> entre el índice de concentración y la distancia desde Costa Rica a los destinos de las

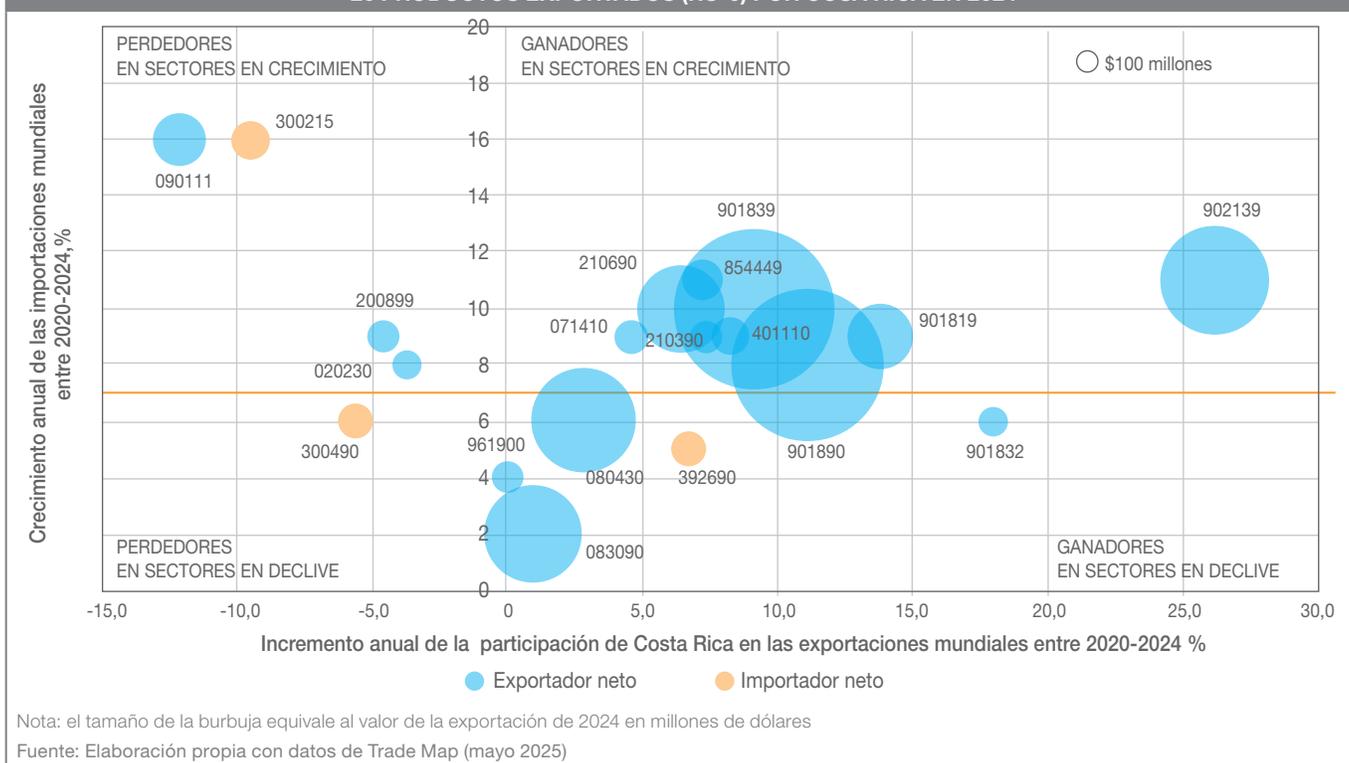
<sup>2</sup> Un resultado es estadísticamente significativo al 1% cuando el valor p de una prueba de hipótesis es menor o igual a 0,01 (o 1%), lo que indica una baja probabilidad de que los resultados observados ocurran por azar si la hipótesis nula es verdadera

**TABLA 2. INDICADORES DE COMERCIO DE LOS PRINCIPALES 20 PRODUCTOS EXPORTADOS POR COSTA RICA EN 2024**

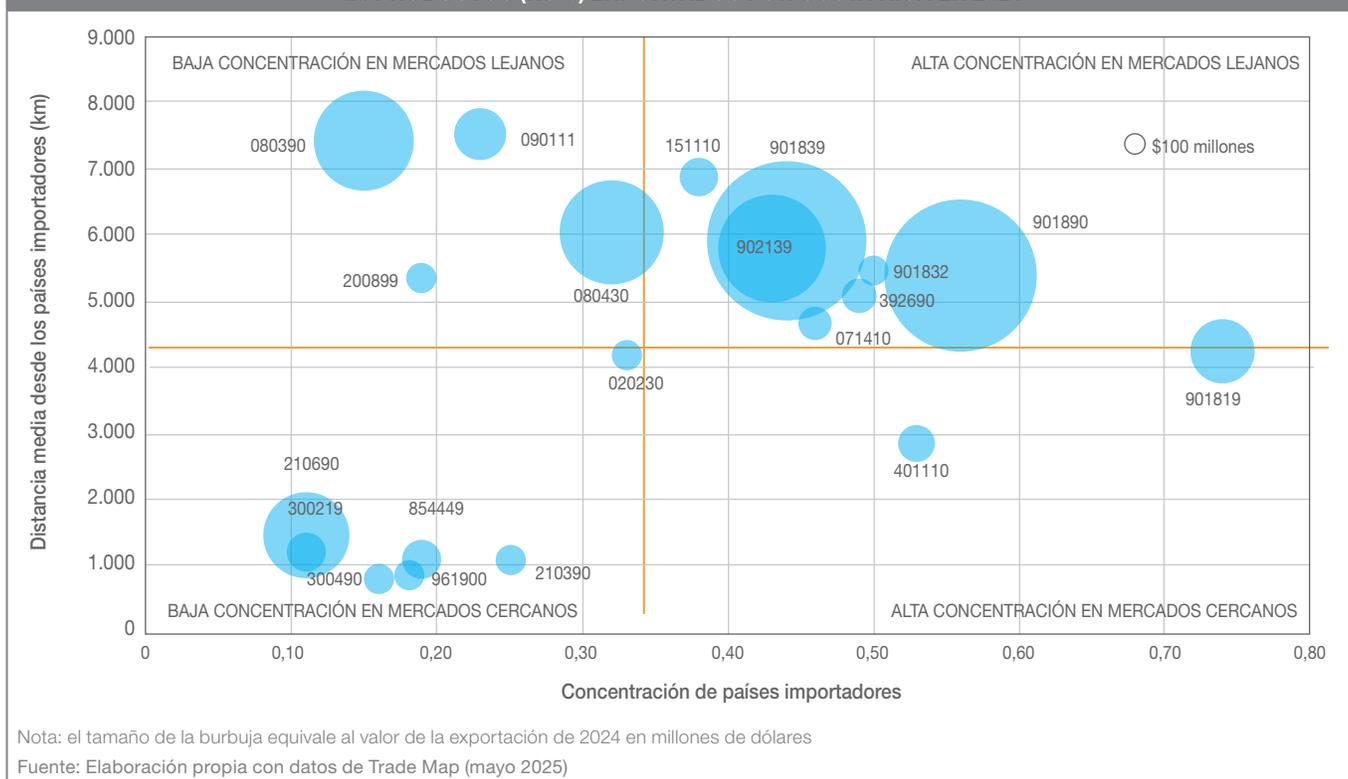
#	HS-6	Crecimiento anual promedio en valor exportado entre 2020-2024 (%)	Crecimiento anual promedio de las importaciones mundiales entre 2020-2024 (%)	Participación en las exportaciones mundiales (%)	Ranking de exportaciones mundiales	Distancia media de los países importadores (km)	Concentración de países importadores
1	901839	20	10	7,0	5	5.907	0,44
2	901890	20	8	3,4	7	5.407	0,56
3	902139	40	11	7,7	4	5.796	0,43
4	080430	9	6	50,2	1	6.045	0,32
5	080390	3	2	8,3	3	7.417	0,15
6	210690	17	10	1,4	19	1.459	0,11
7	901819	24	9	2,4	10	4.226	0,74
8	090111	2	16	1,0	16	7.521	0,23
9	854449	19	11	0,5	35	1.091	0,19
10	300215	5	16	0,1	28	1.213	0,11
11	151110	8	- 1	1,9	8	6.855	0,38
12	401110	18	9	0,3	34	2.831	0,53
13	071410	14	9	7,6	4	5.083	0,49
14	392690	12	5	0,2	42	4.659	0,46
15	300490	--	6	--	61	774	0,16
16	200899	4	9	2,1	14	5.345	0,19
17	961900	4	4	0,7	24	852	0,18
18	210390	17	9	0,7	27	1.068	0,25
19	020230	4	8	0,3	24	4.193	0,33
20	901832	25	6	2,7	13	5.458	0,50

Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map, mayo 2025. www.trademap.org

**FIGURA 1. CRECIMIENTO DE LA OFERTA NACIONAL Y DEMANDA INTERNACIONAL DE LOS PRINCIPALES 20 PRODUCTOS EXPORTADOS (HS-6) POR COSTA RICA EN 2024**



**FIGURA 2. CONCENTRACIÓN Y DISTANCIA PROMEDIO A LOS PAÍSES DE DESTINO DE LOS PRINCIPALES 20 PRODUCTOS (HS-6) EXPORTADOS POR COSTA RICA EN 2024**



exportaciones. Al analizar los mismos indicadores para los principales 20 productos exportados en 2024 (Tabla 4) los resultados varían sustancialmente. La media de concentración cae cerca de 47% a 0,34 y la distancia media crece 74,7% a 4.160 kilómetros.

La mayoría de las exportaciones de dispositivos médicos tiene pocos mercados importadores y son relativamente cercanos. Los mayores productos exportados del sector agrícola tienen más compradores (menor concentración) a distancias similares que las exportaciones de dispositivos médicos. La mayoría del resto de productos agroalimentarios son exportados a varios destinos (menor concentración) en las cercanías de América Central. Costa Rica debiera centrarse en explorar y desarrollar relaciones con países que aún no son socios comerciales importantes.

Para reducir la concentración del comercio exterior en los países importadores, los países pueden diversificar sus mercados de exportación, fomentar la inversión en nuevas industrias e implementar políticas que fomenten el comercio con una gama más amplia de socios.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CONCENTRACIÓN DE DESTINOS DE EXPORTACIÓN

### Ventajas

- Relaciones comerciales sólidas: La concentración puede indicar relaciones comerciales bien establecidas con algunos países o regiones, lo que facilita el comercio y la inversión
- Especialización: Permite que una economía se especialice en la producción de ciertos bienes y servicios, lo que puede aumentar la eficiencia y la competitividad
- Eficiencia logística: La concentración puede reducir los costos logísticos y facilitar el transporte de bienes hacia un número limitado de destinos

### Desventajas

- Vulnerabilidad: La economía depende de pocos mercados, haciéndola susceptible a cambios en la demanda o políticas

- Dificultad para diversificar: La concentración limita la diversificación y la expansión a nuevos mercados, afectando el crecimiento
- Riesgo de fluctuaciones: Los precios y la demanda en estos mercados pueden variar, impactando negativamente las exportaciones y la economía.

## CONCLUSIONES

La evidencia empírica muestra que desde los años 80 ha habido alta concentración de países importadores de productos de Costa Rica. Entre 1984 y 1989 las exportaciones no tradicionales (e.g., manufacturas y agroindustriales) costarricenses crecieron a una tasa promedio anual de 33%. EE.UU. fue el mayor destino de esas exportaciones durante ese periodo con un 61% promedio de participación (Monge y González, 1994). Esta alta concentración se acentuó mucho más en la medida que las manufacturas representaron cerca del 77% de las exportaciones de bienes entre 2012 y 2024.

El índice de concentración para todos los productos analizados del 2024 ascendió a 0,64 a pesar de los más de 150 destinos para ese año que informaron COMEX y PROCOMER. Eso muestra que no basta informar que hubo muchos países que fueron destino de nuestras exportaciones o, equivalentemente, que hubo muchos países que importaron nuestros productos. Es vital calcular y monitorear la participación de cada uno de esos destinos en estas exportaciones para disminuir el riesgo de alta concentración. Las

cifras recientes indican que muy pocos destinos se llevan gran parte del valor de los productos exportados de Costa Rica.

Por otro lado, la distancia promedio de los países importadores, que corresponde a la distancia promedio entre Costa Rica y todos sus países socios ponderada por los valores comerciales, ascendió a solo 2.381 kilómetros en 2024. Esto indica que, a pesar de muchos esfuerzos, el país presenta poca diversificación de productos y pocos destinos y muy cercanos para las exportaciones de bienes del país. Los principales 20 productos exportados, que representaron casi el 70% del valor exportado en 2024, tienen un comportamiento diferente al de toda la muestra de productos exportados por el país. Ellos también presentan un índice de concentración alto, pero significativamente menor de 0,34 una distancia promedio mayor de 4.160 kilómetros. Sin embargo, a pesar de ese mejor desempeño Costa Rica presenta poca relevancia de importadores desde nuevos distintos a los actuales socios y muy cercanos. Quizás es momento para impulsar las exportaciones hacia Asia, Europa del Este y Oceanía.

Estos nuevos indicadores de comercio contribuirán a mejorar el análisis detallado y las decisiones correctivas para optimizar el desempeño del comercio exterior de Costa Rica. Estos indicadores deberían ser incorporados a los informes que son publicados periódicamente por el Banco Central de Costa Rica (BCCR), el Ministerio de Comercio Exterior (COMEX) y la Promotora de Comercio (PROCOMER).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Herfindahl, O. C. (1950). *Concentration in the steel industry* (Doctoral dissertation). Columbia University. <https://archive.org/details/herfindahl-concentration-in-the-steel-industry-1950-publish/page/166/mode/2up>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2024). *Comercio exterior: Anual 2023*. Datos definitivos. [https://admin.inec.cr/sites/default/files/2024-11/ComercioExterior\\_ResultadosDefinitivos2023\\_28112024.pdf](https://admin.inec.cr/sites/default/files/2024-11/ComercioExterior_ResultadosDefinitivos2023_28112024.pdf)
- Mayer, T., y Zignago, S. (2006). *GeoDist: Las distancias del CEPII y la base de datos geográfica* (MPRA Paper No. 31243). Munich Personal RePEc Archive. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/31243/>
- Monge, R., y González, C. (1994). *Política comercial, exportaciones y bienestar en Costa Rica*. Academia de Centroamérica & Centro Internacional para el Desarrollo Económico.
- Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, 15(1), 72-101. <https://doi.org/10.2307/1412159>
- Trade Map. (2025). *International trade statistics*. International Trade Center. <https://www.trademap.org/>

## ANEXO 1

TABLA 3

Variable	Obs	Media	Desviación estándar	Min	Max
Valor exportado en 2024 (millones de dólares)	2.821	7,0	95,8	1,0	3.238,4
Balanza comercial en 2024 (millones de dólares)	2.821	- 0,8	94,5	-1.192,0	2.868,6
Crecimiento anual promedio en valor exportado entre 2020-2024 (%)	2.524	34,1	101,2	- 84,0	1.616,0
Crecimiento anual promedio de las importaciones mundiales entre 2020-2024 (%)	2.821	5,2	8,7	- 47,0	204,0
Participación en las exportaciones mundiales en 2024 (%)	2.821	0,2	1,4	--	50,2
Ranking de exportaciones mundiales (2024)	2.821	63	24	1	161
Distancia media de los países importadores en 2024 (km)	2.764	2.380,7	2.766,9	329,0	18.495,0
Concentración de países importadores (2024)	2.764	0,64	0,29	0,11	1,00

Nota: la base de datos solo contiene información para aquellos productos cuyo valor de exportación es igual o superior a \$1.000 en el 2024

Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map (mayo 2025).

TABLA 4

Variable	Obs	Media	Desviación estándar	Min	Max
Valor exportado en 2024 (millones de dólares)	20	686,0	928,4	106,9	3.238,4
Balanza comercial en 2024 (millones de dólares)	20	560,0	891,3	- 482,9	2.868,6
Crecimiento anual promedio en valor exportado entre 2020-2024 (%)	20	13,3	10,1	--	40,0
Crecimiento anual promedio de las importaciones mundiales entre 2020-2024 (%)	20	8,2	4,1	- 1,0	16,0
Participación en las exportaciones mundiales en 2024 (%)	20	4,9	11,0	--	50,2
Ranking de exportaciones mundiales (2024)	20	19	16	1	61
Distancia media de los países importadores en 2024 (km)	20	4.160,0	2.332,1	774,0	7.521,0
Concentración de países importadores (2024)	20	0,34	0,18	0,11	0,74

Fuente: Elaboración propia con datos de Trade Map (mayo 2025).



# IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES (ERP) EN LA MEJORA DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE UNIVERSITARIO

Recibido: 28 de mayo, 2025 • Revisado: 17 de junio, 2025 • Aceptado: 30 de junio, 2025

Henry Alberto Binns Hernández  
y Carlos Alberto Segura Villarreal

## RESUMEN

Este estudio busca analizar el impacto de la percepción de utilidad y facilidad en la implementación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, con un enfoque particular en el área de contabilidad. Para lograr esto, se emplea una muestra de 134 individuos y se procesan los datos con ayuda de ecuaciones estructurales (PLS-SEM). Entre los principales hallazgos se encuentran: (1) la percepción de utilidad tiene una influencia significativa en la intención de actitud de uso de los sistemas ERPs y el uso real de estos. (2) la percepción de facilidad tiene una influencia significativa en la intención de actitud de uso de los sistemas ERPs y el uso real de estos sistemas. Como implicaciones teóricas, este trabajo aporta evidencia adicional y enriquece lo expuesto por otros autores con relación a la implementación de sistemas ERP dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje universitario. Desde un punto de vista práctico, este servirá como base para profesionales y académicos que deseen justificar la necesidad de implementar dichos sistemas.

**Palabras clave:** Sistemas ERP, Educación Superior, Enseñanza-Aprendizaje, Contabilidad, Tecnologías de la Información

## ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of the perception of usefulness and ease in the implementation of Enterprise Resource Planning (ERP) Systems within the teaching-learning process in higher education, with a particular focus on the area of accounting. To achieve this, a sample of 134 individuals was used, and the data was processed using structural equations (PLS-SEM). Among the main findings are that the perception of usefulness has a significant influence on the attitudinal intention to use ERP systems and their actual use. Also, the perception of ease has a significant influence on the attitudinal intention to use ERP systems and their actual use. As theoretical implications, this work provides additional evidence and enhances what other authors have reported regarding the implementation of ERP systems within the university teaching-learning process. From a practical perspective, it will serve as a basis for professionals and academics seeking to justify the need to implement such systems.

**Keywords:** ERP Systems, Higher Education, Teaching-Learning, Accounting, Information Technologies

Henry Alberto Binns Hernández es Doctor Cand. en Dirección de Empresas. Especialista en contabilidad y finanzas con más de 12 años de experiencia en la profesión y docencia universitaria.

Carlos Alberto Segura Villarreal es Doctor Cand. en Dirección de Empresas. Ingeniero Industrial por la Universidad Latina de Costa Rica. Máster en Gerencia y Negociaciones Internacionales por la Universidad Estatal de Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

En la era digital actual, la educación superior enfrenta desafíos sin precedentes que requieren una adaptación constante a las nuevas tecnologías y metodologías de enseñanza. La integración de sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) en el ámbito académico se presenta como una solución innovadora para mejorar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje (Tiwari y Kalla, 2021), especialmente en áreas críticas como la contabilidad. Investigaciones indican que la calidad del sistema, la calidad del proceso y la capacitación son determinantes clave en el rendimiento de los estudiantes al utilizar sistemas ERP en el aprendizaje de la gestión (Costa *et al.*, 2020).

Estos sistemas, que han sido ampliamente adoptados en el sector empresarial, ofrecen herramientas que permiten la automatización de procesos, la gestión eficiente de la información y la mejora en la toma de decisiones.

Además, la integración de sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) en el ámbito educativo, ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones. Por ejemplo, un estudio de Aldayel *et al.*, (2011) analizó cómo la adopción de sistemas ERP en instituciones educativas puede mejorar la eficiencia operativa y la calidad de la educación, facilitando una mejor preparación de los estudiantes para el mercado laboral. Asimismo, investigaciones como las de Al-Mashari y Al-Mudimigh (2003) han explorado los factores críticos de éxito en la implementación de sistemas ERP en el sector educativo, destacando la importancia de la capacitación y el compromiso de los usuarios para lograr resultados positivos en el aprendizaje y en la preparación profesional de los estudiantes. Sin embargo, a pesar de lo anterior, aún existe una escasa evidencia sobre cómo impacta la percepción de utilidad y facilidad en la implementación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior.

Dado lo anterior, este estudio propone analizar el impacto de la percepción de utilidad y facilidad en la implementación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior por parte de estudiantes y docentes (Soliman y Karia, 2019), con un enfoque particular en el área de contabilidad, lo

anterior, por medio de un enfoque basado en la teoría unificada de la aceptación y uso de la tecnología (UTAUT) (Chauhan y Jaiswal, 2016).

La relevancia de esta investigación radica en su potencial para proporcionar un marco teórico y práctico que guíe a las instituciones educativas en la adopción de tecnologías que optimicen la formación de futuros profesionales. Al abordar las necesidades del entorno laboral actual, se espera que la implementación de sistemas ERP no solo mejore la calidad educativa, sino que también prepare a los estudiantes para enfrentar los retos de un mercado laboral cada vez más digitalizado y competitivo.

En este contexto, el presente estudio busca contribuir al entendimiento de cómo las tecnologías pueden transformar la educación superior y, en particular, el área de contabilidad.

Por otra parte, la estructura de este documento se compone de cinco apartados: la introducción, la cual sigue la estructura propuesta por Plano y Creswell (2015), el marco teórico, en el cual se expone la teoría que sustenta nuestro modelo de investigación; la metodología; el análisis de resultados y las conclusiones, las cuales de igual manera siguen la estructura recomendada por Plano y Creswell (2015). Es en este último apartado que se discutirán las hipótesis y se expondrán las contribuciones teóricas; las contribuciones prácticas; las limitaciones del estudio; y las líneas futuras de investigación.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

La Teoría Unificada para la Aceptación y Uso de la Tecnología (UTAUT) (Venkatesh *et al.*, 2003) es el modelo utilizado para estudiar el uso de la tecnología en un contexto de educación a nivel universitario. Esta teoría identifica los factores clave para la aceptación del uso de la tecnología medidos por la intención de actitud de uso y el uso real de la tecnología (Oye *et al.*, 2014). Integra otros modelos como el Modelo de Aceptación de Tecnología o TAM (Davis, 1989), la Teoría del Comportamiento Planificado o TPB (Ajzen, 1991; Ajzen, 2015), el Modelo Combinado de Aceptación de Tecnología y la Teoría del Comportamiento Planificado o C-TAM-TPB (Taylor y Todd, 1995), y el Modelo Motivacional (MM). También, tiene como objetivo estudiar los aspectos más importantes que influyen en

la aceptación o rechazo de la tecnología, así como en el comportamiento de uso (Nysveen y Pedersen, 2016).

El Modelo de Aceptación de Tecnología 3 (TAM3) incorpora los factores incluidos en (TAM2) junto con nuevos elementos para la variable Facilidad de Uso Percibida (Venkatesh y Bala, 2008).

Este modelo añade variables adicionales a la variable Facilidad de Uso, como la Autoeficacia en el uso de la tecnología, el control externo, la ansiedad con el uso de la tecnología, la felicidad al usar la tecnología, la usabilidad objetiva y la percepción de disfrute.

Finalmente, se eligió uno de los modelos más utilizados que es la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología 2 (UTAUT 2) (Venkatesh *et al*, 2012), que es una extensión del modelo UTAUT. Los autores de la teoría añadieron tres nuevos factores al modelo UTAUT original, que son, a) la motivación hedónica (motivación por actividades que producen placer), b) el precio que paga el consumidor por el servicio o dispositivo, que puede ser un factor importante en la aceptación de la tecnología, y c) el hábito de uso, que expresa el comportamiento automático de un individuo al utilizar la tecnología debido a un proceso de aprendizaje (Limayem *et al*, 2007). El modelo UTAUT2 arroja resultados mejorados, especialmente para la varianza explicada de la intención de comportamiento (56% a 74%) y el uso de tecnología (40% a 52%) (Rojas *et al*, 2021). UTAUT es un modelo impulsado por recompensas que utiliza motivación extrínseca, mientras que UTAUT2 incorpora factores de motivación intrínsecos y extrínsecos (Venkatesh *et al*, 2012).

## **ESTUDIOS PREVIOS SOBRE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE UNIVERSITARIO**

Como en muchas otras áreas de la vida moderna, la tecnología ha tenido un importante impacto en la educación superior (Meister, 1999) y, a pesar de que sin lugar a duda ha experimentado fuertes desafíos a partir del impacto de las tecnologías de la información (Tabata y Johnsrud, 2008), existe escasa evidencia acerca de cómo se relacionan estos cambios y las percepciones en torno a ellos, con la gestión del aseguramiento de la calidad. Esto es llamativo, en la medida en que la creciente complejidad no solo de las instituciones, sino

que del entorno donde se encuentran insertas, supone constantes desafíos para la gestión eficiente y eficaz orientada a la calidad formativa y a la génesis de conocimientos (Rojas *et al.*, 2021).

## **USO DE TECNOLOGÍAS EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR (IES)**

Por más de cuatro décadas, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han jugado un importante rol en la estructura de las universidades (Sahin y Thompson, 2007). Por ejemplo, en el año 1996, el 80% de todos los campus en Estados Unidos reportaban tener sitios de internet mientras que el 30% planeaba tenerlos dentro del próximo año. Estas páginas web proveían de información a potenciales estudiantes y público en general acerca de ofertas académicas, programas y servicios del campus, bibliotecas y asuntos académicos (Hirt, Cain, Bryant y Williams, 2002). Durante toda la década de los 90 se experimentó un tremendo incremento del uso de internet y la comunicación mediada por computadores (Wright, 2005).

En 1998, la Asociación Nacional de Educación en Estados Unidos informaba que prácticamente la totalidad de personas encuestadas disponía de un computador, correo electrónico e internet en el campus, con cerca de un 70% con computador en casa y en el trabajo. Dos tercios reportaban usar e-mail para comunicarse con estudiantes mientras que un 27% había creado un sitio web para sus cursos (Rojas *et al.*, 2021).

Incluso, muchos declaraban usar correo electrónico y tecnología basada en internet para apoyar su trabajo académico por medio del contacto con colegas, conducir investigaciones, acceder a bibliotecas y compartir información. En un sentido opuesto, se evidenciaban distintos factores psicológicos y contextuales que influían en la resistencia del estamento académico a usar nuevas tecnologías: competencias, carga de trabajo, capacitación, apoyo institucional, sistemas de incentivos, entre otros. (Tabata y Johnsrud, 2008).

## **USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR**

En la misma línea la bibliografía acerca de la relación entre el uso de nuevas tecnologías y el aseguramiento de

la calidad en la gestión de la educación superior es escasa. La mayor parte de la evidencia disponible se centra en las actitudes del profesorado hacia el uso de nuevas tecnologías, o bien en el uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Sahin y Thompson, 2007; Bossolasco *et al.*, 2023., Gargallo López *et al.*, 2006).

En los últimos años, las IES han mejorado sus procesos estratégicos y de gestión, debido a una serie de circunstancias tales como las exigencias gubernamentales para la asignación de recursos, la tendencia a un mayor control por parte de la sociedad, la obligación moral de rendir cuenta de las propias acciones y recursos, la exigencia de la acreditación institucional (Rodríguez-Ponce y Pedraja-Rejas, 2009), la cual está cada vez más presente en las políticas y opinión pública, siguiendo la tendencia mundial de los países desarrollados.

En ese contexto y según se puede observar en la recopilación hecha por Toro (2012), son diversos los niveles donde el disponer de adecuados sistemas de información facilita la gestión institucional de una IES. En particular, destaca la provisión ágil de información para la gobernanza a través de las direcciones de comunicaciones y, en segundo lugar, pero no menos importante, el acopio y el manejo de la información de sistemas como registro académico, recursos humanos, inventario de recursos físicos, sistemas financieros, y ERPs para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto es más relevante aún si se considera la IES como un sistema dinámico con múltiples interacciones dentro de sí mismo y con el entorno, tal como señala la profesora Mizikaci (2006).

La enseñanza con apoyo de ERPs académicos, tiene una gran ventaja sobre los métodos de enseñanza académica tradicionales, ya que se adaptan fácilmente a la demanda, entorno, contexto del mercado y regulatorios de la educación, así como a las diferentes visiones de los planificadores académicos en un entorno de múltiples objetivos en conflicto.

En el mercado de los ERPs académicos existen soluciones generalmente costosas, que en la mayoría de los casos limitan la adopción por parte de las IES. Sin embargo, la aparición de ERPs académicos, basados en arquitecturas abiertas ofrecen la posibilidad que los centros de educación superior puedan considerarla como una opción viable e incorporarlos en sus planes de estudio (Puig-Denia *et al.*, 2023).

## MODELO DE INVESTIGACIÓN

La elección de teoría unificada de la aceptación y uso tecnología (UTAUT) en este estudio se justifica por la amplia aceptación que ha obtenido en investigaciones anteriores, permitiendo la aplicación de escalas validadas empíricamente (Rojas *et al.*, 2021).

Además, su robustez permite comprender los procesos de adopción y uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la docencia, donde puede considerarse una opción válida y bien sustentada, siendo útil a la hora de investigar el uso de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje con el uso de sistemas ERPs y otras (Venkatesh *et al.*, 2012).

Por otra parte, al definir teóricamente las variables de la teoría unificada de la aceptación y uso de la tecnología utilizadas para la presente investigación, resaltan la importancia, la utilidad y la facilidad con que se pueden integrar los sistemas ERPs en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el quehacer de los docentes, así como la actitud y uso real que se le están dando a los sistemas como herramienta de mejora en la calidad de la formación de los futuros profesionales en ciencias económicas, específicamente en el área de contabilidad (Bossolasco *et al.*, 2023., Gargallo López *et al.*, 2006). En relación con lo anterior, seguidamente se procede con las definiciones de las variables del estudio:

### Percepción de Utilidad (PU)

Se definen como el grado en el que un individuo cree que usar el sistema ayudará a mejorar el desempeño en diferentes áreas de su vida (Venkatesh y Morris, 2003). La investigación considera que el uso de las herramientas tecnológicas (*software* de contabilidad, plataformas de aprendizaje, etc.) mejoran el rendimiento en la contabilidad, contribuyen a una mejor comprensión de los conceptos contables, y facilita el aprendizaje de los temas más complejos

### Percepción de Facilidad de Uso (PFU)

Se define como qué tan fácil se cree que es utilizar un sistema (Venkatesh *et al.*, 2012) e influye en la expectativa esfuerzo en el uso. Harborth y Pape (2020) descubrieron que la facilidad de uso percibida tenía un efecto significativo en la intención de utilizar un sistema. En ello se valoran aspectos como la consideración

de problemas en el uso de los ERPs, así como la facilidad de uso y de acceso de estos.

### Actitud hacia el Uso de la Tecnología (AUT)

La actitud conductual de un individuo está sujeta a cambios según la percepción de otros respecto al uso de nueva tecnología (Chiao *et al.*, 2018). Y lo definen como el grado en que otros influyen en la actitud de intención de un individuo de usar el sistema. Entendiendo que se evalúan dentro del constructo aspectos como la actitud, la disposición y la influencia que tiene la adopción de nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de contabilidad (Venkatesh *et al.*, 2003., Abu-Al-Aish y Love, 2013).

### Uso Real de la Tecnología (URT)

El uso real refleja a menudo la experiencia previa y hábito de los usuarios con el uso de una tecnología y se considera uno de los factores importantes para el comportamiento repetitivo de los usuarios. Varios autores han estudiado la relación entre el uso real y el comportamiento de uso (Baudier *et al.*, 2018), quienes consideran que cuanto más fuerte es el uso real, más intenso es el deseo de seguir utilizando la tecnología.

## PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS

A raíz de lo expuesto anteriormente, de nuestra teoría se desprenden las siguientes hipótesis:

- **H1:** La percepción de utilidad (PU) tiene una influencia significativa en la intención de actitud de uso de los sistemas (AUT) ERPs.
- **H2:** La percepción de utilidad (PU) tiene una influencia significativa en el uso real de los sistemas (URT) ERPs.
- **H3:** La percepción de facilidad (PFU) tiene una influencia significativa en la intención de actitud de uso de los sistemas (AUT) ERPs.
- **H4:** La percepción de facilidad (PFU) tiene una influencia significativa en el uso real de los sistemas (URT) ERPs.

Mediante estas hipótesis será posible analizar el impacto de la percepción de utilidad y facilidad en la implementación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior.

Seguidamente se procede a plantear el diseño metodológico del estudio, por medio del cual, se realizarán las pruebas empíricas para la comprobación de nuestras hipótesis.

## MÉTODO

Esta investigación cuantitativa, de alcance exploratorio y naturaleza empírica (Hernández *et al.*, 2014), se basó en un muestreo no probabilístico (Hernández *et al.*, 2014). Como unidad de análisis se consideraron estudiantes, docentes, y egresados universitarios del área de ciencias económicas en contabilidad de la Universidad de Costa Rica y el Instituto Tecnológico de Costa Rica sobre los cuales se tuviera facilidad de contacto.

El instrumento utilizado para la recolección de datos del modelo propuesto fue un cuestionario. Las preguntas se basaron en una revisión de estudios previos sobre la adopción de tecnologías utilizando el modelo de aceptación de tecnologías UTAUT (Venkatesh *et al.*, 2012). Las preguntas se formularon de forma clara y concisa, utilizando términos familiares para los encuestados, asegurando la confidencialidad de la información (Reyes *et al.*, 2018).

Los constructos se midieron en una escala Likert de 5 puntos del 1 al 5. Las escalas son las siguientes: Percepción de Utilidad -de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 (Totalmente de acuerdo), Percepción de Facilidad -de 1 (Nunca) a 5 (siempre), Actitud hacia el Uso de la Tecnología -de 1 (Muy Desfavorable) a 5 (Muy Favorable), Uso Real de la Tecnología -de 1 (Nunca) a 5 (Siempre), Género (masculino, femenino, otro), Edad que se establece en rangos (de 16 a 25, de 26 a 35, de 36 a 45, de 46 a 55, de 56 a 65 y de más de 66) y Situación de Rol Actual (estudiante, docente, o estudiante egresado). Para detalles, ver Tabla 1.

El trabajo de campo se llevó a cabo en agosto del año 2024, a través de una encuesta a estudiantes, docentes y egresados de los programas de Administración de Empresas, Dirección de Empresas y Contaduría Pública de ambas Universidades. También, a pesar de considerar una muestra no probabilística, se tomó la decisión de emplear un número de unidades a muestrear base, por lo cual se utilizó la herramienta G\*Power (Faul *et al.*, 2009) con un nivel de confianza del 95% y una probabilidad de error del 5%, resultando así en un tamaño de muestra idóneo de 129 individuos; sin embargo, se

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MUESTRA**

Variables	Rango	Frecuencia Total	Porcentaje
Género	Femenino	71	52.985
	Masculino	63	47.015
	Otro	0	0.000
	<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>100.000</b>
Rango de Edad	De 36 a 45 años	9	6.716
	De 56 a 65 años	5	3.731
	De 46 a 55 años	5	3.731
	De 26 a 35 años	26	19.403
	De 16 a 25 años	88	65.672
	De 66 a más	1	0.746
	<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>100.000</b>
Situación de Rol Actual	Estudiante	104	77.612
	Docente	12	8.955
	Estudiante Egresado (Profesional)	15	11.194
	Otro (Docente Jubilado)	3	2.239
	<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>100.000</b>
País de Residencia	Costa Rica	133	99.254
	Estados Unidos	1	0.746
	<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>100.000</b>

Fuente: Adaptado de Hernández *et al.*, (2014), Venkatesh *et al.*, (2012) y Reyes *et al.*, (2018).

obtuvieron un total de 134 respuestas validas, sobrepasando de esta manera el tamaño de muestra mínimo recomendado por G\*Power (Faul *et al.*, 2009).

Tras la recopilación de los datos, se utilizó la prueba de factor único de Harman como método común de control de sesgo posterior (Guo *et al.*, 2016). La prueba no detectó un solo factor que pudiera explicar la mayor parte de la varianza total, lo que sugiere que el sesgo es muy poco probable.

Para comprobar las hipótesis del modelo, se utilizó la técnica de mínimos cuadrados parciales (Partial Least Squares, PLS). Esta utiliza la varianza para estimar los modelos de ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés). Esta técnica no requiere que los datos tengan una distribución normal. Se utiliza un análisis estadístico PLS-SEM, ya que el modelo de ecuaciones estructurales permite examinar simultáneamente todas las variables relevantes (Rojas *et al.*, 2021).

Este análisis se recomienda cuando el modelo estructural es complejo e incluye muchos constructos, o cuando se busca una mejor comprensión de la investigación mediante la exploración de extensiones teóricas de teorías existentes (Cabello *et al.*, 2019). Smart PLS 4.0 (Ringle *et al.*, 2024), utiliza un *software* para modelar rutas con el fin de evaluar la fiabilidad y validez del modelo de medición y probar el modelo

estructural. Para interpretar los resultados, se utilizan uno o más controles de robustez.

Se ejecuta para apoyar la estabilidad de los resultados, pero esto depende del contexto de la investigación, el objetivo del análisis y la disponibilidad de datos (Cabello *et al.*, 2019). Este método logra altos niveles de poder estadístico, es decir, es más probable que PLS-SEM identifique las relaciones del modelo como significativas cuando realmente están presentes en la población (Sarstedt y Mooi, 2019).

Para el análisis de la estadística de los datos descriptivos se utilizó la herramienta JASP en su versión 0.19 (2024), con el objetivo de mostrar las características cualitativas y generales de la muestra bajo estudio.

## RESULTADOS

### Evaluación del modelo de medición

El Análisis Factorial Exploratorio (AFE) nos muestra como los ítems cargan en los constructos considerados en la Tabla 2. Luego se revisan las cargas ya que es un modelo reflexivo, verificando así la confiabilidad de ítems para los cuales se presentan indicadores con valores promedios mayores a 0.708, aceptando de esta manera el modelo porque explican más del 50% de la varianza del indicador (Cabello *et al.*, 2019).

**TABLA 2. ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO**

Constructos	RC1	RC2	Unicidad
Percepción de Utilidad (PU)			
Percepción de Facilidad de Uso (PFU)			
Actitud hacia el Uso de la Tecnología (AUT)			
Uso Real de la Tecnología (URT)			
AUT1. Actitud hacia el uso de tecnología en las clases de Contabilidad	0.833		0.341
AUT3. Influye el uso de herramientas tecnológicas en su motivación para aprender Contabilidad	0.777		0.429
PFU1. El aprendizaje de uso de las herramientas tecnológicas en su proceso de aprendizaje o enseñanza de Contabilidad me resultado fácil	0.770		0.447
AUT2. Disposición a adoptar nuevas tecnologías en el ámbito de la enseñanza o aprendizaje de Contabilidad	0.755		0.447
URT2. El uso de tecnología ha mejorado su capacidad para resolver problemas contables complejos	0.753		0.343
URT3. Utilización de herramientas tecnológicas en futuros cursos de Contabilidad	0.697		0.361
URT1. Utiliza herramientas tecnológicas ( <i>software</i> , plataformas, aplicaciones) en su proceso de aprendizaje o enseñanza de Contabilidad	0.661		0.548
PFU2. Facilidad de acceso a las herramientas tecnológicas necesarias para su formación en Contabilidad	0.576		0.697
PU1. Considera que el uso de las herramientas tecnológicas ( <i>software</i> de contabilidad, plataformas de aprendizaje, etc.) mejoran el rendimiento en la Contabilidad		0.956	0.092
PU2. Considera que el uso de las herramientas tecnológicas contribuye a una mejor comprensión de los conceptos contables		0.948	0.110
PU3. Considera que el uso de tecnología en las clases de Contabilidad facilita el aprendizaje de los temas más complejos		0.917	0.121
PFU3. Presenta problemas técnicos al usar herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Contabilidad		0.976	

Fuente: Autores, Faul *et al.* (2009), Guo *et al.* (2016), Rojas *et al.* (2021), Cabello *et al.* (2019), Ringle *et al.* (2024) y Sarstedt y Mooi (2019).

### EVALUACIÓN DE LA FIABILIDAD DE LA CONSISTENCIA INTERNA

Para analizar la confiabilidad de la consistencia interna del modelo se utilizó como parámetro el Alfa de Cronbach (Cabello *et al.*, 2019). Carmines y Zeller (1979) y Luo *et al.* (2010), consideran adecuado que estas cargas factoriales sean mayores a 0.707; por lo tanto, se sugiere que indicadores con cargas menores a este rango deben ser eliminados y luego se ejecuta el modelo nuevamente para evaluar los nuevos resultados (Hair *et al.*, 2017., Urbach y Ahlemann, 2010).

Es importante resaltar que los constructos URT3, URT1 y PFU2 están por debajo de 0.7, lo cual, denota que los ítems no están bien relacionados o que la escala necesita ser revisada; por lo contrario, los demás constructos se encuentran por encima de 0.7 brindando una alta fiabilidad (Cabello *et al.*, 2019; Carmines y Zeller, 1979; Luo *et al.*, 2010).

### VALIDEZ CONVERGENTE

Consiste en el grado en el que el constructo converge para explicar la varianza de sus elementos (Cabello *et al.*, 2019). La métrica utilizada es la varianza media extraída (AVE) que debe ser mayor a 0.50 para explicar al menos el 50% de la varianza de sus ítems (Fornell y Larcker, 1981., Hair *et al.*, 2017). La Tabla 3 muestra las mediciones y se alcanzan los valores mínimos aceptados.

### VALIDEZ DISCRIMINANTE

La validez discriminante es el grado en el que un constructo es empíricamente diferente de otros constructos en el modelo estructural (Hair *et al.*, 2017). Henseler *et al.* (2015) propuso la relación Heterotrait-Monotrait (HTMT) que reemplaza la métrica tradicional de Fornell-Larcker (Fornell y Larcker, 1981), la cual

**TABLA 3. CONFIABILIDAD COMPUESTA Y VALIDEZ CONVERGENTE DE LOS CONSTRUCTOS**

Constructos	Alfa de Cronbach	Confiabilidad compuesta (rho_a)	Confiabilidad compuesta (rho_c)	Varianza Media Extraída (AVE)
URT	0.839	0.839	0.904	0.758
PU	0.943	0.946	0.964	0.898
PFU	0.437	0.742	0.712	0.509
AUT	0.861	0.866	0.916	0.785

Fuente: Autores, Cabello *et al.* (2019), Fornell y Larcker (1981) y Hair *et al.* (2017).

se muestra en la Tabla 4, estimando la correlación entre dos constructos si fueran perfectamente confiables (Cabello *et al.*, 2016).

Hay un problema con la validez discriminante si supera el valor de 0,90 en construcciones conceptualmente similares. Kline (2011) indica que el HTMT debe estar por debajo de 0.85, mientras que Gold *et al.*, (2001) consideran un valor de 0.90.

Tabla 5 muestra los resultados obtenidos para la métrica HTMT. Todos los constructos cumplen con el valor umbral conservador máximo de 0,85 (Henseler *et al.*, 2015).

**TABLA 4. CRITERIO DE FORNELL-LARCKER**

	AUT	PFU	PU	URT
AUT	0.886			
PFU	0.494	0.713		
PU	0.340	0.276	0.948	
URT	0.577	0.571	0.437	0.871

Fuente: Autores, Hair *et al.* (2017), Henseler *et al.* (2015), Fornell y Larcker (1981), Cabello *et al.* (2016), Kline (2011) y Gold *et al.* (2001).

**TABLA 5. RELACIÓN HETEROTRAIT-MONOTRAIT (HTMT)**

	AUT	PFU	PU	URT
AUT				
PFU	0.699			
PU	0.376	0.371		
URT	0.681	0.846	0.490	

Fuente: Autores, Hair *et al.* (2017), Henseler *et al.* (2015), Fornell y Larcker (1981), Cabello *et al.* (2016), Kline (2011) y Gold *et al.* (2001).

### EVALUACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL

Es importante mencionar que el R<sup>2</sup> y el R<sup>2</sup> ajustado para las variables endógenas AUT y URT son de 0,289 y 0,278; 0.411 y 0.402, respectivamente (Tabla 6). También, se le conoce como valor predictivo y cuanto

más cercano a 1 sea, mayor será su poder explicativo, por lo que ambas variables no son capaces de explicar el modelo por sí solas mostrando valores predictivos moderados (Hair *et al.*, 2017; Hu y Bentler, 1999; Chin y Marcoulides, 1998).

**TABLA 6. CRITERIO DE CALIDAD DE LA MUESTRA**

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado
AUT	0.289	0.278
URT	0.411	0.402

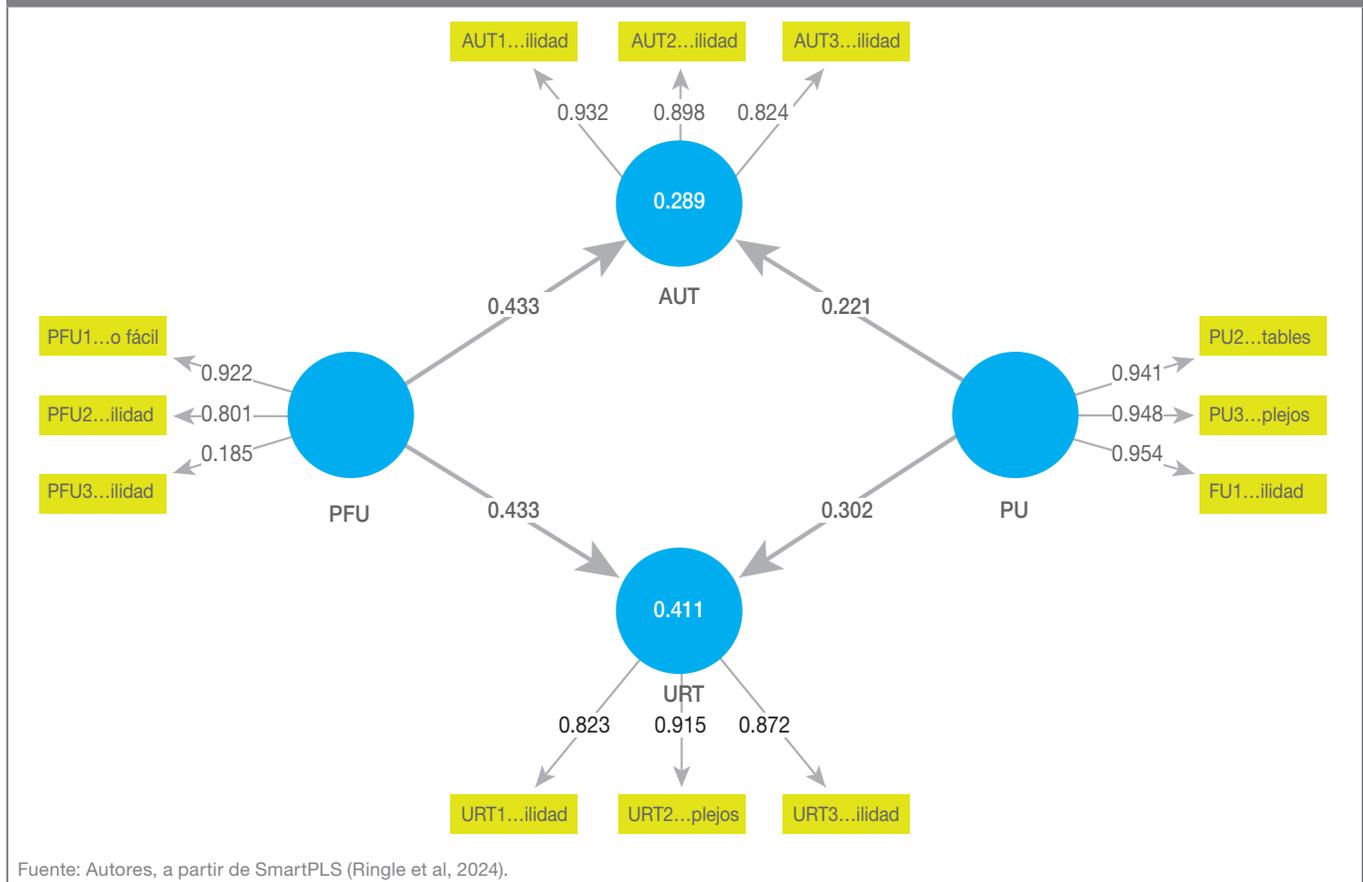
Fuente: Autores, Hair *et al.*, (2017); Hu y Bentler, 1999; Chin y Marcoulides, (1998)

De manera similar, en la Figura 1 puede apreciarse que las variables exógenas PU y PFU explican de manera conjunta, y de forma moderada, las variables latentes correspondientes a AUT y URT. Lo cual, nos indica que si existe una percepción de utilidad y facilidad de uso de la tecnología favorable, estas tendrán un efecto positivo hacia el correspondiente uso real de la misma.

De igual forma, se examina la colinealidad para garantizar que los resultados de la regresión no estén sesgados (Kock, 2015). Este concepto está representado por un valor del VIF. Los valores mayores a 5 indican un problema probable (Hair *et al.*, 2017). Diamantopoulos y Sigauw (2006), indican que el VIF debe ser menor a 3.3. En la Tabla 7 se muestran los VIF correspondientes a nuestros constructos.

Como se puede apreciar, todos los VIF cumplen con lo indicado por Diamantopoulos y Sigauw (2006) y Kock (2015). También, puede apreciarse que las relaciones explicativas de nuestros constructos con relación a nuestras variables latentes son significativas (p<0,05), algo que concuerda con los resultados expuestos en la Tabla 6 y Figura 1. En otras palabras, nuestras 4 hipótesis de investigación son soportadas.

FIGURA 1. MODELO SOPORTADO LUEGO DEL ANÁLISIS



Fuente: Autores, a partir de SmartPLS (Ringle et al, 2024).

TABLA 7. ANÁLISIS DE COLINEALIDAD DE LOS CONSTRUCTOS

	Muestra original (O)	Media de la muestra (M)	Desviación estándar (STDEV)	Estadística T	Valores P	VIF
PFU -> AUT	0.433	0.431	0.093	4.664	0.000	1.082
PFU -> URT	0.488	0.492	0.071	6.831	0.000	1.082
PU -> AUT	0.221	0.225	0.098	2.258	0.024	1.082
PU -> URT	0.302	0.304	0.076	3.969	0.000	1.082

Fuente: Autores. Kock, (2015) y Hair et al., (2017).

## DISCUSIÓN

Como se muestra en los resultados de la evaluación del modelo de medición, los constructos utilizados, como la Percepción de Utilidad (PU) y la Percepción de Facilidad de Uso (PFU), tienen cargas que superan el umbral de 0.707, lo que sugiere una alta confiabilidad de los ítems (Carmines y Zeller, 1979; Luo et al., 2010). Este hallazgo es consistente con estudios previos que destacan la importancia de estos constructos en la aceptación de nuevas tecnologías (Cabello et al., 2019).

La capacidad de estos constructos para explicar más del 50% de la varianza del indicador refuerza la validez del modelo propuesto (Hair et al., 2017).

La aplicación de la prueba del factor único de Harman, no reveló un único factor que explicara la mayor parte de la varianza, lo que sugiere que el sesgo es poco probable (Kock et al., 2021., Guo et al., 2016). Este resultado es crucial, ya que valida la integridad de los datos y la robustez del análisis realizado. La técnica de mínimos cuadrados parciales (PLS) utilizada para

comprobar las hipótesis del modelo permite una exploración más profunda de las relaciones entre variables, lo que es especialmente útil en modelos estructurales complejos (Rojas *et al.*, 2021).

Por último, puede apreciarse que los resultados obtenidos en nuestro estudio, específicamente en la Tabla 8, guardan una estrecha relación con los hallazgos expuestos por Aldayel *et al.*, (2011) y Al-Mashari y Al-Mudimigh (2003), en los cuales se manifiesta que las instituciones educativas pueden mejorar la eficiencia operativa y la calidad de la educación, mediante la implementación de sistemas ERP.

## CONCLUSIONES

Este estudio analizó el impacto de la percepción de utilidad y facilidad en la implementación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, con un enfoque particular en el área de contabilidad. Luego de haber desarrollado nuestros modelos estadísticos para comprobar nuestras hipótesis, vemos que las mismas son soportadas. Con un nivel de confianza superior al 95% podemos decir que la percepción de utilidad (PU) tiene una influencia significativa en la intención de actitud de uso de los sistemas (AUT) ERP (H1,  $p < 0.05$ ), que la percepción de utilidad (PU) tiene una influencia significativa en el uso real de los sistemas (URT) ERP (H2,  $p < 0.01$ ), que la percepción de facilidad (PFU) tiene una influencia significativa en la intención de actitud de uso de los sistemas (AUT) ERP (H3,  $p < 0.01$ ) y que la percepción de facilidad (PFU) tiene una influencia significativa en el uso real de los sistemas (URT) ERP (H4,  $p < 0.01$ ). Lo anterior, por ejemplo, nos indica que una percepción positiva sobre la utilidad y facilidad en el uso de tecnologías ERP, facilita la implementación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior.

Es importante que las IES adopten ERP académicos para automatizar sus procesos de enseñanza-aprendizaje, esto permitirá generar experiencia y preparará a la población estudiantil en función a la realidad laboral que les espera. También, facilitará la adopción de una cultura basada en procesos con información fiable (Tiwari y Kalla, 2021).

Por otra parte, por medio de los datos recopilados con la ayuda del cuestionario, se observa que la implementación de sistemas ERP en el área de contabilidad ha demostrado ser un catalizador significativo para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los estudiantes y docentes reportaron una mayor efectividad en la comprensión de conceptos complejos y en la aplicación práctica de los mismos. Esto se traduce en un aprendizaje más dinámico y adaptado a las necesidades del mercado laboral, donde la competencia en el uso de herramientas tecnológicas es cada vez más crucial. La capacidad de los sistemas ERP para integrar diferentes áreas del conocimiento y ofrecer información en tiempo real permite a los estudiantes desarrollar habilidades críticas que son esenciales en el entorno profesional actual.

La investigación valida empíricamente el modelo UTAUT como un marco adecuado para entender la aceptación y uso de tecnologías en el ámbito educativo. Los resultados indican que la percepción de utilidad (PU) y la percepción de facilidad de uso (PFU) son factores determinantes en la intención de los usuarios de adoptar sistemas ERP. Esto sugiere que las instituciones educativas deben centrarse en la capacitación y el soporte técnico para maximizar la aceptación de estas tecnologías. Además, la influencia social y las condiciones facilitadoras también juegan un papel crucial, lo que implica que la cultura organizacional y el apoyo institucional son fundamentales para el éxito de la implementación.

Los hallazgos de este estudio ofrecen importantes implicaciones teóricas y prácticas. Desde el punto de vista teórico, este contribuye al marco teórico existente sobre la adopción de tecnologías en la educación, proporcionando un análisis detallado que puede ser utilizado por otras instituciones para guiar la implementación de tecnologías que optimicen el aprendizaje. Al integrar teorías como el modelo UTAUT y otros enfoques relevantes, se establece un fundamento sólido para futuras investigaciones en el campo de la educación superior y la tecnología. Esto no solo enriquece la literatura académica, sino que también ofrece un recurso valioso para los responsables de la toma de decisiones en las instituciones educativas. Además, desde un punto de vista práctico, para las instituciones educativas, la alta percepción de utilidad y facilidad de

uso de los sistemas ERP sugiere que su implementación no solo podría facilitar un aprendizaje más efectivo, sino que también podría contribuir a la formación de profesionales más competentes y preparados para enfrentar los desafíos del mercado laboral. Las instituciones deben considerar la integración de sistemas ERP en sus currículos como una estrategia para mejorar la calidad educativa y la empleabilidad de sus egresados.

Por otra parte, este estudio presenta algunas limitaciones. Se reconoce que la muestra se limitó a estudiantes, docentes y egresados de dos universidades específicas, lo que podría afectar la generalización de los resultados. Para obtener una visión más completa, se sugiere que futuras investigaciones amplíen la muestra a otras instituciones educativas y consideren factores adicionales, como la experiencia previa con tecnologías, el nivel de formación de los docentes y la

infraestructura tecnológica disponible. Esto permitirá una comprensión más profunda de los factores que influyen en la aceptación y uso de sistemas ERP en diferentes contextos educativos.

Con base en los hallazgos, se recomienda que las instituciones educativas desarrollen un plan estratégico para la implementación de sistemas ERP que incluya capacitación continua para docentes y estudiantes, así como la creación de un entorno de apoyo que fomente la innovación y la adaptación a nuevas tecnologías. Además, es crucial establecer mecanismos de retroalimentación que permitan evaluar y ajustar el uso de los sistemas ERP de manera continua, asegurando así que se alineen con las necesidades educativas y del mercado laboral en todas las áreas del conocimiento de acuerdo con la existencia de ellos y las posibilidades institucionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajzen, I. (1991). La teoría del comportamiento planificado. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 50 (2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T).
- Al-Mashari, M., Al-Mudimigh, A. y Zairi, M. (2003) Enterprise Resource Planning: A Taxonomy of Critical Factors. *European Journal of Operational Research*, 146, 352-364. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00554-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00554-4)
- Aldayel, A. I., Aldayel, M. S., y Al-Mudimigh, A. S. (2011). The critical success factors of ERP implementation in higher education in Saudi Arabia: A case study. *Journal of Information Technology and Economic Development*, 2(2), 1-16.
- Abu-Al-Aish, A., y Love, S. (2013). Factors influencing students' acceptance of m-learning: An investigation in higher education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 14(5). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v14i5.1631>
- Baudier, P., Ammi, C. y Deboeuf-Rouchon, M., (2018). Hogar inteligente: estudiantes con un alto nivel educativo Aceptación de abolladuras. *Previsión tecnológica. Sociedad Chang*. 153, 119355. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.043>.
- Bossolasco, M. L., Chiecher, A. C. y Dos Santos, D. A. (2023). Actitudes diferenciadas hacia las TIC en la docencia universitaria antes y después de la pandemia. *Educación Superior*, (35), 11-30. <https://doi.org/10.56918/es.2023.i35.pp11-30>
- Carmines, E.G. y Zeller, R.A. (1979). *Reliability and Validity Assessment*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412985642>
- Chin, W. y Marcoulides, G. (1998). The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. *Advances in Hospitality and Leisure*, 8(2). 294-336.
- Cabello Jr., JF, Hult Jr., GTM, Ringle Jr., C. y Sarstedt Jr., M. (2016). Una introducción al mínimo parcial Modelado de ecuaciones estructurales de cuadrados (PLS-SEM). Sage Publications.
- Chauhan, S. y Jaiswal, M. (2016). Determinants of acceptance of ERP software training in business schools: Empirical investigation using UTAUT model. *The International Journal of Management Education*, 14(3), 248-262. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2016.05.005>
- Chiao, HM., Chen, YL. y Huang, WH. (2018). Examinando la usabilidad de un entorno virtual en línea Plataforma de guías turísticas para la educación en turismo cultural. *J. Hosp.* 23, 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2018.05.002>
- Costa, C. J., Aparicio, M. y Raposo, J. (2020). Determinants of the management learning performance in ERP context. *Heliyon*, 6(4), e03689. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03689>
- Davis, FD, (1989). Utilidad percibida, facilidad de uso percibida y aceptación del usuario de Tecnología de la formación. *MIS Q.* 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>

- Diamantopoulos, A. y Siguaw, J. (2006). Formative versus Reflective Indicators in Organizational Measure Development: A Comparison and Empirical Illustration. *British Journal of Management*, 17(4), 263-282. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.2006.00500.x>
- Fornell, C. y Larcker, D. (1981). Evaluación de modelos de ecuaciones estructurales con variables no observables. Variables y error de medición. *J. Mark. Res.* 18(1), 39-50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A. y Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160. <https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower>
- Gold, A., Malhotra, A. y Segars, A. (2001). Knowledge management: an organizational capabilities perspective. *Journal of Management Information Systems*, 18(1), 185-214. <https://doi.org/10.1080/07421222.2001.11045669>
- Gargallo López, B., Suárez Rodríguez, J. y Almerich Cerveró, G. (2006). La influencia de las actitudes de los profesores en el uso de las nuevas tecnologías. *Revista Española de Pedagogía*, 64(233). <https://www.revistadepedagogia.org/rep/vol64/iss233/5/>
- Guo, Z., Xiao, L., Toorn, CV., Lai, Y. y Seo, C. (2016). Promoción de la continuidad de los estudiantes en línea Intención: un marco de flujo integrado. *Inf. Manag.* 53(2), 279-295. <https://doi.org/10.1016/j.im.2015.10.010>
- Hu, L., y Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Hirt, J. B., Cain, D., Bryant, B. y Williams, E. (2002). Cyberservices: What's Important and How Are We Doing [Ciberservicios: Qué es importante y cómo lo estamos haciendo]. *NASPA Journal*, 40(2), 98-118. doi: <http://dx.doi.org/10.2202/1949-6605.1225>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw- Hill. [https://books.google.com/books/about/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n.html?id=oLbjoQEACAAJ](https://books.google.com/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n.html?id=oLbjoQEACAAJ)
- Henseler, J., Ringle, CM y Sarstedt, M. (2015). Un nuevo criterio para evaluar variables discriminantes. Libilidad en modelos de ecuaciones estructurales basados en varianza. *J. Acad. Mark. Sci.* 43(1), 115-135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
- Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M. y Sarstedt, M. (2017) *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. (2nd Ed.), Sage Publications Inc., Thousand Oaks, CA. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/a-primer-on-partial-least-squares-structural-equation-modeling-pls-sem/book270548>
- Harborth, D. y Pape, S. (2020). Cómo los sentimientos nostálgicos afectan a los jugadores de Pokémon Go –integrat– Incorporando la nostalgia infantil a la teoría de la aceptación de la tecnología. *Behav. Inform. Technol.* 39, 1276-1296. <https://doi.org/10.1080/0144929x.2019.1662486>
- JASP Team (2024). JASP (Version 0.19) [Computer software]. Revelle, W. (2018) psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.8.12.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling (3rd ed.)*. Guilford Press. <https://www.guilford.com/books/Principles-and-Practice-of-Structural-Equation-Modeling/Rex-Kline/9781462551910>
- Kock, N. (2015). Common method bias in PLS-SEM: A full collinearity assessment approach. *International Journal of e-Collaboration*, 11(4), 1-10. <https://www.researchgate.net/publication/285590317>
- Kock, F., Berbekova, A., y Assaf, A. G. (2021). Understanding and managing the threat of common method bias: Detection, prevention and control. *Tourism Management*, 86, 104330. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104330>
- Limayem, M., Hirt, SG y Cheung, CM. (2007). Cómo el hábito limita el poder predictivo de la Atención en el caso de la continuidad de los sistemas de información. *MIS Q.* 31(4), 705-737. <https://doi.org/10.2307/25148817>
- Luo, X., Li, H., Zhang, J. y Shim, J. P. (2010). Examining multi-dimensional trust and multi-faceted risk in initial acceptance of emerging technologies: An empirical study of mobile banking services. *Decision Support Systems*, 49(2), 222-234. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.02.008>
- Meister, J. C. (1999). Survey of Corporate University Future Directions: Executive Summary [Encuesta de orientaciones futuras en universidades corporativas: Resumen ejecutivo]. New York: Corporate University Xchange.
- Mizikaci, F. (2006). A Systems Approach to Program Evaluation Model for Quality in Higher Education [Un enfoque de sistemas para un modelo de evaluación del programa para la calidad en educación superior]. *Quality Assurance in Education*, 14(1), 37-53. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/09684880610643601>
- Nysveen, H. y Pedersen, PE. (2016). Adopción de servicios habilitados con RFID por parte de los consumidores. Un modelo UTAUT ampliado. *Inf. Syst. Front.* 18 (2), 293-314. <https://doi.org/10.1007/s10796-014-9531-4>

- Oye, ND, Iahad, NA y Rahim, NA. (2014). La historia del modelo UTAUT y su impacto en Aceptación y uso de las TIC por parte de académicos. *Educ. Inf. Technol.* 19(1), 251-270. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9189-9>
- Plano, V. y Creswell, J. (2015). *Understanding Research A Consumer's Guide*. (2ª ed). PERSON.
- Puig-Denia, A., Forés, B., Fernández-Yáñez, J. M., y Boronat-Navarro, M. (2023). Introducing an Open-Source Software for the Enterprise Resource Planning in the Business Management Degree. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 23(14). <https://doi.org/10.33423/jhetp.v23i14.6393>
- Rodríguez-Ponce, E. y Pedraja-Rejas, L. (2009). Dirección estratégica en universidades: Un estudio empírico en instituciones de iberoamérica. *Interciencia*, 34(6), 413-418. <http://www.scielo.org/ve/pdf/inci/v34n6/art09.pdf>
- Reyes-Menendez, A., Palos-Sanchez, P. R., Saura, J. R. y Martin-Velicia, F. (2018). Understanding the Influence of Wireless Communications and Wi-Fi Access on Customer Loyalty: A Behavioral Model System. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018(1), 3487398. <https://doi.org/10.1155/2018/3487398>
- Rojas Sánchez, MR *et al* (2021). El desempeño ecológico como factor determinante de la adopción de aplicaciones de realidad virtual en los parques nacionales. Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148990> 0048-9697/©
- Ringle, C. M., Wende, S. y Becker, J.-M. (2024). "SmartPLS 4." Bönningstedt: SmartPLS, <https://www.smartpls.com>
- Sahin, I. y Thompson, A. (2007). Analysis of Predictive Factors that Influence Faculty Members Technology Adoption Level [Análisis de los factores predictivos que influyen el nivel de adopción de tecnología por parte de los miembros del estamento académico]. *Journal of Technology and Teacher Education*, 15(2), 167-190. [http://www.researchgate.net/profile/Ann\\_Thompson6/publication/255639390\\_Analysis\\_of\\_Predictive\\_Factors\\_That\\_Influence\\_Faculty\\_Members\\_Technology\\_Adoption\\_Level/links/0a85e539288c0486d8000000](http://www.researchgate.net/profile/Ann_Thompson6/publication/255639390_Analysis_of_Predictive_Factors_That_Influence_Faculty_Members_Technology_Adoption_Level/links/0a85e539288c0486d8000000)
- Sarstedt, M. y Mooi, ERA. (2019). *Unagüa concisa para la investigación de mercados*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-56707-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56707-4_7)
- Soliman, M. S. M. y Karia, N. (2019). Modelling intention to use ERP systems among higher education institutions in Egypt: UTAUT perspective. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(2), 429-439. [https://www.researchgate.net/publication/332605193\\_Modelling\\_Intention\\_to\\_Use\\_ERP\\_Systems\\_among\\_Higher\\_Education\\_Institutions\\_in\\_Egypt\\_UTAUT\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/332605193_Modelling_Intention_to_Use_ERP_Systems_among_Higher_Education_Institutions_in_Egypt_UTAUT_Perspective)
- Taylor, S. y Todd, PA. (1995). Comprensión del uso de la tecnología de la información: una prueba de comprensión Modelos de mascotas. *Inf. Syst. Res.* 6(2), 144-176. <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>. Tosuntas, SB
- Tabata, L. N. y Johnsrud, L. K. (2008). The Impact of Faculty Attitudes Toward Technology, Distance Education, and Innovation [Impacto de las actitudes del estamento académico hacia la tecnología, la educación a distancia y la innovación]. *Research in Higher Education*, 49(7), 625-646. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11162-008-9094-7>
- Toro, J. R. (2012). *Gestión interna de la calidad en las instituciones de educación superior*. Santiago: RIL Editores.
- Tiwari, S. y Kalla, D. (2021). A study on the impact of ERP implementation and Adoption in the Higher Education Institutions. *NeuroQuantology*, 19(8). 238-247. Doi: 10.48047/nq.2021.19.8.NQ21137
- Venkatesh, V., y Morris, D. (2003). Aceptación del usuario de la tecnología de la información: Hacia una visión unificada. *MIS Q.* 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540Venkatesh>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). *User acceptance of information technology: Toward a unified view*. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V. y Bala, H. (2008) Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39, 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., y Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Wright, K. B. (2005) Researching Internet-Based Populations: Advantages and Disadvantages of Online Survey Research, Online Questionnaire Authoring Software Packages, and Web Survey Services [Investigando poblaciones con base en internet: Ventajas y desventajas de investigación a través de encuestas en línea, programas para creación de cuestionarios en línea y servicios de encuestas por internet]. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 10(3). doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1083-6101.2005.tb00259.x>





# COMPETENCIAS Y BUENAS PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES EN PYMES

Recibido: 25 de mayo, 2025 • Revisado: 15 de junio, 2025 • 30 de junio, 2025

Toscano Luconi Esquivel  
y Fabiola Sandoval Atán

## RESUMEN

Este estudio sintetiza la literatura reciente sobre gestión de operaciones en pequeñas y medianas empresas (PYME) y propone un marco integrado compuesto por cuatro ejes: procesos, eficiencia, calidad y continuidad. A partir del análisis de fuentes académicas, normativas y casos empresariales se identifican los factores habilitadores de cada eje y los beneficios asociados a su implementación. El eje de procesos pone énfasis en el mapeo de la cadena de valor, la documentación operativa y la gobernanza, orientados a generar orden interno y reducir la variabilidad. Eficiencia agrupa la eliminación de desperdicios mediante enfoques Lean-Kaizen y la digitalización de bajo costo, con impacto directo en costos y tiempos. Calidad integra el diseño con enfoque al cliente, herramientas de control estadístico y sistemas de gestión para garantizar consistencia y confianza del mercado. Finalmente, continuidad aborda la gestión de riesgos, la planificación flexible y el monitoreo del entorno con el fin de asegurar la resiliencia operativa. La matriz resultante ofrece a las PYME una hoja de referencia práctica para priorizar intervenciones y medir resultados. El marco sirve como base para futuras validaciones empíricas y lineamientos de política de apoyo empresarial.

**Palabras clave:** PYME, gestión de operaciones, procesos, revisión de alcance.

## ABSTRACT

Small and medium enterprises (SMEs) often work with tight resource constraints but face ever-rising expectations for speed, reliability, and resilience. This paper surveys recent operations-management scholarship and practitioner guides to distil the competencies that repeatedly underpin superior SME performance. The evidence converges on a four-pillar framework –processes, efficiency, quality, and continuity– each anchored by actionable factors such as value-stream mapping, lean housekeeping, low-cost digital tracking, statistical control, risk profiling, and agile versions of ISO-style management systems. A companion benefits matrix provides owners and managers a reference for sequencing improvements and measuring impact. Although formal systems can appear burdensome at SME scale, tailoring their essentials delivers more stable operations and greater customer confidence. The framework offers a concise reference for entrepreneurs, advisors, and policymakers seeking to lift SME competitiveness and sets the stage for future empirical validation in specific industry contexts.

**Key words:** SME, operations management, processes, scoping review.

Toscano Luconi Esquivel es Profesor en LEAD University y asesor empresarial en estrategia, finanzas y operaciones.

Fabiola Sandoval Atán es Ingenieria de Manufactura para una empresa de dispositivos médicos. Estudió Ingeniería Industrial en la Universidad de Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

Los recursos con los que cuenta una empresa no lo son todo. Si bien los nuevos paradigmas de automatización de procesos y tecnologías emergentes dominan la discusión, muchas empresas no están en condiciones de incorporar esos recursos en sus operaciones. Por eso, la perspectiva de las competencias organizacionales mantiene relevancia en el contexto académico y empresarial (Freiling, 2004).

En comparación con la visión clásica de los recursos, esta teoría permite analizar las situaciones desde el enfoque de cómo se utilizan sus activos disponibles, y no solo cuáles o cuántos tienen. Este “cómo” es fundamental para lo que sigue.

Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), incluidas las “micro-PYME” (miPYMEs), operan al margen de la disponibilidad de recursos; son sus capacidades las que las diferencian unas de otras. Características como entrega, flexibilidad, costo y calidad son dimensiones donde las PYMEs buscan diferenciarse con base en sus competencias (Campo-Sierra *et al.*, 2024).

En este sentido, la literatura de Administración de Operaciones es amplia y profunda. Ejemplo de ello son libros como Holt *et al.* (1963) y Jacobs y Chase (2019), que separados por más de 50 años, presentan los mismos conceptos con formulaciones novedosas o apoyados en literatura más reciente. Ahora bien, Fine *et al.* (2022) referencian que existe una disciplina que no se ha explorado lo suficiente y es “*operations for entrepreneurs*” o bien, operaciones para emprendedores. Es comprensible, en este sentido, que un emprendimiento no es un símil a una PYME. No obstante, la PYME debe emprender constantemente acciones que le mantengan en línea con las necesidades del mercado (Nwabueze, 2013). Es a este vacío de conocimiento sobre las operaciones para emprendedores, al que busca contribuir la presente investigación. Existen diversos estudios que sintetizan la información (Bayonne *et al.*, 2020; Acquah *et al.*, 2023; Gamón-Sanz *et al.*, 2024), empero ninguno determina qué funciona para las pequeñas y medianas empresas.

Es, con base en lo anterior, que se plantea el objetivo general de la investigación. Se busca identificar en la literatura de administración de operaciones, con énfasis en PYMEs, una serie de factores clave que potencien la eficiencia y calidad de empresas de esta naturaleza,

para así sintetizar recomendaciones que permitan potenciar la operación de quien implemente. El tipo de investigación es cualitativo y exploratorio, y para ello se plantea una pregunta guía que permite mantener un alcance amplio pero especializado en la disciplina.

Los resultados obtenidos son positivos, pues se identifican cuatro ejes fundamentales para la operación de pequeñas empresas: procesos, eficiencia, calidad y continuidad. Para cada uno de ellos se especifican diversos factores (herramientas y prácticas) que permiten desarrollar el área a las necesidades de la empresa. Esto se sintetiza en una sección posterior, donde el lector puede revisar el instrumental, así como los beneficios esperados.

A continuación, se presenta la metodología empleada, se profundiza en cada uno de los ejes identificados y se presentan las conclusiones del estudio.

## ASPECTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

### Marco teórico

El campo de estudio en el que se desarrolla la investigación es la administración de operaciones (Jacobs y Chase, 2019), que puede ser considerada la intersección de dos disciplinas más amplias: administración de empresas e ingeniería industrial. La principal perspectiva teórica adoptada es la de competencias empresariales (Freiling, 2004), una derivación de la teoría de los recursos empresariales. Esta corriente sostiene que el éxito de las empresas está en función de cómo utilizan las competencias (conocimientos) que adquieren a través de su experiencia operativa. La perspectiva tradicional en este sentido, de los recursos (Resource-Based View o RBV en la literatura), hace énfasis en que existe un conjunto de recursos y habilidades que son determinantes para el rendimiento de la empresa (Tece *et al.*, 1997). La principal diferencia, entonces, es que la vertiente de competencias toma los recursos y los mejora con base en el aprendizaje que desarrolla en el ejercicio empresarial.

Esta elección se justifica porque, en la coyuntura actual, muchos recursos se pueden obtener a un costo relativamente bajo, las competencias empresariales son los principales diferenciadores. Este argumento se puede ejemplificar con la facilidad con la que las empresas pueden incursionar en mercadeo digital mediante redes sociales. Con el pasar de los años ha sido menos

necesario contratar empresas dedicadas a la publicidad y mercadeo, y las operaciones se han trasladado al seno de la organización. Con la facilidad de acceso que se tiene, ¿qué les diferencia? El conocimiento con el que utilizan esos recursos. De esa posición es que se identifica la pregunta de investigación, que busca explorar esas prácticas y competencias que pueden beneficiar a las PYMEs.

PI: ¿Qué prácticas operativas y competencias organizacionales han sido documentadas como efectivas para mejorar la eficiencia de los procesos y asegurar la calidad de productos o servicios en pequeñas y medianas empresas de manufactura y de servicios?

### Metodología

Para responder a la pregunta de investigación, se utilizó una revisión de alcance (*scoping review*). Este es un método que revisa la literatura disponible en un área de estudio y, a diferencia de una revisión sistemática o revisión de literatura, no busca emitir un juicio sobre la calidad, rigurosidad o metodología utilizada en estudios previos. Por su parte, se preocupa en identificar la producción científica que existe y, de ser necesario, puede sintetizarla para su comprensión (Arksey y O'Malley, 2005). En lo que sigue, se tomó como base lo presentado por Arksey y O'Malley (2005), Levac *et al.* (2010) y Peters *et al.* (2020) para asegurar la rigurosidad metodológica de la investigación. En especial, se utilizan los cinco pasos especificados por los primeros autores, que son: 1) identificar la pregunta de investigación; 2) identificar estudios relevantes; 3) seleccionar los trabajos; 4) tabular la información y; 5) filtrar, resumir y presentar los hallazgos.

El paso 1) se ejecutó en la subsección de teoría del trabajo. Para la identificación de estudios relevantes se desarrolló un muestreo por bola de nieve y por criterios. Las fuentes de información utilizadas fueron la base de datos Scopus y la colección de artículos previamente recopilados por uno de los autores (TLE). Para la plataforma bibliográfica se utilizó la siguiente cadena booleana, que dio como resultado 669 artículos desde 2015 al 2025.

("process efficiency" OR "operational efficiency") AND (sme\* OR "small business" OR "small enterprise") AND (lean OR "continuous improvement" OR bpm) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR

< 2026 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "engi") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "busi"))

El listado fue ordenado por cantidad de citas recibidas, de forma que se obtuvieran principalmente documentos que han tenido un impacto en el campo de estudio. Entre ellas se encontró a Shepherd & Patzelt (2013), quienes son los que primero propusieron el campo de *operational entrepreneurship* y que luego Fine y compañeros avanzaron. Con el paso 2) completado, se procedió al cribado por título y resumen para seleccionar los estudios más relevantes para la investigación. Este filtro inicial resultó en 52 artículos.

Aplicando un segundo filtro, se excluyeron estudios puramente teóricos o metodológicos, dejando una base final de 40 artículos que alimentaron la matriz de información correspondiente al paso 4.

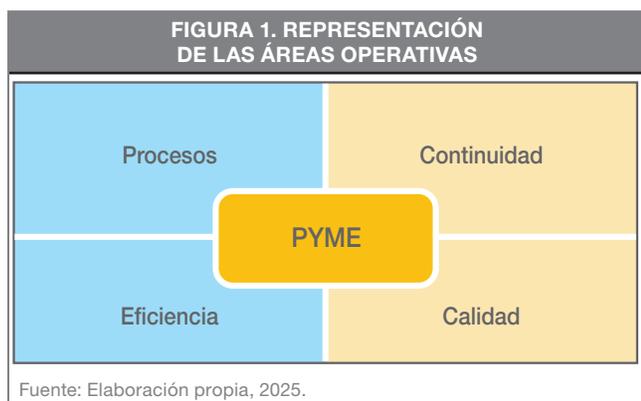
La síntesis y análisis de estos estudios se presentan en la siguiente sección, donde se describen los cuatro ejes identificados, junto con sus factores clave y aplicaciones prácticas.

### LOS EJES OPERATIVOS

Con base en la literatura consultada, y el análisis de la información recopilada, se identifican cuatro ejes clave que estructuran la operación de las pequeñas empresas: procesos, eficiencia, calidad y continuidad. Cada una está conformada por factores específicos, que se traducen a prácticas, herramientas y capacidades aplicadas a lo interno de la organización. Los anteriores son los que terminan incidiendo en el desempeño empresarial, sea potenciándolo, manteniéndolo o perjudicándolo. La aplicación, y el nivel de implementación, dictará cuánto puede beneficiarse la organización de los resultados esperados (S. L. Ahire *et al.*, 1996; Shea y Howell, 1998; Douglas y Judge, 2001). Adicionalmente, se identifica un factor común entre las cuatro áreas: la medición. Partiendo del principio de "lo que no se mide, no se puede mejorar", este elemento juega un papel fundamental, ya que permite evaluar el rendimiento de cada eje y proporciona una base objetiva para la toma de decisiones. Contar con indicadores adecuados facilita el monitoreo de la operación actual, la identificación de brechas y el seguimiento de mejoras.

Estos ejes permiten que la empresa comprenda su posición competitiva y operativa de manera integral.

Esto ya que dos se centran en el análisis interno -procesos y eficiencia-, al mismo tiempo que se observa el entorno y se manejan las relaciones -calidad y continuidad- (Li *et al.*, 2023). Las organizaciones no pueden estar aisladas del ecosistema en el que se desarrollan, y deben mantener canales abiertos de comunicación de adentro hacia afuera, de afuera hacia adentro, y fundamental a lo interno (Ge *et al.*, 2017; Zheng *et al.*, 2025). En lo siguiente se presenta un apartado específico para cada eje, de forma que el lector comprenda los factores constituyentes de cada una y cómo pueden ser aplicadas en el ejercicio operativo.



### Procesos

La gestión por procesos constituye un enfoque integral, que trasciende la estructura jerárquica tradicional basada en departamentos. En su lugar, se enfoca en la identificación, análisis y mejora continua de los procesos clave de la organización. Antes de iniciar cualquier proyecto de mejora, es esencial comprender qué se hace, cómo se hace y por qué se hace. Una organización no puede ofrecer un producto o servicio si no tiene orden interno, y los procesos son la columna vertebral del sistema. Generalmente clasificados en “estratégicos”, “sustantivos” y “de apoyo” los procesos deben abarcar tres principales tópicos en una organización: materiales, información y flujos financieros (Zhang *et al.*, 2020). Partiendo de lo anterior, se identifica que los factores clave para los procesos son: 1) el mapeo y análisis, 2) la documentación y estandarización y 3) la gobernanza del proceso.

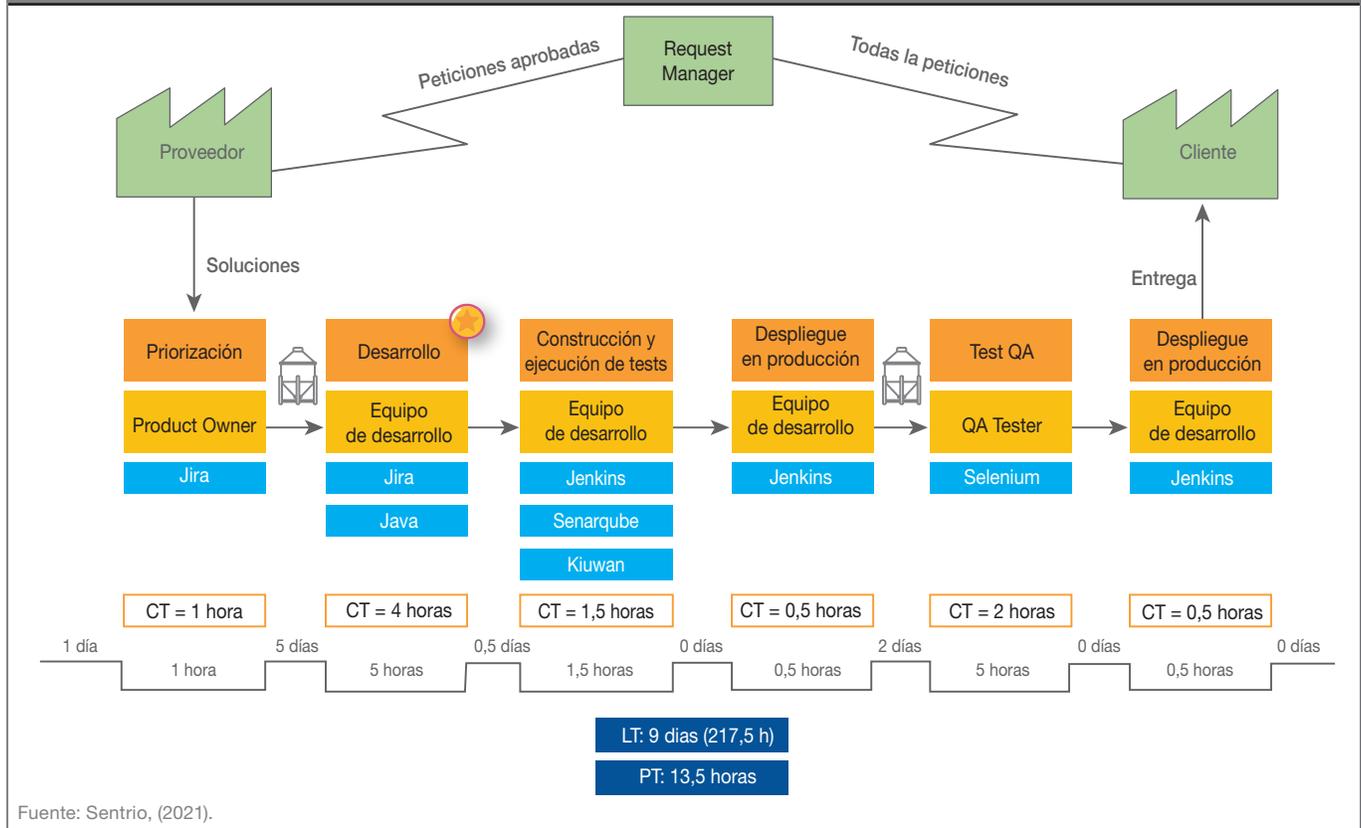
El primer aspecto se refiere a la utilización de herramientas para comprender la cadena de valor, así como el análisis de las entradas, salidas y métodos de

transformación u oferta. Puntualmente el empresario puede tomar partida de instrumentos como el SIPOC (proveedores, insumos, procesos, salidas y clientes, según las siglas en inglés) (Jacobs y Chase, 2019) o el mapa de flujos de valor (VSM, por sus siglas en inglés) para entender las relaciones en su cadena operativa (Kumar *et al.*, 2018; Schmiedel *et al.*, 2020). Esto le permite desarrollar un análisis de dónde se encuentra y genera valor a través de las actividades, de forma que el proceso se diseñe y maneje adecuadamente.

Con estas herramientas y prácticas en acción, podrá identificar cuellos de botella, desperdicios y reprocesos innecesarios. Estas acciones se encuentran cerca de la frontera con el área de eficiencia, ya que los principios permean y se busca el mejor diseño del proceso. Habiendo comprendido qué se hace, cómo se hace y para qué se hace, puede entonces revisarse la constitución de la actividad operativa para buscar su mejor desempeño. La caracterización del proceso, que comprende el segundo de los factores, permite que se generen diagramas de flujo, procedimientos y demás información sustancial para el buen funcionamiento. Con estas herramientas, el empresario puede identificar los tiempos, variaciones, utilización de recursos, así como dependencias y necesidades propias para la correcta ejecución de los procesos (Ahir *et al.*, 2014; Hakemeyer *et al.*, 2016). Administrar la información de su proceso es una competencia crítica para la supervivencia empresarial, especialmente en etapas de consolidación y crecimiento (Nwabueze, 2013).

El último factor, la gobernanza del proceso, se refiere a gestionar los cambios de manera que se garantice la continuidad. Es común en pequeñas empresas que los colaboradores encuentren mejores formas de realizar una tarea (eficiencias), sin embargo el valor a largo plazo emana de la correcta administración de estas mejoras. Una PYME que todas las semanas cambia los métodos de trabajo no va a tener los procesos estables y definidos que se requieren para crecer sostenidamente. Algunas herramientas prácticas y competencias que se deben implementar para este factor son el control de versiones, las reuniones periódicas y la comunicación fluida entre las distintas áreas. Por esa razón, mantener información documentada, recomendado así por normas internacionales, es el último factor para garantizar el éxito de la operación a través del tiempo (Heras-Saizarbitoria y Boiral, 2013).

FIGURA 2. EJEMPLO DE UN MAPA DE FLUJO DE VALOR (VSM)



## Eficiencia

El eje de eficiencia se ocupa de asegurar que los procesos consuman solo los recursos necesarios y evolucionen de forma continua. Definitivamente es un tema transversal a través de la literatura, no solo en artículos novedosos, sino en libros de texto clásicos (Stevenson, 2018). Permea, asimismo, todos los temas que se desarrollen en las operaciones empresariales, ya que, si no se utilizan los recursos de la mejor manera, no se está explotando todo el beneficio. Para realizar lo anterior se debe tomar partida de tres factores relevantes: 1) eliminar desperdicios, 2) mejorar continuamente y 3) digitalizar los procesos. Cada uno de ellos es un área de estudio por sí solo. La eliminación de desperdicios, mejor conocido como *Lean* (o producción esbelta), tiene su origen en la cultura de manufactura japonesa. Los ciclos de mejora continua fueron adaptados globalmente con las iniciativas de mejora derivadas de *lean*, así como de los padres de la calidad moderna, como Demming (Gutiérrez Pulido, 2014). Por último, la transformación digital, ha experimentado un

crecimiento significativo en recientes años, coadyuvada por la Industria 4.0 y nuevos desarrollos de aprendizaje automático e inteligencia artificial (Chauhan *et al.*, 2021; Villanueva González, 2024).

El primer determinante del éxito en este eje es la reducción de los desperdicios, o mudas en lenguaje técnico, para hacer el proceso lo más esbelto posible. Esto significa eliminar todo aquello que no agrega valor y no es necesario para la producción del bien o la gestión del servicio. En la literatura se suelen tratar ocho principales tipos de desperdicio: sobreproducción, esperas, transporte, sobre procesamiento, inventario, movimientos, defectos y talento no utilizado (Gutiérrez Pulido, 2014). Es fundamental que, así como se analizan los procesos para medirlos, se determinen las causas de los desperdicios existentes, de forma que se reduzcan a lo mínimo. Métodos para realizarlo son la metodología de las 5S (separar, organizar, limpiar, estandarizar y sostener con disciplina, en la formulación japonesa original); el análisis de VSM (*Value Stream Mapping*) que identifica el flujo de los materiales e

información en el proceso y permite identificar la creación de valor; también la formulación de un diagrama SIPOC que determina la utilización de los recursos y facilita la comprensión de su eficiencia (Tortorella *et al.*, 2017; Gamón-Sanz *et al.*, 2024).



Tomando como insumo los resultados del análisis de la eficiencia operacional, se pueden plantear ciclos de mejora continua a lo interno de la organización. Estos son informados principalmente por los ejes internos, pero se ven influenciados por los ejes externos, ya que la sobre optimización de procesos puede no traducirse en consecución de objetivos empresariales y una desvinculación con las necesidades de los clientes (Demirbag *et al.*, 2006). Los proyectos y ciclos de mejora continua pueden abarcar distintas áreas de la organización, de forma que generen beneficios en aspectos como aumento del capital de trabajo, reducción de inventarios, incremento de la satisfacción de clientes, entre otros (Kumar *et al.*, 2018). Los métodos comunes

en la literatura para realizarlos son los eventos *Kaizen* o el desarrollo de proyectos con el formato PHVA o DMAIC, cuya estructura permite implementar soluciones que se fundamentan en la comprensión del proceso y son adecuadas a las necesidades de la empresa (Belekoukias *et al.*, 2014; Bamford *et al.*, 2015).

Por su parte, la digitalización de procesos, procedimientos o actividades facilita que la organización avance en sus competencias tecnológicas. Esto es de primera importancia en un contexto de alta volatilidad y frecuente cambio, impulsado por los recientes avances en tecnologías generativas como la inteligencia artificial. Diversos estudios comentan que, a pesar de que las barreras de entrada a la Industria 4.0 son altas para las PYMEs, las necesidades operativas generan beneficios que sobrepasan los costos de adopción (Chauhan *et al.*, 2021; Tian *et al.*, 2023). Para implementar proyectos de transformación digital se pueden utilizar métodos como el desarrollado por Gökalp *et al.* (2021) que determina el nivel de madurez tecnológica y la calidad de los datos de la empresa. Estos se pueden combinar con el procedimiento expuesto por Al-Surmi *et al.* (2022) para generar proyectos que se alineen mejor a la estrategia de la empresa. Claro está que las PYME, como se mencionó, suelen no tener los recursos y competencias necesarias para gestionar proyectos de esta índole, por lo que emplear herramientas tradicionales de mejora continua puede tener mayores réditos en etapas tempranas o de crecimiento.

### Calidad

El eje de calidad se enfoca en que la oferta de la empresa sea de bienes o servicios, satisfaga los requisitos del cliente con consistencia. Es fundamental alinear las características internas a la demanda externa, de forma que el consumidor perciba un alto valor del producto y servicio, y se fidelice con la empresa. Esto es aplicable en todas las industrias y sectores, así como en las propias áreas de la organización; desde un restaurante hasta una institución de educación superior. Los tres factores que influyen en la consistencia de la oferta empresarial son: 1) control en el origen, 2) controles estadísticos y 3) sistemas de gestión. El primero se refiere a que los procesos, productos y servicios deben ser diseñados con la calidad en mente; esta característica no puede ser un resultado. La aplicación de métodos

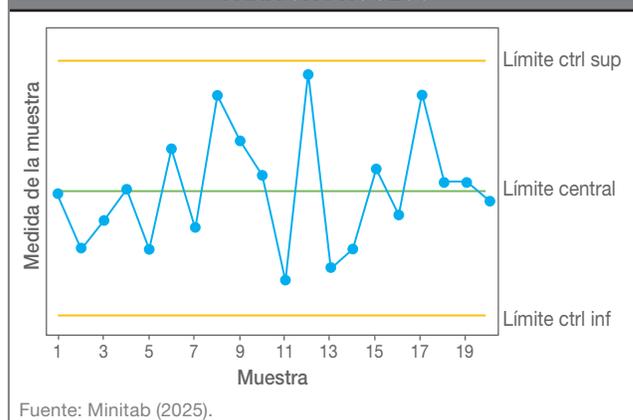
estadísticos les permite a los equipos de trabajo analizar si el proceso está dando los resultados esperados, así como identificar los patrones en las opiniones de los clientes y más. Por último, un sistema de gestión, a pesar de ser una herramienta avanzada, fortalece a la organización en sus métodos, de forma que los clientes tienen una garantía de los estándares que se adoptan.

Particularmente sobre el control en el origen hay dos herramientas de gran apoyo para la PYME. La primera es la calidad por diseño (QbD, por sus siglas en inglés), que se deriva de la normativa internacional para el desarrollo de productos y procesos farmacológicos. Ha sido adoptado como una buena práctica a través de otras industrias por su enfoque sistemático, con objetivos preestablecidos y con énfasis en la comprensión del producto y servicio (Rathore, 2016). Esta herramienta determina dos variables fundamentales para controlar en la ejecución de los procesos: el Rango de Operación (RO) y los Parámetros Críticos del Proceso (PCC). El primero es indicativo de dónde se deberían encontrar las observaciones que se realicen al proceso, y está determinado por el segundo, que determina cuál es la máxima variabilidad de un atributo que está permitida (Rathore, 2016). Por el lado propio del diseño del producto o servicio, la empresa puede hacer provecho del despliegue de la función de calidad (QFD, por sus siglas en inglés), que es un método con el que se entienden los requerimientos del cliente y los requerimientos funcionales. Esto se traduce en cómo la empresa logra satisfacer las necesidades, y permite priorizar cuáles son los atributos críticos para la calidad (Kiran, 2017).

Con respecto al factor de control estadístico de los procesos y la operación, existen diversas herramientas que el empresario puede poner en uso. Las dos que se identifica que tienen un beneficio accesible para la PYME son el Análisis de Métodos de Fallo y Efectos (AMFE o FMEA, por sus siglas en inglés) y las Cartas de Control. El primero AMFE permite, como su nombre lo dice, determinar cómo, por qué y cuál es el efecto de un fallo en un proceso, producto o servicio. Asimismo, es objetivo en el tanto resulta en un número que pondera la severidad, ocurrencia y detección, con lo cual se ordenan los métodos de fallo críticos y se desarrollan los planes de acción correspondientes (C. P. Ahire y Relkar, 2012; Gutiérrez Pulido, 2014). Es

en esta etapa que se pueden incluir otros métodos de apoyo como la identificación de causa raíz por medio de las 6M, análisis de varianza u otras herramientas estadísticas.

FIGURA 4. EJEMPLO DE UNA GRÁFICA DE CONTROL PARA UN PROCESO



El segundo instrumento es el uso de Cartas de Control, que permiten a la empresa determinar si los procesos, los atributos de los procesos o las características cuantitativas de los servicios, están dentro del rango especificado. Formalmente, toman partida de la media y desviación estándar de la variable a medir, para construir un gráfico que permite identificar patrones, tendencias o desviaciones del nivel esperado. De esta forma, con el avance de las actividades, la empresa puede tomar nota de si las gestiones están “bajo control” o presentan una condición que las distancia del esperado. Es relevante considerar que los patrones, tendencias y más pueden ser endógenos -causados por la operación- o exógenos -aspectos fuera de control-, por lo que se debe hacer el análisis correspondiente antes de iniciar proyectos de mejora (Gutiérrez Pulido, 2014).

Por último, los sistemas de gestión de la calidad (SGC) –con ISO 9001 como estándar paraguas y sus variantes sectoriales (ISO 13485, IATF 16949, etc.)– representan la estructura formal que convierte los principios de calidad en prácticas operativas verificables. Para una PYME, instalar un SGC puede ser exigente, pero aporta beneficios que difícilmente se obtienen con métodos informales (Sitki İlkay y Aslan, 2012; Bernardo *et al.*, 2015). La estandarización de procesos reduce la variabilidad, asigna responsabilidades claras y obliga a incorporar el pensamiento basado en riesgos antes de que los problemas aparezcan, lo que agrega solidez a la gestión.

La utilización de registros sistemáticos de no conformidades, acciones correctivas, calibraciones y auditorías internas permiten monitorear el desempeño en tiempo real y retroalimentar la mejora continua. Como resultado, la certificación actúa como señal de fiabilidad ante mercados regulados o cadenas de suministro exigentes; facilita auditorías de homologación y abre nuevas oportunidades comerciales (Camilleri, 2022).

No obstante, existen una serie de complejidades que hacen que la implementación sea más costosa, por ejemplo, la carga administrativa y costos de certificación. La documentación inicial y las auditorías externas suponen inversión de tiempo y dinero que no siempre está disponible. Los manuales estándar suelen estar diseñados para empresas grandes; trasladarlos sin adaptación genera burocracia innecesaria. Finalmente, la modificación de prácticas “de memoria” a procesos documentados requiere disciplina y puede enfrentarse a resistencia interna (Meftah Abusa y Gibson, 2013).

Para maximizar la esperanza de éxito se recomienda empezar a pequeña escala. Es decir, priorizar los procesos sustantivos (ventas y producción/atención al cliente), para integrar los de apoyo en una segunda etapa. Es necesario simplificar la documentación; usar plantillas visuales, diagramas claros y software de bajo código que facilite la gestión de versiones sin multiplicar archivos. Si bien los SGC suponen los procesos de auditoría en intervalos planificados, integrar con esfuerzos Kaizen permite alinear el SGC con las iniciativas de eficiencia. Finalmente, es imperativo demostrar resultados rápido. Por último, se deben establecer indicadores desde el inicio y evaluar su resultado, para mostrar el retorno de la inversión (Psomas *et al.*, 2010; Latan *et al.*, 2020).

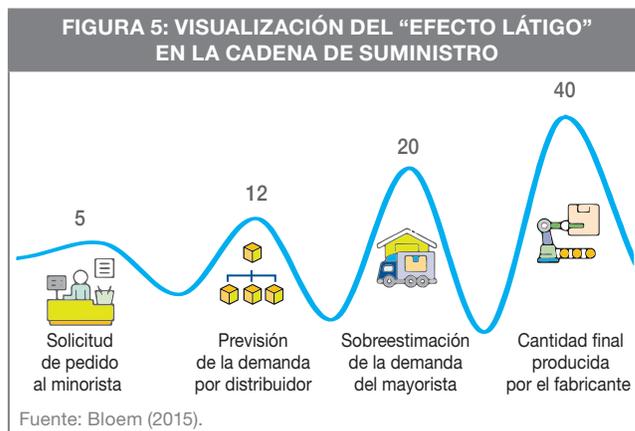
### Continuidad

La continuidad consiste en que las operaciones de la empresa sean a prueba de interrupciones. Garantizar que las actividades sean resistentes a obstáculos y cambios repentinos resulta fundamental para la sostenibilidad y competitividad de cualquier negocio, en especial PYMEs que inician operaciones y comienzan a desarrollar sus competencias (Douglas y Judge, 2001; Nwabueze, 2013). En este sentido, el diseño de sistemas, estructuras y procesos sólidos y adaptables con la capacidad de sobreponerse a situaciones imprevistas

y adversas cobra relevancia. Asimismo, la anticipación de riesgos, la identificación de vulnerabilidades, el establecimiento de planes de mejora y contingencia forman parte del aseguramiento de la continuidad operativa (Brinckmann *et al.*, 2010).

El principal componente de relación con el ecosistema y la economía está en la continuidad de la empresa. Cómo esta navega los retos y oportunidades que se presentan, va a dictar el rendimiento que genere. Por eso la competencia clave de esta área es la adaptabilidad. Una operación continua no solo minimiza pérdidas en situaciones críticas, sino que también fortalece la confianza de clientes, proveedores y otras partes interesadas al demostrar solidez y capacidad de respuesta frente a la incertidumbre. Esta competencia está fundamentada en tres factores: 1) la comunicación, 2) la prospección y 3) la planificación.

Un concepto conocido en la gestión de cadenas de suministro es el efecto látigo, que se refiere a la acumulación distorsionada de inventarios a través de la cadena de abastecimiento consecuencia de la falta de sincronización de la información entre sus eslabones (Frazelle, 2002). Este es un ejemplo de por qué la comunicación termina de consolidarse como un factor esencial en la continuidad de las operaciones de una empresa. Una comunicación adecuada tanto interdepartamental como con clientes, proveedores e incluso terceros contribuye a la amortiguación del efecto látigo, en tanto facilita el flujo oportuno y preciso de información, lo que permite una mejor toma de decisiones, una planificación más coherente y una respuesta más ágil ante cambios en el entorno, fortaleciendo así la continuidad de las operaciones en toda la cadena de valor (Singhry y Abd Rahman, 2019).



Una comunicación acertada, respaldada por información precisa y fiable, permite alinear a los distintos actores de la cadena de suministro, reduciendo la incertidumbre y evitando reacciones desproporcionadas ante cambios drásticos. Así, se contribuye a disminuir el efecto látigo, puesto que las decisiones no se basan en suposiciones o interpretaciones aisladas, sino en una visión compartida y fundamentada de la realidad del entorno y del mercado. Este enfoque favorece la coordinación, mejora la capacidad de respuesta y refuerza la continuidad operativa frente a los desafíos internos y externos (Tortorella *et al.*, 2017).

Sobre esta misma línea entonces surge el concepto de prospección, definido por la Real Academia Española como la “exploración de posibilidades futuras basada en indicios presentes”. El análisis constante de la coyuntura en que se desarrolla una empresa, llámese en el ámbito político, económico, sociocultural, industrial y otros, permite comprender el estado actual y proyectar los posibles cambios u obstáculos que puedan presentarse en el futuro. Para realizar este tipo de análisis se puede partir de clásicos como el modelo PEST, su extensión PESTEL, o modernas propuestas como la de Segura-Villareal (2022) que lo integra con las 5 Fuerzas de Porter. La disponibilidad y el uso estratégico de esta información se convierten en una herramienta clave para la toma de decisiones, previendo disrupciones y eventos adversos, y contribuyendo a la continuidad de las operaciones (Fatoki, 2018; Audretsch *et al.*, 2024; Du y Nguyen, 2024).

El último factor que constituye la continuidad de las PYMEs es la planificación. Aquí entran a funcionar diversas prácticas y competencias, desde clásicas de los ciclos PHVA, hasta enfoques modernos de modelos de negocio iterativos y adaptativos. Por ejemplo, Li *et al.* (2023) presentan métodos para determinar el nivel adecuado de flexibilidad y estabilidad para una empresa en mercados dinámicos. Esto es aplicable a una PYME en tanto la incursión comercial no es estable, y sus procesos deben ser lo suficientemente flexibles para atender las necesidades, pero contar con los procesos definidos que le permitan escalar adecuadamente (Patel, 2011). De manera similar, Tatikonda *et al.* (2013) determinaron que en la etapa de crecimiento las empresas deben planificar sus recursos para garantizar un adecuado nivel de capital de trabajo, la atención a las necesidades del cliente y la adaptabilidad empresarial. Es una

constante a través de la literatura que la planificación no significa un compromiso inquebrantable a largo plazo, por el contrario, planificar implica estar dispuesto a pivotar y adaptarse a las condiciones que presente el mercado (Brinckmann *et al.*, 2010; Wirtz *et al.*, 2016; Herzallah *et al.*, 2017).

## SÍNTESIS DE HALLAZGOS

Con base en la revisión de literatura y el análisis realizado, se sintetizan a continuación los principales resultados. Se identificaron cuatro ejes operativos fundamentales –procesos, eficiencia, calidad y continuidad– cada uno sustentado por factores específicos, herramientas aplicables y beneficios esperados para la gestión de operaciones en PYMEs.

**TABLA 1. EJES Y FACTORES CLAVE PARA LAS OPERACIONES EN PYMES**

Área	Descripción	Herramientas
Procesos	Entender qué se hace, cómo se hace y por qué se hace antes de mejorar.	Mapeo y análisis de procesos Documentación y estandarización Gobernanza del proceso
Eficiencia	Asegurar que los procesos consuman solo los recursos necesarios y evolucionen de forma continua.	Kaizen y ciclos de mejora continua Eliminación de desperdicios Digitalización de procesos
Calidad	Garantizar que la oferta de la empresa satisfaga los requisitos del cliente con consistencia.	Calidad en el origen Control estadístico Sistemas de gestión
Continuidad	Asegurar que la empresa siga operando –o se recupere rápido– ante eventos internos o externos.	Gestión de riesgos y prospección Planes de continuidad y contingencia Comunicación y coordinación

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con base en los hallazgos es posible comentar sobre las implicaciones académicas y profesionales de este proyecto. En primera instancia, académicamente, se evidencia que la literatura en el campo de administración de operaciones se concentra en unidades empresariales que ya operan y cuentan con un grado de madurez; eso abre la oportunidad –y necesidad– de desarrollar proyectos de investigación que se informen principalmente con empresas nacientes o en

TABLA 2. BENEFICIOS ESPERADOS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS FACTORES		
Eje	Factor (práctica clave)	Beneficios esperados
Procesos	Mapeo y análisis (SIPOC / VSM)	Visibilidad de la cadena de valor Identificación de cuellos de botella y desperdicios Priorización objetiva de iniciativas de mejora
	Documentación y estandarización	Reducción de variabilidad y retrabajo Formación más rápida de nuevos colaboradores Trazabilidad de cambios y versiones
	Gobernanza del proceso (gestión de cambios)	Control disciplinado de modificaciones Cierre oportuno de acciones de mejora Cultura de rendición de cuentas
Eficiencia	Eliminación de desperdicios (5S y Lean)	Disminución de costos operativos Espacios ordenados y seguros Aumento inmediato de productividad
	Digitalización ligera	Datos en tiempo real para decisiones rápidas Menos errores de captura manual Transparencia entre áreas
	Sistema de mejora continua (Kaizen y PDCA)	Flujo constante de ideas del personal Mejora incremental sostenida Mayor compromiso y motivación
Calidad	Calidad en el origen (QbD y Qfd)	Disminución de defectos y retrabajos Aumento del índice FTQ (First Time Quality) Menores costos de garantía
	Control estadístico	Detección temprana de desvíos Procesos estables y predecibles Reducción de scrap y re-inspecciones
	Sistema de gestión (ISO 9001 y relacionadas)	Credibilidad ante clientes y reguladores Procesos auditables y trazables Acceso a mercados que exigen certificación
	Voz del cliente	Comprensión directa de expectativas Fidelización y repetición de compra Oportunidades de innovación orientada al mercado
Continuidad	Gestión de riesgos (matriz probabilidad-impacto)	Identificación de puntos vulnerables Priorización de recursos de mitigación Menor exposición a eventos críticos
	Planes de continuidad y contingencia	Reducción del tiempo de recuperación Operación ininterrumpida ante incidentes Protección de ingresos y reputación
	Comunicación y coordinación de emergencias	Respuesta ágil y coordinada Minimización del impacto reputacional Claridad en roles y escalamiento
	Pruebas y lecciones aprendidas	Planes actualizados y realistas Mejora continua de la resiliencia Cultura organizacional orientada a la preparación

Fuente: Elaboración propia, 2025.

crecimiento (Brinckmann *et al.*, 2010). En esta misma línea, se detecta que desarrollar un espacio de colaboración entre la academia, las pequeñas y las grandes empresas, puede fomentar la transferencia de conocimiento entre las partes, permitiendo así acceder a nuevas competencias o el desarrollo de las existentes (Audretsch *et al.*, 2024).

Desde la perspectiva profesional, las implicaciones para los altos mandos y líderes organizacionales atienden a la necesidad de las empresas de sobrevivir, crecer o consolidarse, según la etapa de vida en la que se encuentran. Los cuatro ejes definidos, se considera, son la base de las preguntas que estos agentes deben hacerse

constantemente. Es decir, una gerencia que asume un área debe preguntarse:

- Procesos: ¿Qué procesos y qué alcance tengo a cargo? ¿Qué entradas, actividades y salidas debería recibir?
- Eficiencia: ¿Cómo estamos usando los recursos disponibles? ¿Hay estrategias de mejora que podamos implementar?
- Calidad: ¿Cuáles son mis atributos críticos y qué espera mi cliente? ¿Están mis procesos en cumplimiento con los estándares y objetivos que definimos?
- Continuidad: ¿Qué factores son críticos para la supervivencia del proceso? ¿Qué pasa si sale un colaborador, no hay materia prima u otro evento externo influye?

Como se menciona, la academia y la práctica deben relacionarse, para atender de la mejor manera tanto las necesidades de investigación y desarrollo, como las de la transferencia de conocimiento entre las partes. Es un campo próspero en cuanto a proyectos por desarrollar, y uno que tiene impacto directo sobre el rendimiento de las empresas y la economía.

## CONCLUSIONES

Esta investigación se contextualiza en una economía costarricense donde el régimen tradicional no crece al mismo ritmo que el régimen especial, evidenciando así que existe una diferencia en las competencias inherentes de los dos grupos empresariales (Banco Central de Costa Rica, 2024). Por ese motivo se desarrolló una revisión de alcance de la literatura en el área de administración de operaciones, de forma que se pudiesen identificar las prácticas y herramientas que generan un beneficio a las pequeñas y medianas empresas. Se identificaron cuatro ejes que sustentan la gestión empresarial (procesos, eficiencia, calidad y continuidad) y para cada uno de ellos, una serie de factores (herramientas y prácticas) que las PYMEs costarricenses pueden implementar. Es fundamental considerar que los resultados

obtenidos se deben adaptar a las propias necesidades de la empresa. Lo aquí presentado es una referencia y, por eso, el empresario debe determinar las acciones pertinentes para implementarlo en su organización.

Aunado a lo anterior, la principal limitante a reconocer es la ausencia de observación en campo. Esto se refiere a que el trabajo es principalmente literario, y las recomendaciones obtenidas del ejercicio pueden diferir de la realidad práctica de las organizaciones. Por ello, es necesario la exploración y el acercamiento directo con las empresas, de forma que se pueda validar el efecto de los factores presentados en el rendimiento empresarial. La segunda limitante que se debe considerar es el corte transversal de la muestra. El hecho de que la información haya sido recopilada en un periodo de tiempo corto, no permite observar la evolución del área de conocimiento. Nuevos desarrollos pueden haber sido excluidos de la literatura por su escasa exposición, así como otros trabajos, de mayor edad, resultaron incluidos por su preexistencia.

Finalmente, se reconocen tres líneas de investigación futura. La primera se enfoca en las capacidades y competencias adecuadas para cada etapa del ciclo de vida de la empresa. Es necesario un mayor esfuerzo investigativo sobre qué factores aumentan la probabilidad de supervivencia y aseguran la continuidad de la organización en su desarrollo. En segunda instancia, en temas de calidad, estrategia y entorno, se requiere estudiar la forma en que se relacionan estos componentes de manera dinámica. Existe literatura al respecto, pero es estática, y no permite comprender los mecanismos de transferencia entre los proyectos de mejora, la estrategia de la empresa y el volátil entorno donde se compite. Por último, una vertiente investigativa de gran impacto para las PYMEs es el bucle de realimentación y adaptación. No hay estudios suficientes que integren la voz del consumidor al rendimiento operativo en vivo. Tradicionalmente el análisis de satisfacción se realiza posterior a la entrega del producto o servicio, y su incorporación dentro de la operación puede generar réditos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acquah, I. S. K., Quaicoe, J., y Arhin, M. (2023). How to invest in total quality management practices for enhanced operational performance: Findings from PLS-SEM and fsQCA. *The TQM Journal*, 35(7), 1830-1859. <https://doi.org/10.1108/TQM-05-2022-0161>
- Ahir, D. K. B., Singh, K. D., Yadav, S. P., Patel, H. S., y Poyahari, C. B. (2014). Overview of Validation and Basic Concepts of Process Validation. *Scholars Academic Journal of Pharmacy*, 3(2), 178-190.
- Ahire, C. P., y Relkar, A. S. (2012). Correlating Failure Mode Effect Analysis (FMEA) & Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Procedia Engineering*, 38, 3482-3486. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.402>
- Ahire, S. L., Waller, M. A., y Golhar, D. Y. (1996). Quality management in TQM versus non-TQM firms: An empirical investigation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 13(8), 8-27. <https://doi.org/10.1108/02656719610128466>
- Al-Surmi, A., Bashiri, M., y Koliouisis, I. (2022). AI based decision making: Combining strategies to improve operational performance. *International Journal of Production Research*, 60(14), 4464-4486. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1966540>
- Arksey, H., y O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Audretsch, D. B., Belitski, M., Eichler, G., y Schwarz, E. (2024). Exploring the effect of institutions on entrepreneurial ecosystems: A meta-analysis. *Journal of Small Business Management*. Scopus. <https://doi.org/10.1080/00472778.2024.2363845>
- Bamford, D., Forrester, P., Dehe, B., y Leese, R. G. (2015). Partial and iterative Lean implementation: Two case studies. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(5), 702-727. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2013-0329>
- Banco Central de Costa Rica. (2024, enero). *Informe de Política Monetaria*. Banco Central de Costa Rica. <https://www.bccr.fi.cr/publicaciones/DocPolíticaMonetariaInflación/IPM-enero-2024-informe.pdf>
- Bayonne, E., Marin-García, J. A., y Alfalla-Luque, R. (2020). Partial least squares (PLS) in Operations Management research: Insights from a systematic literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.3926/jiem.3416>
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., y Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346-5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Bernardo, M., Simon, A., Tari, J. J., y Molina-Azorín, J. F. (2015). Benefits of management systems integration: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 94, 260-267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.075>
- Bloem, D. (2015, agosto 20). ¿Qué es el “bullwhip effect” o efecto látigo? *Slimstock*. <https://www.slimstock.com/es/blog/efecto-latigo/>
- Brinckmann, J., Grichnik, D., y Kapsa, D. (2010). Should entrepreneurs plan or just storm the castle? A meta-analysis on contextual factors impacting the business planning-performance relationship in small firms. *Journal of Business Venturing*, 25(1), 24-40. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2008.10.007>
- Camilleri, M. A. (2022). The rationale for 14001 certification: A systematic review and a cost-benefit analysis. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(4), 1067-1083. <https://doi.org/10.1002/csr.2254>
- Campo-Sierra, S., Escorcia-Caballero, J. P., & Chams-Anturi, O. (2024). Assessing Operational Performance Outcomes in Rural Entrepreneurship. *Procedia Computer Science*, 231, 458-463. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.234>
- Chauhan, C., Singh, A., y Luthra, S. (2021). Barriers to industry 4.0 adoption and its performance implications: An empirical investigation of emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124809. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124809>
- Demirbag, M., Lenny Koh, S. C., Tatoglu, E., & Zaim, S. (2006). TQM and market orientation's impact on SMEs' performance. *Industrial Management & Data Systems*, 106(8), 1206-1228. <https://doi.org/10.1108/02635570610710836>
- Douglas, T. J., y Judge, W. Q. (2001). Total Quality Management Implementation and Competitive Advantage: The Role of Structural Control and Exploration. *Academy of Management Journal*, 44(1), 158-169. <https://doi.org/10.2307/3069343>
- Du, J., y Nguyen, B. (2024). The ‘play’ of institutions and firm investment: Evidence from a transition economy. *International Journal of Finance and Economics*, 29(3), 2740-2765. Scopus. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2796>
- Fatoki, O. (2018). The Impact of Entrepreneurial Resilience on the Success of Small and Medium Enterprises in South Africa. *Sustainability*, 10, 2527. <https://doi.org/10.3390/su10072527>

- Fine, C. H., Padurean, L., y Naumov, S. (2022). Operations for entrepreneurs: Can Operations Management make a difference in entrepreneurial theory and practice? *Production and Operations Management*, 31(12), 4599-4615. <https://doi.org/10.1111/poms.13851>
- Frazelle, E. (2002). *Supply chain strategy: The logistics of supply chain management* (First edition). McGraw-Hill Education.
- Freiling, J. (2004). A Competence-based Theory of the Firm. *Management Revu*, 15(1), 27-52. <https://doi.org/10.5771/0935-9915-2004-1-27>
- Gamón-Sanz, A., Alegre, J., y Chiva, R. (2024). Industries, frameworks, and key drivers of lean startup: A systematic literature review. *Tec Empresarial*, 18(2), Article 2. <https://doi.org/10.18845/te.v18i2.7137>
- Ge, J., Stanley, L. J., Eddleston, K., y Kellermanns, F. W. (2017). Institutional deterioration and entrepreneurial investment: The role of political connections. *Journal of Business Venturing*, 32(4), 405-419. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2017.04.002>
- Gökalp, M. O., Gökalp, E., Kayabay, K., Koçyiğit, A., & Eren, P. E. (2021). Data-driven manufacturing: An assessment model for data science maturity. *Journal of Manufacturing Systems*, 60, 527-546. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.07.011>
- Gutiérrez Pulido, H. (2014). *Calidad y productividad* (Cuarta edición). McGraw Hill.
- Hakemeyer, C., McKnight, N., St. John, R., Meier, S., Trexler-Schmidt, M., Kelley, B., Zettl, F., Puskeiler, R., Kleinjans, A., Lim, F., y Wurth, C. (2016). Process characterization and Design Space definition. *Biologicals*, 44(5), 306-318. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2016.06.004>
- Heras-Saizarbitoria, I., y Boiral, O. (2013). ISO 9001 and ISO 14001: Towards a Research Agenda on Management System Standards. *International Journal of Management Reviews*, 15(1), 47-65. Scopus. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2012.00334.x>
- Herzallah, A., Gutierrez-Gutierrez, L. J., y Munoz Rosas, J. F. (2017). Quality ambidexterity, competitive strategies, and financial performance: An empirical study in industrial firms. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(10), 1496-1519. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2016-0053>
- Holt, C. C., Modigliani, F., Muth, J. F., y Simon, H. A. (1963). *Planeamiento de la producción, inventarios y mano de obra* (1st ed.). Herrero Hermanos Sucesores, S.A.
- Jacobs, F. R., y Chase, R. B. (with Dewar Valdelamar, D. A., Manzano Peña, L. E., & Orduña Trujillo, J.). (2019). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (Decimoquinta edición). McGraw-Hill Education.
- Kiran, D. R. (2017). *Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies*. Elsevier Science.
- Kumar, S., Dhingra, A., y Singh, B. (2018). Lean-Kaizen implementation: A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(1), 143-160. <https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2017-0083>
- Latan, H., Chiappetta Jabbour, C. J., Lopes De Sousa Jabbour, A. B., De Camargo Fiorini, P., y ForoPON, C. (2020). Innovative efforts of ISO 9001-certified manufacturing firms: Evidence of links between determinants of innovation, continuous innovation and firm performance. *International Journal of Production Economics*, 223, 107526. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107526>
- Levac, D., Colquhoun, H., y O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science*, 5(1), 69. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>
- Li, Y., Wang, X., Gong, T., y Wang, H. (2023). Breaking out of the pandemic: How can firms match internal competence with external resources to shape operational resilience? *Journal of Operations Management*, 69(3), 384-403. <https://doi.org/10.1002/joom.1176>
- Meftah Abusa, F., y Gibson, P. (2013). Experiences of TQM elements on organisational performance and future opportunities for a developing country. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 30(9), 920-941. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2012-0106>
- Minitab. (2025). *Cómo entender las gráficas de control* [Mtbconcept]. Cómo entender las gráficas de control. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/understanding-control-charts/>
- Nwabueze, U. (2013). It Is a Question of Survival: The Case of TQM for Small Business. *Review of Management Innovation & Creativity*, 6(18), 21-29.
- Patel, P. C. (2011). Role of manufacturing flexibility in managing duality of formalization and environmental uncertainty in emerging firms. *Journal of Operations Management*, 29(1-2), 143-162. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.07.007>

- Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., McInerney, P., Godfrey, C. M., y Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JB I Evidence Synthesis*, 18(10), 2119-2126. <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167>
- Psomas, E. L., Fotopoulos, C. V., y Kafetzopoulos, D. P. (2010). Critical factors for effective implementation of ISO 9001 in SME service companies. *Managing Service Quality: An International Journal*, 20(5), 440-457. <https://doi.org/10.1108/09604521011073731>
- Rathore, A. S. (2016). Quality by Design (QbD)-Based Process Development for Purification of a Biotherapeutic. *Trends in Biotechnology*, 34(5), 358-370. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.01.003>
- Segura-Villareal, C. A. (2022). El análisis PEST y su integración con las 5'F de Porter como herramienta estratégica. *LOGOS*, 3(1), 180-195.
- Sentrio. (2021, febrero 23). Value Stream Mapping: Qué es, pasos y consejos para hacer uno. *Sentrio*. <https://sentrio.io/blog/value-stream-mapping/>
- Shea, C. M., y Howell, J. M. (1998). Organizational antecedents to the successful implementation of total quality management: A social cognitive perspective. *Journal of Quality Management*, 3(1), 3-24. [https://doi.org/10.1016/S1084-8568\(99\)80101-1](https://doi.org/10.1016/S1084-8568(99)80101-1)
- Shepherd, D. A., y Patzelt, H. (2013). Operational Entrepreneurship: How Operations Management Research Can Advance Entrepreneurship. *Production and Operations Management*, 22(6), 1416-1422. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2011.01264.x>
- Singhry, H. B., y Abd Rahman, A. (2019). Enhancing supply chain performance through collaborative planning, forecasting, and replenishment. *Business Process Management Journal*, 25(4), 625-646. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2017-0052>
- Sitki İlkey, M., y Aslan, E. (2012). The effect of the ISO 9001 quality management system on the performance of SMEs. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 29(7), 753-778. <https://doi.org/10.1108/02656711211258517>
- Stevenson, W. J. (2018). *Operations management* (Thirteenth edition). McGraw-Hill Education.
- Tatikonda, M. V., Terjesen, S. A., Patel, P. C., y Parida, V. (2013). The Role of Operational Capabilities in Enhancing New Venture Survival: A Longitudinal Study. *Production and Operations Management*, 22(6), 1401-1415. <https://doi.org/10.1111/poms.12038>
- Teece, D. J., Pisano, G., y Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Tian, M., Chen, Y., Tian, G., Huang, W., & Hu, C. (2023). The role of digital transformation practices in the operations improvement in manufacturing firms: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*, 262, 108929. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108929>
- Tortorella, G. L., Miorando, R., y Marodin, G. (2017). Lean supply chain management: Empirical research on practices, contexts and performance. *International Journal of Production Economics*, 193, 98-112. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.006>
- Villanueva González, P. (2024). Transformación digital: Evolución del concepto. *LOGOS*, 5(1), 74-100.
- Wirtz, B. W., Pistoia, A., Ullrich, S., y Göttel, V. (2016). Business Models: Origin, Development and Future Research Perspectives. *Long Range Planning*, 49(1), 36-54. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2015.04.001>
- Zhang, F., Wu, X., Tang, C. S., Feng, T., y Dai, Y. (2020). Evolution of Operations Management Research: From Managing Flows to Building Capabilities. *Production and Operations Management*, 29(10), 2219-2229. <https://doi.org/10.1111/poms.13231>
- Zheng, L., Sun, L., He, Z., y He, S. (2025). Dynamic product quality improvement using social media data and competitor-based Kano model. *International Journal of Production Economics*, 285, 109645. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109645>





# IMPLEMENTACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA TOMA DE DECISIONES ORGANIZACIONAL: UN ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN DESDE LA METODOLOGÍA PRISMA

Recibido: 13 mayo, 2025 • Revisado: 20 de junio, 2025 • Aceptado: 01 de julio, 2025

Karla Yanitzia Artavia-Díaz

## RESUMEN

El propósito de este artículo es establecer qué acciones se están tomando respecto a la implementación de la inteligencia artificial (IA) y cómo se está integrando en la toma de decisiones a nivel organizacional. Para ello se realizó un análisis cualitativo basado en una revisión de estado del arte bajo la metodología PRISMA a partir de artículos científicos publicados entre 2020 y 2025. La revisión reveló tendencias actuales, ventajas operativas, implicaciones estratégicas y preocupaciones éticas que las empresas enfrentan con la adopción de la inteligencia artificial. Entre los hallazgos más destacados, se evidencia que la IA se está aplicando predominantemente para automatizar procesos, realizar tareas intensivas en datos, evaluación de riesgos y desarrollar escenarios predictivos que mejoran las capacidades de toma de decisiones. Además, hay un marcado aumento en la tendencia hacia la fusión de la inteligencia humana y automatizada mejorando la flexibilidad organizacional y la capacidad de respuesta al cambio.

**Palabras clave:** Gestión empresarial, innovación tecnológica, inteligencia artificial, tecnología, toma de decisiones

## ABSTRACT

The purpose of this article is to establish what actions are being taken regarding the implementation of artificial intelligence (AI) and how it is being integrated into organizational decision-making. To this end, a qualitative analysis was conducted based on a state-of-the-art review using the PRISMA methodology, using scientific articles published between 2020 and 2025. The review revealed current trends, operational advantages, strategic implications, and ethical concerns that companies face with the adoption of artificial intelligence. Among the most notable findings, it is evident that AI is being predominantly applied to automate processes, perform data-intensive tasks, assess risks, and develop predictive scenarios that improve decision-making capabilities. Furthermore, there is a marked increase in the trend toward the fusion of human and automated intelligence, improving organizational flexibility and the capacity to respond to change.

**Keywords:** Business management, technological innovation, artificial intelligence, technology, decision-making

Karla Yanitzia Artavia-Díaz es Máster en Administración de Negocios, Licenciada en Docencia, Investigadora de OMIPYME y el PROFIFED, Gestora de proyectos, Docente, Mentora, Directora y lectora de trabajos finales de graduación de la UNED. Actualmente, es doctorando del Doctorado de Dirección de Empresas del TEC, CR.

## INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones es uno de los procesos estratégicos más críticos que afectan el rendimiento en cualquier organización, lejos de ser un acto instintivo, tomar una decisión requiere organizar información, analizar variables, proyectar escenarios plausibles y, lo más importante, garantizar la alineación de las acciones con los objetivos corporativos. Los humanos están limitados en su racionalidad, lo que ha impulsado la incorporación progresiva de herramientas analíticas y otras tecnologías emergentes, especialmente aquellas que incorporan inteligencia artificial, para ayudar a tomar decisiones informadas en situaciones complejas (Bonami *et al.*, 2020; Mummar *et al.*, 2024; Trunk *et al.*, 2020; Zamora y Pérez, 2023).

En este sentido, una decisión efectiva no se logra de manera aleatoria o tras una conjetura intuitiva, sino a través de la recopilación sistemática de información relevante junto con la aplicación de modelos predictivos que reducen el margen de error y aumenten la ventaja competitiva (Ahuja, 2024; Amiji, 2024; Badmus *et al.*, 2024; Basri, 2020; Diaz y Villarreal, 2025). La calidad del juicio organizacional se mejora y los recursos se optimizan, se reducen costos y se aumenta la eficiencia de las operaciones con la incorporación de la IA en los procesos de toma de decisiones (Davenport & Harris, 2017; Mori y Antonio, 2020; Wang 2024).

La IA es capaz de personalizar recomendaciones y predecir riesgos u oportunidades de antemano utilizando algoritmos de aprendizaje automático que identifican patrones prácticamente indetectables (Gallastegui, 2022; Jordan y Mitchell, 2015). De esta manera, el paradigma moderno de la toma de decisiones ha cambiado de ser un ejercicio reactivo a un esfuerzo focalizado en resultados basados en evidencia empírica y proactiva.

Esta investigación tiene como objetivo analizar cómo se integra la IA en los procesos de toma de decisiones, para comprender las estrategias de implementación técnica mediante el estudio de revisión de literatura de artículos académicos seleccionados. La importancia de este análisis recae en que la inteligencia artificial modifica la manera de tomar decisiones y también está reconfigurando las relaciones internas al interior de las organizaciones (Gallastegui y Rejer, 2021; 2024).

Estudios recientes señalan que la IA fomenta una cultura de innovación continua, agilidad operativa y un clima laboral mejorado al liberar al personal de tareas repetitivas para que puedan centrarse en trabajos estratégicos (León *et al.*, 2020). Además, su impacto en la reducción de errores en la entrada humana, la personalización del servicio y la optimización de las líneas de producción ha sido bien documentado en la fabricación, el comercio minorista y la logística (Gallastegui, 2022a, 2022b, León *et al.*, 2020).

## METODOLOGÍA

La investigación utilizó un método cualitativo mediante una sistematización de literatura científica para identificar los estudios relevantes sobre cómo se implementa la inteligencia artificial en relación con la toma de decisiones en las organizaciones. Tal metodología permite estructurar de forma exhaustiva, crítica y reproducible, de acuerdo con los niveles internacionales de transparencia investigativa (Plan, 2020).

Creswell (2014) establece que “el proceso de investigación sistemática se pretende encontrar patrones, contrastar teorías, y construir significados donde haya múltiples orígenes usando una serie de pasos ordenados y sistemáticos que respalde los resultados” (p. 32). Dado que se eligió una revisión sistemática y no cualquier otro tipo de recolección de información, ya que es la única que puede mostrar el estado del arte y los vacíos de información mediante la interpretación controlada de información científica previa (Zamora, 2019).

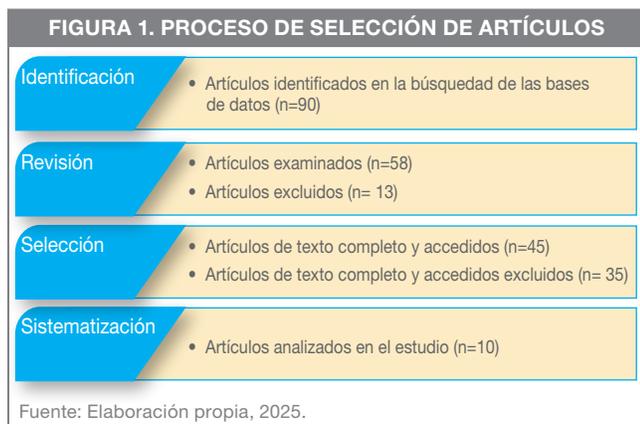
El procedimiento se llevó a cabo de acuerdo con los pasos del metodología PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) bien conocido por la precisión tomada en la revisión, selección y análisis de la literatura. El modelo PRISMA no solo orienta el proceso de selección de documentos científicos, sino que proporciona también una arquitectura clara para evaluar la calidad y relevancia de los estudios incluidos (Creswell, 2018; Moher *et al.*, 2009; Page *et al.*, 2021).

La misma se caracteriza por ser una guía respaldada por evidencia que busca ayudar a mejorar cómo se presentan las revisiones sistemáticas y análisis combinados en investigaciones. Incluye una serie de puntos que se deben revisar y un diagrama de flujo que ayuda a documentar paso a paso el proceso de búsqueda,

selección, valoración y resumen de los estudios considerados. Su propósito es asegurar que los resultados sean fáciles de reproducir y que tengan sentido, usando un enfoque organizado y claro. Lo cual la ha convertido en un estándar ampliamente utilizado en muchas áreas científicas para reportar revisiones de literatura (Page *et al.*, 2021).

En primer lugar, se formuló la pregunta de investigación orientadora y los criterios de inclusión y exclusión para el estudio. La búsqueda documental fue realizada en las bases de datos académicos, *Scopus*, *Web of Science*, *ERIC* y *Google Scholar*, usando las siguientes combinaciones booleanas: (“artificial intelligence” o “IA”) AND (“decision making”). Al mismo tiempo se seleccionaron aquellos estudios que se realizaron en un periodo de tiempo de 5 años, desde el 2020 al 2025, que fueran publicados en inglés o español.

Con estos criterios se recuperaron 90 documentos, que sufrieron un primer proceso de análisis de títulos, resúmenes y textos completos basados en el diagrama de flujo PRISMA. La documentación válida se restringió a documentos sin evidencia empírica, duplicados y que no cumplieran con los criterios metodológicos y que no fueran artículos publicados (Figura 1), quedando solo 10 documentos centrados en el uso de la inteligencia artificial en procesos de toma de decisiones en las esferas organizativas.



Al seleccionar los artículos pertinentes, el siguiente paso fue proceder con la obtención de la información a través de una matriz de análisis diseñada que seleccionaba campos como: título, autores, año, objetivo, metodología, y resultados principales y conclusiones. Esta información ayudaría a identificar las tendencias en la producción científica. Al emplear este diseño

sistemático, se busca garantizar tanto la validez interna como externa de los resultados.

## RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los diez artículos analizados (Tabla 1). El análisis de los artículos revisados muestra diferentes enfoques sobre la definición y alcance de la inteligencia artificial y la toma de decisiones según la disciplina estudiada y la practicidad del trabajo. La IA es un dispositivo transformacional que ayuda en la mejora de procesos complejos; pero su alcance y esencia se entienden de manera diferente, técnica y filosóficamente.

Cabrera Fernández (2024) define la IA como una tecnología auxiliar que puede ayudar en la evaluación de riesgos e incluso en la predicción de decisiones, pero que no reemplaza el razonamiento humano necesario para el derecho. El autor subraya que una de las principales limitaciones en este ámbito es la incapacidad de la IA para justificar legalmente sus decisiones, esto es vital en el ejercicio, ya que cada decisión debe construirse sobre un conjunto de reglas, principios y precedentes.

Si bien se reconocen las utilidades de los sistemas expertos y los algoritmos predictivos, se enfatiza que su uso debe seguir relegado a proporcionar asistencia mientras el juez mantiene el control sobre el razonamiento deliberativo. Así, la IA no se presenta como una entidad autónoma capaz de tomar decisiones normativas, sino más bien como un conjunto de herramientas que ayuda en el trabajo repetitivo y analítico.

De manera similar, el artículo de la Universidad de Granada (2025) explora una visión más crítica y reflexiva de la IA, considerándola no solo en términos de función, sino también desde una perspectiva ética, social y epistémica (Sánchez, 2025). Este trabajo examina los problemas que plantea la participación de la IA en los procesos legales, como la transparencia algorítmica, el sesgo automatizado y la legitimidad de los sistemas de decisión automatizados.

Se argumenta que los sistemas de IA no deben replicar ni intentar duplicar las complejidades del juicio humano, especialmente cuando están involucrados derechos fundamentales. Por lo tanto, este estudio aboga por la integración de la IA de manera responsable, sugiriendo que el papel de la IA en el ámbito legal debe ser el de un “asistente inteligente” en lugar de un reemplazo,

**TABLA 1: ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

Nº	Autor(es)	Título	Objetivo	Definición de toma de decisiones	Implementación de IA	Metodología	Hallazgos
1	Guerrero <i>et al.</i> (2024)	Impacto de la IA en decisiones financieras	Analizar su impacto en líderes empresariales	Uso de ML <sup>1</sup> para analizar datos y hacer recomendaciones	Automatización, predicción, personalización	Revisión, encuesta y + datos empresariales	Mejora eficiencia y decisiones
2	Paisano-Serrano (2025)	IA en ortodoncia y odontología	Revisar el uso en diagnóstico y tratamiento	Soporte en decisiones clínicas automatizadas	Algoritmos en imágenes médicas	Revisión sistemática	Aumenta precisión diagnóstica
3	Sánchez A.T.E. (2025)	IA en justicia: oportunidades	Analizar su uso judicial	Soporte en sentencias, no sustitución de jueces	Asistentes virtuales legales	Revisión crítica	Optimiza procesos judiciales
4	Scherer <i>et al.</i> (2022)	AI en decisiones clínicas (sepsis)	Evaluar predicción de sepsis	ML para alertas clínicas	Robot Laura <sup>2</sup> ® en hospitales (plataforma de registros electrónicos)	Estudio observacional	Mejora eficacia clínica
5	Shlash Mohammad <i>et al.</i> (2025)	IA, Blockchain en sostenibilidad	Mejorar decisiones sostenibles alimentarias	IA para predecir indicadores sostenibles	MCDA <sup>3</sup> con AHP <sup>4</sup> y TOPSIS <sup>5</sup>	Métodos mixtos	Alta precisión y trazabilidad
6	Pineros Polo (2024)	El juez robot en la Constitución Española	Evaluar si IA puede sustituir jueces	Solo los jueces pueden emitir decisiones	IA auxiliar, no sustitutiva	Análisis jurídico-constitucional	Riesgos de parcialidad
7	Cabrera Fernández (2024)	IA en decisiones judiciales	Evaluar IA como auxiliar judicial	Algoritmos para casos simples	COMPAS <sup>6</sup> , tribunales digitales	Estudio de casos, doctrina	IA viable solo en tareas menores
8	Zhou <i>et al.</i> (2023)	Sistema IA en finanzas empresariales	Implementar sistema de apoyo financiero	Análisis automatizado para decisiones BI <sup>7</sup>	Plataforma con IA para análisis	Desarrollo de sistema y validación	Aumenta precisión al 99,84%
9	Guerrero <i>et al.</i> (2024)	IA en decisiones en empresas colombianas	Estudiar aplicación práctica en 3 empresas	IA para decisiones financieras y operativas	EMA <sup>8</sup> , AURA <sup>9</sup> , Watson <sup>10</sup> , OpenAI <sup>11</sup>	Casos, encuestas, análisis financiero	Mejora ingresos y gestión

Fuente: Elaboración propia, 2025.

123456789 10 11

<sup>1</sup> *Machine Learning* (ML) o aprendizaje automático: es una rama de la inteligencia artificial que permite el desarrollo de algoritmos que son capaces de aprender de forma automática, esto lo hacen mediante la identificación de patrones que se desprenden de los datos, y al mismo tiempo, elaboran predicciones para la toma de decisiones.

<sup>2</sup> Robot Laura ®: es una plataforma de IA y ML que tiene la capacidad de analizar los registros clínicos electrónicos en tiempo real, lo que le permite emitir alertas tempranas de los estados de salud de los pacientes diagnosticando de forma oportuna, reduciendo la mortalidad y optimizando procesos.

<sup>3</sup> *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA): conjunto de métodos implementados para la evaluación y toma de decisiones que involucran múltiples criterios, el cual facilita la comparación de alternativas estructuradas.

<sup>4</sup> *Analytic Hierarchy Process* (AHP): técnica de decisión multicriterio, que realiza una descomposición jerárquica de un problema a partir de criterios, en donde a cada uno de los criterios se les asigna un puntaje y a partir de la comparativa prioriza las alternativas.

<sup>5</sup> *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS): método de decisiones multicriterio en donde se evalúa la eficiencia de las opciones, inclinándose por la alternativa más cercana a la solución ideal hipotética.

<sup>6</sup> *Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions* (COMPAS): Se trata de un método automatizado implementado en el ámbito jurídico estadounidense para calcular la probabilidad de que individuos bajo proceso o ya sentenciados vuelvan a delinquir. Este sistema emplea información sobre datos poblacionales y el historial delictivo para producir calificaciones predictivas que tienen un impacto en las resoluciones judiciales, tales como la libertad vigilada, las penas impuestas o las cauciones. Sin embargo, su uso ha generado controversias éticas debido a la posibilidad de que existan inclinaciones algorítmicas vinculadas a cuestiones de origen étnico y equidad social.

<sup>7</sup> *Business Intelligence* (BI) O Inteligencia Empresarial: Se trata de una serie de métodos, técnicas y plataformas diseñadas para juntar, unificar, examinar y mostrar información clave de la empresa, facilitando así la correcta elección de estrategias. Dentro del marco del análisis automatizado, la Inteligencia de Negocios aprovecha algoritmos y sistemas avanzados para producir informes, notificaciones y representaciones visuales al instante, perfeccionando la eficacia y exactitud de la planificación.

<sup>8</sup> Asistente de Manejo de Emergencias (EMA): es un sistema de inteligencia artificial diseñado para gestionar y responder a emergencias y desastres, que utiliza análisis predictivos, datos históricos y en tiempo real, así como información geoespacial para facilitar sistemas de alerta temprana, mejorar la planificación operativa y agilizar la coordinación interinstitucional para acciones de seguridad, salud y protección civil.

<sup>9</sup> Asistente Uniforme de Respuesta Automática (AURA): es una plataforma de IA conversacional enfocada en el servicio público que surgió en América Latina. Su objetivo principal es ayudar a las instituciones públicas en la atención al usuario, guiando trámites y realizando consultas mediante lenguaje natural.

<sup>10</sup> *Watson* (IBM Watson): Fue creado por IBM como uno de sus productos más innovadores, siendo un sistema de inteligencia artificial que integra procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje automático y análisis avanzado de datos. Se utiliza en salud, finanzas, educación y hasta en servicios al cliente para soportar la toma de decisiones, diagnósticos, predicciones e incluso automatización de procesos.

<sup>11</sup> *OpenAI*: es conocida por crear modelos como GPT (*Generative Pre-trained Transformer*), incluyendo *ChatGPT*, siendo utilizados para tareas relacionadas con la generación de texto, asistencia virtual, traducción y análisis

preservando el principio de justificación junto con el derecho a un juicio justo. Este enfoque cree firmemente que la IA debe ser considerada no solo como una herramienta eficiente, sino por su capacidad de mantener y fomentar los valores democráticos.

En el ámbito empresarial, la visión es mucho más práctica, Zhou *et al.* (2023) consideran que la IA es una versión evolucionada de la inteligencia de negocios concebida para financiar estratégicamente en decisiones financieras a través de un inmenso flujo de información, trabajo mecanizado y aprovechando la acumulación de recursos. En contraste con la perspectiva en el ámbito jurídico, en esta ocasión se aprecia la IA por su productividad, capacidad de hacer proyecciones y los bajos en operativos que requiere la IA.

Por consiguiente, el concepto de toma de decisiones se centraliza en el rendimiento, la rapidez de ejecución y la rentabilidad/eficiencia, la IA hace posible que las organizaciones –incluso las más tradicionales– anticipen comportamientos basados en evidencia cuantitativa y respondan a proyecciones del mercado, implementando modelos analíticos, la IA, mediante algoritmos de aprendizaje automático, aumenta la precisión, disminuyendo el margen de error humano, y facilitando la gestión del riesgo financiero.

A pesar de estas diferencias contextuales, cada uno de los artículos concuerda en algunos puntos relevantes, primero, todos ellos aceptan que la IA no sustituye el juicio humano, sino que trabaja en su mejoramiento y apoyo, la decisión sigue siendo un proceso que involucra interpretación, juicio ético, contextual y responsabilidad, que aún no pueden ser producidos en su totalidad por sistemas artificiales.

Segundo, todos los trabajos señalan la necesidad de una responsabilidad ética en el uso de estas tecnologías, advirtiendo sobre los peligros del uso abusivo o mal regulado de estas herramientas. Tercero, existe un acuerdo sobre la necesidad de potenciar las habilidades humanas para que puedan enfrentarse críticamente a los sistemas inteligentes, sobre todo en los casos donde esas decisiones tienen consecuencias jurídicas, sociales o económicas de importancia.

En lo que respecta a las definiciones conceptuales, la IA se considera la implementación de algoritmos y modelos computacionales que reproducen algunas funciones humanas como el análisis, la predicción y la clasificación, para resolver problemas complicados. En

algunos casos, esta definición se complementa con una consideración ética que juzga si los algoritmos deben o pueden participar en decisiones que hasta ese momento han estado delimitadas al ser humano.

Se define el proceso de toma de decisiones como un proceso multidimensional que incluye la evaluación de opciones, el pesaje de consecuencias y la selección de la mejor alternativa de acuerdo con criterios racionales, normativos o estratégicos, según el campo de aplicación. Se evidencia la heterogénea en la comprensión de la inteligencia artificial y de su aplicación al proceso de decisión por distintas disciplinas.

En la administración de justicia se considera con más peso la legitimidad y motivación, en el ámbito empresarial la eficiencia y exactitud, y en salud o educación existe un intento de balance entre la despersonalización y la personalización. Por lo tanto, las teorías éticas y técnicas que justifican la implementación de la IA deben considerar, de manera particular, el contexto y los fines sociales de cada zona de aplicación.

## DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue el analizar cómo se integra la Inteligencia Artificial en los procesos de toma de decisiones, de acuerdo con los estudios realizados en los últimos cinco años.

### Divulgación y Explicabilidad de Algoritmos

La falta de transparencia de los modelos algorítmicos, en particular aquellos que usan aprendizaje profundo, es una de las mayores barreras para la adopción de la IA (inteligencia artificial) para tomar decisiones. Estos sistemas analizan extensos conjuntos de datos y proporcionan resultados sin ninguna justificación racional y fácilmente accesible que explique el razonamiento detrás de las decisiones. La característica mencionada, conocida como “caja negra”, restringe severamente la auditabilidad de las decisiones automatizadas y afecta especialmente a dominios críticos como la atención médica, el derecho y las finanzas (Miller y David, 2024).

La ausencia de explicabilidad crea una barrera ética, así como técnica, ya que las decisiones automatizadas deben ser fundamentadas, trazables y comprensibles para los usuarios finales y los reguladores. Tomemos el ámbito legal; la obligación de proporcionar un

razonamiento para un juicio choca directamente con los sistemas de IA que no ofrecen razonamientos basados en premisas verificables (Cabrera Fernández, 2024). Este aspecto genera preocupaciones sobre el principio de responsabilidad y el derecho a una defensa adecuada.

En análisis financiero, Guerrero *et al.* (2024) señalan que existe eficiencia operacional en los sistemas de IA, no obstante, gran parte de las automatizaciones como créditos, inversiones y análisis de riesgo son asignaciones que no se les pueden ofrecer explicaciones satisfactorias a los clientes y supervisores. Esta opacidad puede generar desconfianza institucional y conflicto regulatorio. Se hace necesario avanzar en el desarrollo de modelos explicativos de IA que XAI<sup>12</sup> interpreten decisiones de manera asertiva justificando el equilibrio de inteligencia y ciencia.

Para este propósito, se ha desarrollado una línea de investigación sobre el diseño de algoritmos que sintetizan interpretación y desempeño de modelos complejos, logrando superioridad al sistema experto tradicional. Esta tendencia propugna la creación de “modelos híbridos” donde la IA asiste al juicio humano presentando razonamientos analizables y argumentados. En consecuencia, la gobernanza de la algorítmica en los sistemas que requieren toma de decisiones desequilibrada se convierte en un requerimiento para la gobernanza ética.

La gobernanza algorítmica se entiende como el conjunto de principios, normas, prácticas institucionales y marcos éticos que regulan el diseño, la implementación, el uso y la supervisión de sistemas automatizados basados en algoritmos. Ahuja (2024) y Trunk *et al.* (2020) destacan que su objetivo principal es asegurar que las determinaciones realizadas por sistemas de inteligencia artificial (IA), aprendizaje automático (*machine learning*) o modelos predictivos sean suficientes para una evaluación externa confiable y socialmente responsable, atravesadas por la equidad.

Schmidt y Cohen (2018) sostienen que la atención a los modelos sistémicos está relacionada con su validación técnica en un contexto organizacional, tanto para la ética y los derechos humanos como para legislar con consecuencias transnacionales; esto incluye al RGPD

reconocido en Europa. Zamora y Pérez 2023 enfatizan lo crítico de esta postura en sectores como salud, educación, o finanzas, donde las decisiones se toman mediante algoritmos impactando no solo a las personas sino también a la justicia social.

Entre los componentes de relevancia se encuentran la explicabilidad (XAI), que intenta hacer comprensibles las decisiones de modelos automatizados; la responsabilidad, o atribución de la responsabilidad por sesgos y errores; y la anonimización de datos como una medida de salvaguarda fundamental para la privacidad durante los procesos de entrenamiento y aplicación que involucran modelos (*OpenAI*, 2023; *IBM Watson*, 2022).

Además, la gobernanza algorítmica rígida se extiende más allá de la supervisión técnica para incluir marcos que dominan en silos, marcos de auditoría ética persistentes y adaptación a la tecnología en evolución. Por lo tanto, este marco sirve para garantizar que el uso de la IA dentro de las instituciones públicas y los entornos corporativos se realice de manera segura, confiable y centrada en el ser humano (Gallastegui y Reier Forradellas, 2024; Wang, 2024)

### Sesgo y discriminación algorítmica

Uno de los impactos negativos más complejos del uso de IA en una organización tecnológica son los sesgos en la toma de decisiones, los cuales pueden tener efectos sociales y éticos profundos. Aprendizaje Automático Al ser alimentados con conjuntos de datos, los algoritmos modernos de IA ingresados suelen estar llenos de prejuicios. Por lo tanto, la IA no solo integra estos patrones, sino que en muchos de los casos los amplifica de manera invisible y sistémica (Lee, Zhang y Wang, 2023).

En el marco del sistema de justicia, el sistema COMPASS en Estados Unidos ha sido objeto de críticas por puntuar a individuos de raza negra con puntajes de riesgo desproporcionadamente más altos, incluso cuando se controlan variables objetivas y neutrales en términos de raza (Cabrera Fernández, 2024). Estos tipos de algoritmos socavan la legitimidad de los procesos Judiciales Automatizados y judiciales, constituyendo

<sup>12</sup> Inteligencia Artificial Explicable (XAI): es una rama de la Inteligencia Artificial concentrada en crear modelos que logren no solo precisión, sino que también puedan ser entendidos por los usuarios humanos. Intenta asegurar que las decisiones tomadas por sistemas inteligentes puedan ser explicadas de manera transparente para que puedan ser auditadas y se otorgue confianza y responsabilidad en áreas críticas como la salud, la justicia y las finanzas.

una regresión del principio de igualdad y equidad en la legislación. De manera análoga, en ámbitos médicos y financieros, los modelos mal contruidos discriminan a personas por su sexo, edad y nivel socioeconómico.

En el contexto empresarial, Guerrero *et al.* (2024) enfatizan que los modelos predictivos pueden discriminar a ciertos consumidores si sus datos históricos se utilizan sin variables de equidad o justicia distributiva. Tales riesgos reclaman intervenciones en los procesos de recopilación y preparación de los conjuntos de datos, así como la aplicación de técnicas de detección y mitigación de sesgos antes del despliegue de cualquier sistema de toma de decisiones de IA. Además, la preocupación no puede reducirse únicamente a un tema técnico; también existen dimensiones éticas y políticas.

Para abordar este desafío, múltiples agencias han comenzado a crear directrices que se centran en el diseño ético de la inteligencia artificial, delineando mejores prácticas para su uso, y la regulación sobre inteligencia artificial, estos documentos enfatizan la importancia de implementar evaluaciones de impacto algorítmico, auditorías externas y procesos participativos para garantizar la no discriminación y la prevención de sesgos en los procesos de toma de decisiones automatizadas.

### Sustitución versus Asistencia del Juicio Humano

Un proceso de toma de decisiones organizativas, clínicas o legales implica una discusión de alto nivel para decidir si la tecnología debe reemplazar o asistir el juicio humano. En campos como las finanzas o en *marketing*, es común automatizar completamente las decisiones debido a los datos estructurados y los objetivos alcanzables. Sin embargo, en otros como el derecho o la medicina, las decisiones implican juicio ético, interpretación contextual y razonamiento argumentativo racional, lo que restringe la autonomía de la IA (Jordan, 2015; Lee *et al.*, 2023).

El juicio que se entiende y se actualiza como juicio que a su núcleo contiene razones humanas, emocionales y contextuales que la IA no tiene, siempre resulta esencial. Así también, en sostenibilidad y políticas públicas, las decisiones también plantean argumentos que sobrepasan los algoritmos (Scherer *et al.*, 2022).

Por todo esto, el enfoque de “IA centrada en el ser humano” adquiere fuerza, planteando que la tecnología debe operar como copiloto y no como piloto, propone que la inteligencia artificial se utiliza como complemento a la inteligencia humana, confiando en el profesional para el control de la decisión. La IA, sin relegar la responsabilidad, expande los parámetros de acción que pueden ser abordados por el ser humano.

### Privacidad y Protección de Datos

La Inteligencia Artificial implica la necesidad de grandes cantidades de datos para funcionar, muchos de los cuales contienen datos personales o sensibles. Esto plantea un grave problema de protección de la privacidad, especialmente en las áreas de salud, justicia o finanzas. El uso no autorizado, la falta de consentimiento informado o la recolección de datos a gran escala podrían infringir derechos fundamentales y causar daño no intencionado (Lee *et al.*, 2023).

En el entorno empresarial, Guerrero *et al.* (2024) advierten que la adopción de sistemas de IA sin políticas claras de gobernanza de datos puede exponer a la organización a filtraciones de datos, mala gestión de la información o violaciones de la legislación sobre protección de datos. Numerosos sistemas financieros emplean modelos predictivos, y el usuario no es consciente de qué datos han sido procesados o por qué, fomentando un ambiente de desconfianza y potencial litigio.

La gestión clínica plantea el mayor problema, la seguridad de la información clínica se debe manejar con los más altos estándares, porque la inseguridad puede costarle la vida a alguien. La IA en la medicina o en los hospitales tiene que, por lo menos, respetar normas como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea o sus réplicas en otras naciones (Scherer *et al.*, 2022).

Se inician discusiones sobre la posibilidad de crear estructuras de gobernanza de datos que sean híbridos éticos y que incorporen mecanismos como la anonimización<sup>13</sup>, proveyendo tecnología supervisada institucionalmente. También se sugiere la integración de sistemas diseñados con algoritmos responsables que dediquen “privacidad por diseño” y control de cedido

<sup>13</sup> Anonimización: Transformar datos personales de tal manera que sea imposible identificar al sujeto directa o indirectamente constituye un proceso irreversible. Esta es una de las principales técnicas durante la protección de datos y la privacidad utilizadas para la información personal, especialmente durante algoritmos de investigación científica y bases de datos que cumplen con el RGPD (Reglamento General de Protección de Datos).

al titular de información, estas son fundamentales para garantizar que los sistemas de control automatizados sean confiables, equitativos y contrarios a la discriminación en el respeto a los derechos humanos (Guerrero *et al.*, 2024; Sanchez, 2025; Scherer *et al.*, 2022).

### Infraestructura, Capacitación y la Brecha Tecnológica

La implementación efectiva de sistemas de inteligencia artificial está influenciada por la tecnología subyacente, así como por la infraestructura existente y la capacidad humana para comprender y operar dichos sistemas. En muchos entornos, especialmente en países en desarrollo o instituciones públicas, la ausencia de marcos sólidos, conectividad adecuada y capital humano calificado obstaculiza el despliegue estratégico de la IA para la toma de decisiones (Guerrero *et al.*, 2024).

Uno de los problemas clave destacados por Scherer *et al.* (2022) es la capacitación inadecuada para el personal que se espera opere los sistemas de inteligencia artificial, cuando los profesionales no saben cómo trabajar con la IA, o cómo interpretar sus resultados e incorporarlos en sus flujos de trabajo, la tecnología se vuelve menos útil e incluso puede ser rechazada. La alfabetización en inteligencia artificial, por tanto, se convierte en un requisito previo para la adopción institucional de la IA.

Además, la brecha digital afecta a diferentes sectores y regiones de manera desigual, si bien las corporaciones multinacionales o los sistemas de salud avanzados ya utilizan la IA de manera sistemática, muchas pymes, instituciones educativas o gobiernos locales aún operan con sistemas analógicos. Esta brecha tecnológica puede crear asimetrías en el acceso a servicios, oportunidades y decisiones informadas, profundizando así las inequidades sociales (Giner *et al.*, 2024; Zhou *et al.*, 2023).

Para enfrentar este desafío, se necesita un enfoque integrado que combine la inversión en infraestructura digital, capacitación continua y políticas públicas inclusivas. Las líneas de investigación actuales proponen la creación de herramientas de inteligencia artificial asequibles adecuadas a contextos específicos locales y sistemas capaces de funcionar con conjuntos de datos

más limitados. La IA debe ser democratizada, ya que la falta de tal condición obstaculizará la distribución imparcial de sus beneficios, y se puede vincular con muchos sectores (Figura 2).



### CONCLUSIONES

A partir del análisis de cada artículo revisado se pueden establecer implicaciones teóricas, prácticas, vacíos de investigación y conclusiones clave sobre la implementación de inteligencia artificial en la toma de decisiones en diferentes contextos.

En términos explicativos, la incorporación de tecnologías inteligentes parece exigir ajuste en los modelos contemporáneos que intentan racionalizar la conducta humana y organizacional frente a la tecnología (Figura 3).

Esta necesidad es especialmente notoria en contextos tan complejos como el judicial, en donde el fraccionamiento de funciones decisionales que se desagregan, con autonomía, en sistemas automáticos suscitan interrogantes sobre la motivación de las sentencias, y la legitimidad institucional de considerar algoritmos como auxiliares o sustitutos.

Desde un punto de vista práctico, está claro cuán útil resulta la inteligencia artificial, hay una notable mejora en la forma en que se gestionan los riesgos e incluso en la organización de actividades empresariales y financieras. Esto se ha logrado gracias a la ayuda de diversas tecnologías como sistemas de *big data*<sup>14</sup> y aprendizaje automático. En educación, los sistemas

<sup>14</sup> *Big Data*: Se refiere a la recopilación de conjuntos de datos que son enormes en alcance debido a su volumen, velocidad o variedad, que superan el poder de procesamiento convencional. Big Data permite analizar e identificar patrones, tendencias, relaciones dentro de un gran conjunto de información, generando valor en los procesos de toma de decisiones e innovación, así como optimización en sectores como la atención médica, la industria, la educación o el marketing.

inteligentes han permitido la personalización de lecciones individuales, la autoevaluación y la asistencia docente en entornos virtuales, mejorando enormemente la experiencia de aprendizaje (Artavia-Díaz y Castro, 2023). Las tecnologías de IA en contextos clínicos, por ejemplo, para el diagnóstico temprano y la gestión crítica de recursos en los servicios de salud

En el sistema legal, se utilizan algoritmos de evaluación de riesgos y sistemas expertos para automatizar el manejo de documentos de casos, introduciendo más consistencia y transparencia a los procesos legales, lo cual es positivo, aunque plantea profundas preocupaciones éticas y legales sobre su uso en procesos supervisados.

A pesar de estos avances, aún existen vacíos de investigación subyacentes que requieren atención inmediata. Uno de los problemas más evidentes es la falta de validación empírica en contextos latinoamericanos, ya que la mayoría de la literatura pertinente proviene de Europa, EE. UU. y Asia, lo que dificulta la generalización de los hallazgos a diferentes realidades. Además, pocos estudios adoptan un enfoque longitudinal que permitiría evaluar el impacto sostenido de la IA en la toma de decisiones en el mediano a largo plazo.

También existen vacíos en cuanto a las consecuencias éticas y legales de la automatización, como sesgo algorítmico, opacidad en los procesos de aprendizaje automático y violación de derechos constitucionales, particularmente en áreas sensibles como la administración, finalmente, se nota una falta de investigación interdisciplinaria que integre los hallazgos de diferentes sectores, impidiendo la construcción de una visión holística del fenómeno.

Los estudios analizados concuerdan en que la inteligencia artificial es sin duda un recurso valioso en el contexto del “*data driven decision making*” o toma de decisiones informada por datos, mejorando la exactitud, velocidad y rendimiento en distintas áreas. No obstante, enfatizan que su integración debería contar con procedimientos de control vertical, de capacitación permanente, así como éticos que garanticen la intervención humana y el cuidado de los derechos fundamentales.

Adicionalmente, se requiere más que la simple inclusión de máquinas de última tecnología: el impacto real que tendrá la IA está determinado por las

condiciones organizacionales, culturales y normativas que la rodeen. La IA no puede concebirse como un remplazo del juicio del ser humano, sino una herramienta aplicada, que potencia la inteligencia colectiva y toma decisiones en situaciones complejas y dinámicas.

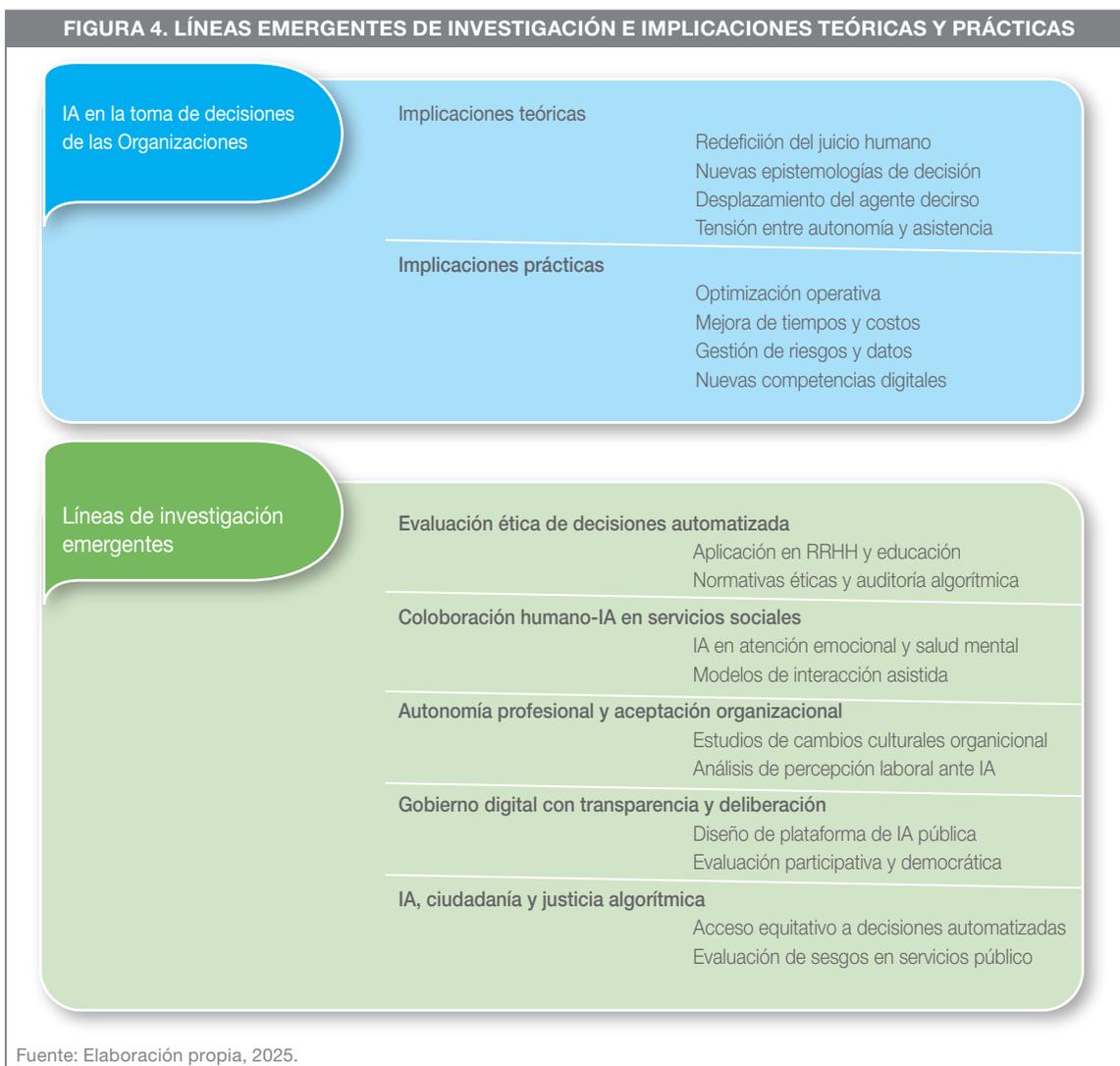


Cabe mencionar que el uso de la IA en la toma de decisiones organizacionales ha creado nuevas líneas de investigación que tienen un gran valor estratégico, desde una perspectiva teórica, se examinan críticamente cuestiones sobre el papel del juicio humano, la epistemología de las decisiones y las dinámicas de poder de la jerarquía de toma de decisiones entre humanos y algoritmos. Desde una perspectiva práctica, la IA mejora la operatividad institucional, ahorra tiempo y dinero, y requiere nuevas habilidades digitales.

A partir de esto, surgen nuevas líneas emergentes, como la evaluación ética de la toma de decisiones

automatizada en Recursos Humanos y educación, la colaboración Hombre-IA en el cuidado emocional y los servicios sociales, y el impacto de la IA en la autonomía profesional. Además, hay un enfoque creciente en la investigación sobre la gobernanza digital transparente y el impacto de la IA en la participación

ciudadana y la justicia algorítmica. Estas líneas de investigación no solo abordan un futuro académico, sino que también buscan guiar profundamente la construcción responsable de tecnologías que impactan directamente en la calidad de las decisiones y el bienestar colectivo (Figura 4).

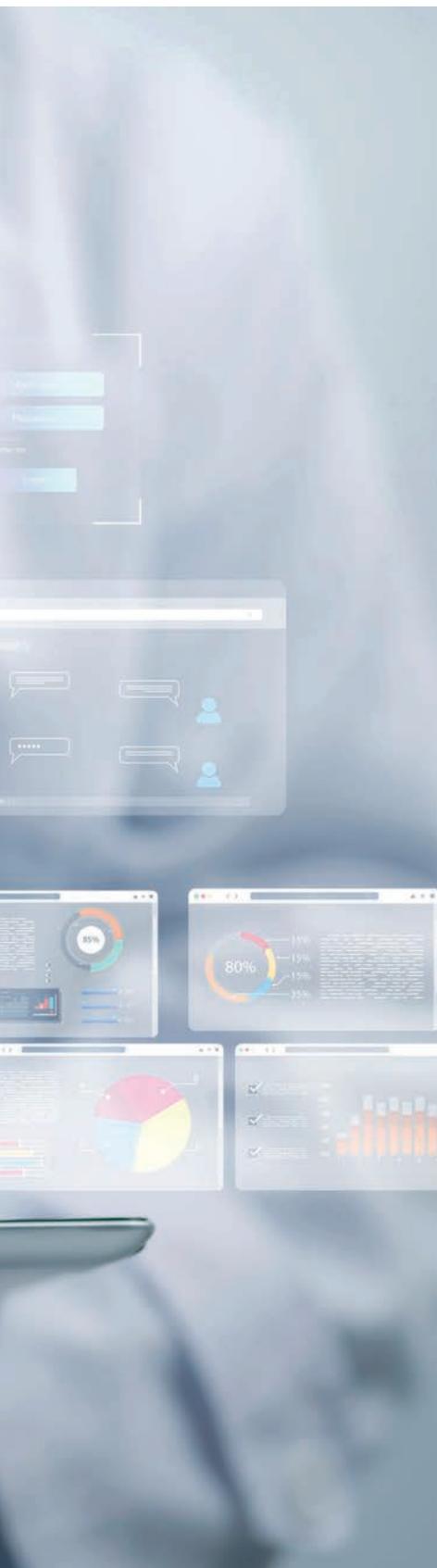


## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, V. (2024). Desafíos éticos y técnicos en la adopción de inteligencia artificial para la toma de decisiones empresariales. *Revista de Innovación y Tecnología*, 15(2), 45-60.
- Amiri, M. (2024). Inteligencia artificial y evaluación de riesgos financieros: Mejorando la toma de decisiones en mercados de capitales. *Journal of Financial Analytics*, 9(1), 112-130.
- Artavia-Díaz, K. Y., y Alejandra, C. G. (2021). Inteligencia artificial: transformación digital e innovación en Educación a Distancia. Análisis de la Uned, Costa Rica. *REFCaE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 9(3), 1-15.
- Badmus, A., Fernández, M., y Ruiz, C. (2024). Aplicaciones de la inteligencia artificial en la optimización de la toma de decisiones empresariales: Una revisión sistemática. *Revista Internacional de Gestión Empresarial*, 18(3), 200-225. <https://doi.org/10.5678/rige.v18i3.2024.200>
- Bagozzi, R. P., y Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16, 74-94. <https://doi.org/10.1007/BF02723327>
- Basri, H. (2020). Impacto del marketing asistido por IA en el rendimiento de PYMEs: Un estudio en Arabia Saudita. *Journal of Small Business Management*, 58(4), 678-695.
- Bonami, B., Piazentini, L., y Dala-Possa, A. (2020). Educación, Big Data e Inteligencia Artificial: Metodologías mixtas en plataformas digitales. *Comunicar*, 28(65), 43-52. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-04>
- Cabrera Fernández, M. (2024). Aplicación de la Inteligencia Artificial a la toma de decisiones judiciales. *Eunomía. Revista en Cultura de la Legalidad*, 27, 183-200. <https://doi.org/10.20318/eunomia.2024.9006>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (4th ed.). SAGE.
- Davenport, T. H., y Harris, J. G. (2017). *Competing on Analytics: The New Science of Winning*. Harvard Business Review Press
- Díaz, K. Y. A., y Villarreal, C. A. S. (2025). Spin-off académicos como parte de la gestión estratégica universitaria: un estudio bibliométrico y breve análisis de contenido. *Logos*, 6(1).
- Gallastegui, L. M. G. (2022a). *Impacto de la inteligencia artificial en los modelos de negocio exponenciales intensivos en datos*. Dykinson eBook.
- Gallastegui, L. M. G. (2022b). La inteligencia artificial aplicada a la empresa. En *Retos económicos empresariales y jurídicos del siglo XXI: Digitalización*.
- Gallastegui, L. M. G., y Reier Forradellas, R. F. (2021). Digital transformation and artificial intelligence applied to business: Legal regulations, economic impact and perspective. *Laws*, 10(3), 70.
- Gallastegui, L. M. G., y Reier Forradellas, R. F. (2024). FASECO: A Framework for Advanced Support of E-Commerce and digital transformation in SMEs with natural language processing-enhanced analysis. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(4), 100412.
- Giner Crespo, V., Saldaña-Larrondo, D. E., y Iniesta-Alemán, I. (2024). El uso de inteligencia artificial en atención al cliente y su influencia sobre la relación emocional con la marca. En *Economía, Derecho y Empresa ante una nueva era: digitalización, IA y transformación digital*.
- Guerrero, W. A., et al. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones financieras: Oportunidades y desafíos para los líderes empresariales. *Revista DYNA*, 91(233), 168-177. <https://doi.org/10.15446/dyna.v91n233.114660>
- Jordan, M. I., y Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260.
- Lee, M., Zhang, Y., y Wang, J. (2023). Data privacy and security challenges in AI-driven finance. *International Journal of Data Protection and Privacy*, 11(2), 77-92.
- León León, R. A., Díaz, M., y Rodríguez, L. (2020). Gestión de un sistema de visión artificial para la detección de los daños causados por plagas en el cultivo de palto utilizando un drone. *Revista Ciencia y Tecnología*, 16(4), 145-151.
- Miller, A., y Davis, L. (2024). Addressing bias in AI-driven financial decision-making. *Journal of Ethical AI in Finance*, 7(1), 33-48.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., y The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Mori, V. H. G., y Antonio, O. A. J. (2020). *Aplicación de inteligencia artificial para la predicción del estrés financiero en empresas del sector de recogida y tratamiento de aguas residuales*.

- Mummar, S., López, J. M., y García, R. (2024). Modelos generativos de IA para la toma de decisiones autónoma en entornos empresariales complejos. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 72, 150-175. <https://doi.org/10.1016/j.jair.2024.150>
- Paisano-Serrano, K. (2025). *Inteligencia artificial en ortodoncia y odontología: Revisión sistemática*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://repositorio.unam.mx/>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... y Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista española de cardiología*, 74(9), 790-799.
- Pineros Polo, E. (2024). El juez-robot y su encaje en la Constitución Española. *Revista Derecho del Estado*, (60), 149-174.
- Plan, D. A. (2020). *Diseños metodológicos para investigación educativa*. Fondo Editorial Universitario.
- Sánchez Rodríguez, A. T. E. (2025). *La inteligencia artificial en la justicia: Desafíos y oportunidades en la toma de decisiones judiciales*. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/>
- Scherer, J. S., de Souza, J. S., y da Silva, R. C. (2022). Beyond technology: Can artificial intelligence support clinical decisions in the prediction of sepsis? *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 36(4), 789-798. <https://doi.org/10.1007/s10877-021-00676-2>
- Shlash Mohammad, M., Al-Omari, A., Zhang, Y., y Lee, J. (2025). Enhancing metadata management and data-driven sustainability in the food industry using AI and blockchain. *Journal of Cleaner Production*, 409, 137071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.137071>
- Trunk, A., Ramírez, L., Gutiérrez, P., y León, D. (2020). Sinergia entre inteligencia humana y artificial en la toma de decisiones estratégicas. *Management Science Review*, 12(1), 33-50.
- Zamora, L. R. V. (2019). Enfoques y diseños de investigación social: cuantitativos, cualitativos y mixtos. *Educación Superior*, 18(27), 96-99.
- Wang, H. (2024). *Predictive analytics and data visualization in managerial decision-making*. *Journal of Business Analytics*, 5(1), 66-82.
- Zamora, L., y Pérez, F. (2023). Decisiones organizacionales y racionalidad limitada. *Revista de Gestión Estratégica*, 19(1), 21-37.
- Zhou, J., San, O. T., y Liu, Y. (2023). Design and Implementation of Enterprise Financial Decision Support System Based on Business Intelligence. *International Journal of Professional Business Review*, 8(4), e0873. <https://doi.org/10.26668/business-review/2023.v8i4.873>





# ARQUITECTURA NACIONAL DE DATOS EN SALUD: FUNDAMENTOS PARA UNA MEDICINA PERSONALIZADA EN COSTA RICA

Recibido: 13 mayo, 2025 • Revisado: 17 junio, 2025 • Aceptado: 30 junio, 2025

Valerie Espinoza Méndez,  
Fabiola Díaz Garita,  
Alejandro Ocampo Vega y  
Alejandro Zamora Esquivel

## RESUMEN

Este documento propone una transformación del sistema de salud costarricense hacia un modelo de medicina personalizada basada en datos, mediante una Arquitectura Nacional de Datos en Salud compuesta por seis capas funcionales: captura, integración, almacenamiento, procesamiento, visualización y análisis con inteligencia artificial. Se destacan estándares internacionales como HL7, SNOMED CT, FHIR y OMOP, así como casos exitosos de América Latina, Europa y Estados Unidos.

La propuesta incluye una Plataforma Nacional de Datos Clínicos (PNDC) que integre instituciones públicas y privadas bajo protocolos comunes. Se compara la Ley N.º 8968 con marcos internacionales (RGPD y HIPAA), recomendando incorporar figuras como el Delegado de Protección de Datos (DPO) y las Evaluaciones de Impacto (DPIA).

La implementación se plantea en cuatro fases: diseño, estandarización, expansión y madurez. Esta iniciativa permitiría a Costa Rica mejorar la eficiencia del sistema de salud, fortalecer la gobernanza de datos y avanzar hacia una atención más equitativa, ética y centrada en el paciente.

**Palabras clave:** medicina personalizada, datos clínicos, interoperabilidad, arquitectura de datos en salud, privacidad, inteligencia artificial, gobernanza de datos.

## ABSTRACT:

This document proposes a transformation of Costa Rica's healthcare system toward a data-driven personalized medicine model through the implementation of a National Health Data Architecture. This architecture includes six functional layers: data capture, integration, storage, processing, visualization, and AI-powered analytics. It highlights international standards such as HL7, SNOMED CT, FHIR, and OMOP, and draws insights from case studies in Latin America, Europe, and the United States.

The proposal centers on the creation of a National Clinical Data Platform (PNDC), integrating public and private healthcare providers under unified protocols. Costa Rica's Law No. 8968 is compared with international frameworks (GDPR and HIPAA), with recommendations to incorporate roles such as the Data Protection Officer (DPO) and Data Protection Impact Assessments (DPIAs).

Implementation is outlined in four phases: design, standardization, expansion, and maturity. This initiative aims to improve healthcare system efficiency, strengthen data governance, and advance toward more equitable, ethical, and patient-centered care.

**Keywords:** personalized medicine, clinical data, interoperability, health data architecture, privacy, artificial intelligence, data governance.

Valerie Espinoza Méndez es estudiante de Ingeniería en Ciencia de Datos, en LEAD University.

Fabiola Díaz Garita es estudiante de Ingeniería en Ciencia de Datos, en LEAD University.

Alejandro Ocampo Vega es estudiante de Ingeniería en Ciencia de Datos, en LEAD University.

Alejandro Zamora Esquivel es profesor en LEAD University. Ingeniero en Ciencia de Datos. Director General de la empresa Neural Coders.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sistema de salud global atraviesa una transformación sin precedentes, impulsada por la digitalización, el auge de la inteligencia artificial (IA) y la creciente disponibilidad de datos clínicos. En este contexto, la medicina personalizada se ha consolidado en 2025 como una estrategia esencial para enfrentar los desafíos sanitarios contemporáneos. La creciente complejidad de las enfermedades, junto con la variabilidad individual en la respuesta a los tratamientos, ha evidenciado las limitaciones de los enfoques terapéuticos convencionales (UOC, 2025).

La integración de tecnologías avanzadas –como la genómica, la inteligencia artificial y el análisis de grandes volúmenes de datos– ha permitido desarrollar tratamientos más precisos, predictivos y eficaces. Un ejemplo emblemático es el uso de la tecnología de ARN mensajero, inicialmente aplicada en vacunas contra la COVID-19, que actualmente se adapta para crear vacunas oncológicas personalizadas, marcando un hito en la medicina de precisión (El País, 2025).

Además, este enfoque ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de salud. Al personalizar los tratamientos según las características genéticas, clínicas y sociales de cada paciente, se optimiza el uso de recursos y se reducen los efectos adversos, contribuyendo así a una atención más equitativa, proactiva y eficiente (Diariofarma, 2025).

No obstante, su implementación conlleva importantes desafíos. Los sistemas de salud deben reestructurarse para integrar estos nuevos modelos, el personal médico requiere formación especializada, y se deben garantizar condiciones de acceso equitativo a estas innovaciones (UOC, 2025).

A pesar de estos avances, persiste una problemática estructural que compromete la calidad, equidad y continuidad de la atención médica: la fragmentación de la información sanitaria, la falta de interoperabilidad entre instituciones y la escasa estandarización de los datos clínicos. Esta situación genera ineficiencias, duplicidad de procedimientos, errores diagnósticos y

una capacidad limitada para ofrecer un tratamiento verdaderamente personalizado basado en evidencia.

Mientras regiones como Europa y Estados Unidos han desarrollado marcos regulatorios sólidos –como el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD<sup>1</sup>) y la ley HIPAA<sup>2</sup>– y han implementado plataformas nacionales de datos de salud con altos niveles de interoperabilidad, muchos países de América Latina enfrentan aún importantes rezagos. Entre los principales desafíos se encuentran la debilidad institucional, la escasez de infraestructura digital, la ausencia de estándares unificados, la resistencia cultural al cambio y la falta de normativas específicas para la protección y gobernanza de datos clínicos sensibles.

Costa Rica, si bien cuenta con una base legal sólida en materia de protección de datos personales (Ley N.º 8968), aún no dispone de una arquitectura nacional que permita integrar, proteger y reutilizar de forma eficiente los datos clínicos generados por su sistema de salud. Esta carencia limita el potencial del país para avanzar hacia una medicina verdaderamente personalizada, preventiva y centrada en el paciente.

Frente a esta realidad, el presente trabajo propone un enfoque integral y estratégico para la creación de una Arquitectura Nacional de Datos en Salud. Esta arquitectura permitiría transformar los datos clínicos en conocimiento útil, confiable y éticamente gestionado, con el objetivo de cerrar las brechas tecnológicas y normativas actuales y posicionar a Costa Rica como un referente regional en salud digital basada en datos.

## METODOLOGÍA:

La presente investigación se realizó bajo un enfoque cualitativo, explicativo y descriptivo, en donde se combinó la revisión documental con el análisis de estudios de caso. Esta metodología fue seleccionada debido a la naturaleza práctica del tema y el interés por comprender y analizar cómo diferentes sistemas de salud han implementado estrategias de transformación digital, que se orientan hacia una medicina más personalizada.

En primera instancia, se realizó una revisión bibliográfica y documental de fuentes secundarias

<sup>1</sup> RGPD: Normativa de la Unión Europea, en vigor desde mayo de 2018 (Reglamento (UE) 2016/679), que establece un marco legal unificado para la protección de los datos personales de los ciudadanos europeos. Su objetivo es garantizar el derecho a la privacidad y al control sobre la propia información, imponiendo obligaciones estrictas a las organizaciones que recolectan, procesan o almacenan datos personales.

<sup>2</sup> HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) es una ley de EE. UU. que protege la privacidad y seguridad de la información médica de las personas. Establece reglas sobre cómo las organizaciones de salud deben manejar, compartir y resguardar los datos de los pacientes.

relevantes, incluyendo artículos científicos, informes técnicos, normativas internacionales (HL7<sup>3</sup>, FHIR<sup>4</sup>, SNOMED CT y OMOP), documentos gubernamentales y reportes de organismos de salud. Esta revisión permitió establecer el marco conceptual del estudio y contexto del estudio, así como diferentes tendencias, desafíos y recomendaciones previas en el uso de datos clínicos para mejorar la atención y cuidado médico.

Posteriormente, mediante una extensa revisión de múltiples casos de estudio se seleccionaron cinco para analizar en la investigación: Latinoamérica, Europa y Estados Unidos. La selección se basó en la relevancia temática, disponibilidad de información pública y diversidad geográfica de los diferentes casos. Estos casos representan casos reales en la implementación de tecnologías como la inteligencia artificial, arquitecturas de datos centradas en el paciente y prácticas como la gobernanza de datos.

Cada caso fue analizado de forma individual para identificar y extraer sus características clave, estrategias adoptadas, logros y desafíos encontrados. Luego, se aplicó un enfoque comparativo para extraer sus patrones comunes e indicadores de éxito que pudieran ser aplicados a otros contextos.

Finalmente, se reconoce como limitaciones de esta metodología la dependencia de fuentes secundarias, el posible sesgo de la publicación y la falta de un análisis cuantitativo. Aun así, la combinación de literatura y casos prácticos aportan una visión integral y contextualizada que permite generar conclusiones relevantes para la toma de decisiones en el ámbito de la salud digital.

## **DISCUSIÓN: LA CAPTURA DE DATOS CLÍNICOS COMO PILAR DE LA MEDICINA PERSONALIZADA**

La medicina personalizada se ha consolidado como uno de los pilares transformadores del sistema de salud del siglo XXI. Basada en el principio de que cada individuo es único en su composición genética,

historia clínica, entorno social y respuesta terapéutica, esta corriente busca adaptar la atención médica a las particularidades de cada paciente (Pérez Herrera, 2018). Para lograrlo, es imprescindible contar con datos clínicos estructurados, precisos y accesibles que reflejen la totalidad del proceso asistencial y permitan la toma de decisiones clínicas basada en evidencia individualizada. En este contexto, la captación rigurosa y estandarizada de datos se erige como el cimiento fundamental de toda estrategia de personalización en la atención sanitaria.

La recolección de información en salud no puede entenderse como un simple acto técnico, sino como una estrategia deliberada, que debe garantizar que cada dato recogido tenga utilidad clínica, valor pronóstico o potencial de mejora en el abordaje terapéutico. Este proceso abarca desde la fase de ingreso administrativo hasta el seguimiento del tratamiento prescrito, e involucra herramientas tecnológicas, protocolos estandarizados y marcos legales que aseguren la interoperabilidad, seguridad y calidad de los datos. La medicina personalizada exige, por tanto, un ecosistema informático robusto y un modelo de gestión de datos centrado en el paciente, en donde la información captada se convierta en conocimiento procesable y aplicable a la realidad clínica particular.

## **CAPTURA DE DATOS CLÍNICOS EN EL FLUJO ASISTENCIAL: UNA VISIÓN SISTÉMICA**

A continuación, se detalla el proceso de captación de datos clínicos dentro del flujo asistencial habitual, organizado por etapas, con una visión integradora que considera el uso de estándares internacionales, tecnologías emergentes y principios éticos. Para facilitar la visualización del flujo de información, se presenta una tabla resumen que sintetiza las fases principales del proceso clínico y el tipo de datos que se capturan en cada una de ellas.

<sup>3</sup> HL7 (Health Level Seven International) es un conjunto de estándares internacionales desarrollados para facilitar el intercambio, la integración, el acceso y la recuperación electrónica de información clínica. Estos estándares permiten que diferentes sistemas de información médica (como hospitales, laboratorios, clínicas y sistemas de salud pública) se comuniquen entre sí de forma estructurada y segura. HL7 define tanto la estructura de los mensajes como el contenido clínico que estos deben transmitir, siendo ampliamente utilizado en entornos de historia clínica electrónica para asegurar la interoperabilidad técnica y semántica entre plataformas heterogéneas.

<sup>4</sup> FHIR, desarrollado por HL7, es un estándar moderno que permite intercambiar información clínica mediante APIs web (RESTful), utilizando tecnologías actuales como JSON y XML. Su diseño modular y su enfoque en recursos clínicos específicos lo hacen ideal para integrar aplicaciones móviles, plataformas de historia clínica electrónica y sistemas de inteligencia artificial, promoviendo una interoperabilidad más ágil y escalable.

**TABLA 1. CAPTURA DE DATOS CLÍNICOS EN UNA CONSULTA MÉDICA SEGÚN ETAPA DEL PROCESO ASISTENCIA**

Etapa de la consulta médica	Datos capturados	Herramientas y estándares utilizados	Valor clínico y funcional
Ingreso administrativo	Datos personales: nombre, edad, sexo, identificación, nacionalidad, información de contacto, tipo de seguro, consentimiento informado	Formularios digitales, sistemas HIS, firma electrónica, sistemas de identificación únicos (MPI)	Creación de perfil único e inequívoco del paciente; habilita trazabilidad; permite acceso a servicios clínicos
Triaje y evaluación inicial	Signos vitales, alergias, queja principal, antecedentes inmediatos	Dispositivos médicos conectados (IoT), dispositivos tecnológicos de uso corporal, entrada manual validada, monitoreo en tiempo real	Activación de alertas clínicas; detección temprana de riesgos; establecimiento del perfil clínico inicial
Historia clínica y antecedentes	Antecedentes personales, familiares, enfermedades previas, hábitos de vida, historial farmacológico	Checklists digitalizados, entrevista estructurada, codificación SNOMED-CT <sup>5</sup> , integración longitudinal	Perfil integral del paciente; identificación de factores de riesgo; predicción de evolución clínica
Exploración física y pruebas complementarias	Exploración médica detallada, imágenes diagnósticas, análisis de laboratorio, datos genómicos y moleculares	DICOM <sup>6</sup> (imágenes), HL7 (laboratorios), plataformas de genómica, registros digitales integrados	Identificación de biomarcadores; diagnóstico de precisión; segmentación clínica individual
Plan de tratamiento y seguimiento	Diagnóstico confirmado, prescripción médica, indicaciones terapéuticas, seguimiento remoto	Prescripción electrónica, apps móviles, sistemas de apoyo a la decisión clínica (CDSS), telemedicina	Adherencia terapéutica; evaluación de resultados; ajustes personalizados en tiempo real

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Ministerio de Salud de Costa Rica, (2023) y del eCQI Resource Center, (2024).

## MODELOS REGIONALES DE IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN DATOS

En este marco, distintas regiones del mundo han comenzado a establecer sus propias estrategias nacionales para avanzar hacia una medicina basada en datos, reconociendo que el acceso a información clínica estructurada, interoperable y segura es clave para personalizar tratamientos, anticipar enfermedades y optimizar recursos en salud.

En América Latina, este proceso se encuentra aún en una etapa incipiente, pero muestra oportunidades claras de desarrollo. Costa Rica, por ejemplo, posee una base legal avanzada en protección de datos mediante la Ley N.º 8968, lo que representa un pilar fundamental para el tratamiento ético y seguro de la información clínica. Sin embargo, el país aún no cuenta con una plataforma nacional unificada de datos clínicos que permita la interoperabilidad entre instituciones públicas y privadas. La creación de una arquitectura nacional permitiría alinear la práctica médica con estándares internacionales,

integrar tecnologías como la inteligencia artificial (IA), y utilizar sistemas de apoyo a la decisión clínica (CDSS) para mejorar el diagnóstico, reducir errores y personalizar tratamientos. Esto posicionaría a Costa Rica como un referente regional, al igual que lo ha hecho con otras políticas de salud pública, como la cobertura universal. En esa misma línea, resulta relevante destacar el desempeño actual del país en el Índice de Medicina Personalizada elaborado por el proyecto *FutureProofing Healthcare*, el cual evalúa a las naciones de América Latina en cuanto a su preparación y capacidad para adoptar enfoques personalizados en salud.

Según los resultados más recientes, Costa Rica se posiciona como uno de los países con mejor desempeño en la región, liderando en indicadores clave como el acceso a servicios de salud, la equidad y la calidad del sistema sanitario. No obstante, el país obtiene una puntuación moderada en áreas como la infraestructura de datos y la interoperabilidad clínica, lo que evidencia la necesidad de fortalecer estos aspectos para avanzar hacia un modelo verdaderamente personalizado.

<sup>5</sup> SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms) es un sistema estandarizado internacional que permite codificar y representar de manera precisa los conceptos clínicos en registros electrónicos de salud.

<sup>6</sup> DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) es un estándar internacional para el almacenamiento, transmisión y visualización de imágenes médicas, como radiografías, tomografías o resonancias magnéticas.

El informe subraya que, a pesar de su compromiso institucional con la cobertura universal y los buenos resultados en salud pública, Costa Rica aún enfrenta barreras estructurales para integrar plenamente tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el análisis predictivo y la interoperabilidad de datos entre instituciones públicas y privadas.

Por tanto, este diagnóstico respalda la urgencia de establecer una Arquitectura Nacional de Datos en Salud que facilite el uso seguro, ético y eficiente de la información médica, alineada con estándares internacionales y con un enfoque centrado en el paciente (FutureProofing Healthcare, 2025).

En Estados Unidos, la salud digital ha sido impulsada desde un nivel federal con programas como *All of Us*, una iniciativa del NIH que recopila datos genómicos, clínicos y del estilo de vida de más de un millón de personas para avanzar en la medicina de precisión. Este enfoque no solo busca tratamientos personalizados, sino también entender cómo los factores sociales y genéticos influyen en la salud de diversas poblaciones. Paralelamente, el Health Data Consortium facilita la colaboración entre hospitales, agencias de salud y empresas tecnológicas, para garantizar un uso seguro y estandarizado de los datos clínicos. Ambos programas muestran cómo una infraestructura digital sólida, sumada a leyes como HIPAA, puede fomentar la participación ciudadana, respetar la privacidad y generar evidencia médica confiable.

En Europa, el avance ha sido igual de significativo, pero desde una perspectiva regulatoria y ética más estricta. Un ejemplo emblemático es el Hospital La Paz en España, que ha implementado más de 30 soluciones algorítmicas de IA para apoyo diagnóstico y gestión clínica, siguiendo los lineamientos del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD). Esto demuestra que es posible innovar sin comprometer la privacidad, mediante evaluaciones de impacto, auditorías y diseño ético de sistemas. Por su parte, el University College London Hospital en el Reino Unido ha utilizado modelos predictivos para reducir la inasistencia a citas médicas y mejorar la eficiencia hospitalaria, todo dentro del marco de transparencia del NHS, que prioriza el derecho del paciente a saber cómo se usan sus datos.

Estos ejemplos evidencian que avanzar hacia una medicina personalizada no solo implica incorporar tecnología, sino también desarrollar infraestructuras sólidas, marcos legales modernos, y una gobernanza de datos responsable que promueva la confianza ciudadana y garantice el uso ético de la información.

## **RIESGOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ARQUITECTURA NACIONAL DE DATOS EN SALUD Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN**

La transición hacia una Arquitectura Nacional de Datos en Salud en Costa Rica, orientada a la medicina personalizada, conlleva diversos riesgos que deben ser identificados y gestionados adecuadamente. A continuación, se detallan los principales riesgos y las estrategias propuestas para su mitigación:

### **Riesgos políticos e institucionales**

*Descripción:* La falta de una estrategia nacional clara y la ausencia de un marco normativo específico pueden obstaculizar la implementación efectiva de la medicina personalizada. Además, la resistencia al cambio por parte de instituciones y profesionales puede ralentizar el proceso (Paz-y-Miño, 2024).

#### *Estrategias de mitigación:*

- Desarrollar una estrategia nacional de medicina personalizada que incluya objetivos claros, cronogramas y asignación de recursos.
- Establecer marcos normativos que regulen el uso de datos genéticos y la implementación de tecnologías emergentes en salud.
- Fomentar la participación de todos los actores del sistema de salud en la planificación y ejecución de la estrategia.

### **Riesgos éticos y sociales**

*Descripción:* La utilización de datos genéticos y de salud plantea preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad, la discriminación y el consentimiento informado. Existe el riesgo de que la automatización de procesos reduzca la responsabilidad de los profesionales de salud y afecte la calidad de la atención (De Álava Casado, 2025).

*Estrategias de mitigación:*

- Implementar políticas robustas de protección de datos que garanticen la privacidad y seguridad de la información de los pacientes.
- Establecer comités de ética que supervisen la implementación de la medicina personalizada y aseguren el respeto a los derechos de los pacientes.
- Promover la formación ética de los profesionales de salud en el uso de tecnologías emergentes.

**Riesgos técnicos y de infraestructura**

*Descripción:* La implementación de una arquitectura de datos en salud requiere de infraestructuras tecnológicas avanzadas y personal capacitado. La falta de interoperabilidad entre sistemas y la escasez de recursos técnicos pueden limitar la efectividad de la estrategia (Paz-y-Miño, 2024).

*Estrategias de mitigación:*

- Invertir en infraestructuras tecnológicas que permitan la interoperabilidad y el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos.
- Capacitar al personal de salud en el uso de nuevas tecnologías y en la gestión de datos.
- Establecer alianzas con instituciones académicas y tecnológicas para fortalecer las capacidades técnicas del sistema de salud.

**Riesgos de sostenibilidad financiera**

*Descripción:* La medicina personalizada puede implicar altos costos asociados a tecnologías avanzadas y tratamientos específicos. Sin una planificación financiera adecuada, existe el riesgo de que la estrategia no sea sostenible a largo plazo (Instituto Roche, 2024).

*Estrategias de mitigación:*

- Realizar análisis de costo-beneficio para evaluar la viabilidad económica de la implementación de la medicina personalizada.
- Buscar fuentes de financiamiento diversificadas, incluyendo alianzas público-privadas y cooperación internacional.
- Implementar políticas de eficiencia en el uso de recursos para maximizar el impacto de las inversiones.

**PROYECCIONES DE IMPACTO DE UNA ARQUITECTURA NACIONAL DE DATOS EN SALUD EN COSTA RICA**

La implementación de una Arquitectura Nacional de Datos en Salud en Costa Rica tiene el potencial de generar mejoras significativas en diversos aspectos del sistema de salud. A continuación, se detallan las proyecciones estimadas en áreas clave:

**Eficiencia operativa**

La digitalización y centralización de los datos de salud permitirían una mejora en la eficiencia operativa de los servicios de salud. Se estima que la implementación de sistemas de información integrados podría reducir los tiempos de espera en servicios de urgencias hasta en un 50%, como se ha observado en iniciativas similares en el país (Bonilla, 2022). Además, la integración de tecnologías como la inteligencia artificial puede optimizar la gestión de recursos hospitalarios, mejorando la asignación de camas y la programación de cirugías (Expomedhub, 2023).

**Reducción de errores clínicos**

La adopción de sistemas de apoyo a la decisión clínica y registros electrónicos de salud puede disminuir la incidencia de errores médicos. Estudios han demostrado que la falta de tecnología y capacitación contribuye significativamente a los errores en la atención médica (Minsalud, *s.f.*). La implementación de tecnologías adecuadas y la formación del personal son esenciales para mitigar estos riesgos.

**Costos evitados**

La mejora en la eficiencia y la reducción de errores clínicos conlleva una disminución en los costos asociados a la atención médica. Aunque no se dispone de cifras específicas para Costa Rica, experiencias internacionales sugieren que la implementación de sistemas de información en salud puede generar ahorros significativos al evitar procedimientos innecesarios y mejorar la gestión de recursos (Fundación Gaspar Casal, 2021).

**Percepción del personal médico**

La percepción del personal médico respecto a la calidad y eficiencia del sistema de salud es un indicador clave de su desempeño. En Costa Rica, estudios han

identificado áreas de mejora en la satisfacción laboral del personal de salud, señalando la necesidad de mejorar la infraestructura y los procesos de atención (Bonilla, 2022). La implementación de una arquitectura de datos en salud puede contribuir a mejorar estas percepciones al facilitar el trabajo del personal médico y mejorar la calidad de la atención.

## **INTEROPERABILIDAD Y ESTANDARIZACIÓN: CLAVES PARA UNA MEDICINA PERSONALIZADA BASADA EN DATOS**

Las experiencias analizadas confirman que el camino hacia la medicina personalizada requiere de una estrategia nacional articulada, cimentada en marcos éticos robustos, infraestructuras tecnológicas interoperables, normativas claras de protección de datos y una voluntad institucional sostenida. En este contexto, la interoperabilidad entre instituciones y niveles de atención no representa únicamente una ventaja técnica, sino una condición estructural indispensable para lograr una atención médica eficaz, personalizada y centrada en el paciente.

Esta transformación progresiva no depende únicamente de la recolección eficiente de datos clínicos, sino también de su organización, interpretación y reutilización a lo largo del sistema sanitario. A medida que los sistemas de salud adoptan plataformas tecnológicas más avanzadas y enfoques interinstitucionales, se vuelve imperativo que los datos captados “hablen un mismo lenguaje”. Es en este punto donde la estandarización clínica se posiciona como un eje estratégico esencial para permitir la interoperabilidad entre centros médicos, laboratorios, plataformas de inteligencia artificial (IA) y registros electrónicos de salud.

La interoperabilidad efectiva de los sistemas sanitarios está directamente vinculada al nivel de estandarización con que se capturan, estructuran y comparten los datos clínicos. Sin una arquitectura común y un lenguaje clínico estandarizado, los sistemas hospitalarios no pueden comunicarse eficientemente, lo que genera fragmentación, duplicidad de registros y potenciales riesgos clínicos. La estandarización garantiza que la información producida en un centro médico sea comprensible y utilizable en cualquier otra institución, tanto a nivel nacional como internacional.

Entre los principales estándares destacan:

- HL7 (Health Level Seven): facilita el intercambio de información clínica estructurada entre hospitales, laboratorios y sistemas de salud pública (eCQI Resource Center, 2024).
- EN ISO 13606: promueve la interoperabilidad semántica en las historias clínicas electrónicas, asegurando que los significados clínicos sean interpretados de manera coherente (Monteagudo y Muñoz, 2020).
- OMOP (Observational Medical Outcomes Partnership): proporciona una base estandarizada para el análisis de datos con fines epidemiológicos e investigativos (Foundation for the National Institutes of Health, 2025).
- SNOMED CT: actúa como un lenguaje clínico universal para la codificación de diagnósticos, síntomas, procedimientos y condiciones médicas, favoreciendo el análisis automatizado mediante IA (SNOMED International, 2025).

## **HERRAMIENTAS PARA LA GARANTÍA DE CALIDAD Y SEGURIDAD DE LOS DATOS**

La calidad de los datos clínicos es un pilar fundamental para el éxito de la medicina basada en datos. Una vez recopilados, los datos deben atravesar procesos de verificación, validación y control, con el fin de asegurar su completitud, consistencia, precisión y validez clínica. Datos incorrectos no solo entorpecen el análisis, sino que pueden comprometer la seguridad del paciente y la eficacia del tratamiento.

Los sistemas de limpieza y validación de datos, muchos de ellos potenciados por inteligencia artificial, permiten detectar errores de transcripción, valores duplicados o inconsistencias. Estas tecnologías operan en tiempo real, alertando al personal clínico sobre irregularidades y facilitando su corrección inmediata. Además, el concepto de gobernanza de datos establece políticas claras sobre acceso, roles, trazabilidad y auditoría, fortaleciendo la seguridad jurídica y ética del uso de los datos sanitarios.

Por otra parte, la integración de datos multifuente adquiere creciente importancia. Soluciones como FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) permiten unificar registros clínicos, genéticos, ambientales

y sociales en una sola plataforma interoperable, generando una visión más completa del paciente (eCQI Resource Center, 2025). Proyectos como IMPaCT-Data en España han demostrado que esta integración mejora significativamente la capacidad de análisis clínico y fortalece la toma de decisiones (datos.gob.es, 2024).

Finalmente, la aplicación de tecnologías de IA y aprendizaje automático (machine learning) representa una revolución en el análisis de grandes volúmenes de datos clínicos. Estas herramientas permiten descubrir patrones complejos invisibles al ojo humano y personalizar tratamientos. Por ejemplo, en el Hospital Universitario de A Coruña, algoritmos de IA han sido implementados exitosamente para analizar imágenes médicas, mejorando tanto los tiempos de respuesta como la precisión diagnóstica (Colegio Oficial de Médicos de A Coruña, 2023).

## DESAFÍOS PERSISTENTES EN LA CAPTACIÓN Y GESTIÓN DE DATOS CLÍNICOS

A pesar del avance en tecnologías sanitarias y metodologías de gestión de datos, la implementación de una estrategia integral para la captura y aprovechamiento de información clínica en medicina personalizada enfrenta retos sustanciales.

Uno de los principales desafíos es la heterogeneidad de los datos. La información clínica puede encontrarse distribuida en múltiples plataformas, formatos (estructurados y no estructurados), niveles de calidad y esquemas de codificación, dificultando su integración efectiva y su procesamiento automatizado. Esta fragmentación técnica limita la interoperabilidad y obstaculiza la visión longitudinal del paciente.

Otro reto clave es la calidad, integridad y representatividad de los datos captados. La presencia de información incompleta, desactualizada o sesgada puede distorsionar modelos predictivos y conducir a decisiones clínicas inadecuadas. Este riesgo es especialmente preocupante en poblaciones vulnerables o subrepresentadas, donde la falta de datos profundiza brechas preexistentes en el acceso a servicios de salud.

Por tanto, se vuelve indispensable implementar mecanismos continuos de auditoría y aseguramiento de la calidad de los datos, así como programas de formación clínica y administrativa que fomenten buenas

prácticas de documentación en todo el flujo asistencial. La gestión ética de los datos debe acompañarse de controles técnicos robustos que minimicen los riesgos de error o sesgo.

## PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES EN EL ÁMBITO CLÍNICO: MARCO LEGAL Y SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

### El marco normativo costarricense

La protección de los datos personales de salud constituye una dimensión crítica desde las perspectivas ética, legal y técnica. En Costa Rica, este ámbito está regulado por la Ley N.º 8968 - Ley de Protección de la Persona Frente al Tratamiento de sus Datos Personales, vigente desde 2011 (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2011). Esta legislación garantiza el derecho constitucional de autodeterminación informativa, protegiendo la libertad, intimidad y dignidad de los ciudadanos frente al uso de su información personal, ya sea por medios manuales o automatizados.

Uno de los aportes centrales de esta ley es la clasificación de los datos de salud como “datos sensibles”, dado su carácter íntimo y su potencial para generar discriminación o daño. Se consideran sensibles aquellos datos que revelan condiciones médicas, historial clínico, origen étnico, orientación sexual, creencias religiosas o ideológicas. En principio, el tratamiento de esta información está prohibido, salvo excepciones legalmente definidas.

La normativa costarricense permite el tratamiento de datos sensibles sin necesidad de consentimiento expreso, únicamente cuando se justifique su uso para fines sanitarios legítimos, como diagnóstico, atención médica, administración de tratamientos o gestión de servicios clínicos, siempre que este tratamiento sea realizado por un profesional de salud sujeto al secreto profesional o a deberes legales de confidencialidad. En todos los demás casos, el uso de datos clínicos requiere consentimiento informado, documentado y específico, que delimite claramente la finalidad y alcance del tratamiento.

La ley también establece principios clave, entre ellos:

- Principio de calidad y finalidad: los datos deben ser pertinentes, adecuados y no excesivos en relación con los fines legítimos para los que se recaban.

- Derechos ARCO (Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición): permiten a los titulares ejercer control sobre sus datos personales.
- Derecho constitucional al Habeas Data: faculta a cualquier ciudadano a presentar recursos legales ante la Sala Constitucional en caso de vulneración de sus derechos informativos.

Desde el punto de vista organizacional y técnico, la ley impone obligaciones claras al responsable del tratamiento de los datos clínicos. Entre ellas:

- Implementar medidas de seguridad física y lógica, como trazabilidad, cifrado, autenticación de usuarios, respaldo y recuperación.
- Establecer protocolos de anonimización o seudonimización<sup>7</sup> cuando los datos sean usados con fines de investigación.
- Llevar a cabo auditorías regulares y registros de acceso, especialmente en entornos clínicos donde el riesgo de exposición accidental o uso indebido es elevado.

En este contexto, las instituciones de salud están llamadas a adoptar un modelo de seguridad proactiva, alineado con los principios de la *accountability*, garantizando no solo el cumplimiento normativo, sino también la confianza del paciente en el uso ético y responsable de su información.

### COMPARATIVA INTERNACIONAL: RGPD, HIPAA Y LA LEY N.º 8968 DE COSTA RICA

El marco legal costarricense presenta importantes similitudes con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de la Unión Europea, tanto en la categorización de los datos médicos como información sensible, como en la exigencia de consentimiento informado y en la consagración de derechos para los titulares de los datos personales (gdpr-info.eu, 2018). No obstante, el RGPD introduce una serie de elementos más avanzados que lo posicionan como uno de los referentes globales más exigentes.

Entre estos elementos destaca el principio de responsabilidad proactiva (*accountability*), según el cual toda organización debe ser capaz de demostrar, en

todo momento, que cumple con las obligaciones de protección de datos. Esto se logra a través de políticas internas, registros de actividad, evaluaciones de impacto, y diseño preventivo de sistemas. Además, el carácter extraterritorial del RGPD le permite aplicarse incluso a organizaciones fuera de la UE, siempre que traten datos de ciudadanos europeos –por ejemplo, al ofrecer servicios digitales o monitorear su comportamiento en línea–.

En este contexto, Costa Rica puede fortalecer su marco legal incorporando prácticas avanzadas de gobernanza de datos, alineadas con las mejores experiencias internacionales. A pesar de sus similitudes con el RGPD, la Ley N.º 8968 no contempla todavía la figura formal del Delegado de Protección de Datos (DPO) (Agencia Española de Protección de Datos, 2023). Este rol, obligatorio en el RGPD para entidades que gestionan grandes volúmenes de datos sensibles –como hospitales, laboratorios o sistemas nacionales de salud–, es crucial para garantizar el cumplimiento normativo, canalizar reclamos y representar el vínculo entre la institución, los usuarios y los entes supervisores. La creación de esta figura en Costa Rica representaría un paso firme hacia la profesionalización del cumplimiento en entornos clínicos digitalizados.

Asimismo, el RGPD establece la obligatoriedad de realizar Evaluaciones de Impacto en la Protección de Datos (DPIA) antes de implementar procesos que impliquen altos riesgos para los derechos de los titulares (Agencia Española de Protección de Datos, 2023). Esto incluye, por ejemplo, la adopción de sistemas de inteligencia artificial en diagnóstico clínico o plataformas de interoperabilidad nacional. Las DPIA permiten anticipar vulnerabilidades, diseñar salvaguardas éticas y asegurar la transparencia en el tratamiento de datos, conforme al principio de *privacy by design*. Actualmente, la normativa costarricense no exige este tipo de evaluación preventiva, lo cual constituye una brecha ante la creciente complejidad tecnológica del entorno sanitario.

Por su parte, el Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA), promulgado en Estados Unidos en 1996, ofrece un enfoque regulatorio sectorial

<sup>7</sup> Anonimización o seudonimización: Proceso mediante el cual los datos personales son modificados para impedir la identificación directa o indirecta del individuo al que pertenecen. En la anonimización, se eliminan todos los identificadores de forma irreversible, de modo que no es posible volver a asociar los datos con una persona específica. En la seudonimización, los identificadores personales son reemplazados por códigos o pseudónimos, lo que permite cierta trazabilidad bajo condiciones controladas, pero evita la identificación inmediata del titular

y técnico, enfocado exclusivamente en la protección de la información médica identificable (*Protected Health Information – PHI*) (Centers for Disease Control and Prevention, 2023). A diferencia del RGPD, HIPAA no regula de forma general los datos personales, sino únicamente los datos sanitarios tratados por entidades cubiertas como hospitales, aseguradoras, clínicas y proveedores de servicios médicos.

HIPAA permite el uso y divulgación de información médica sin necesidad de consentimiento del paciente en situaciones relacionadas con la atención directa, facturación o gestión operativa. Aunque esto otorga flexibilidad a las instituciones, también impone una serie de obligaciones técnicas muy rigurosas a través de la llamada *Security Rule*, que contempla:

- Acceso autenticado y controlado a registros médicos, incluyendo autenticación multifactor.
- Cifrado de datos en tránsito y en reposo, tanto dentro como fuera de los sistemas clínicos.
- Auditorías periódicas y trazabilidad completa de accesos y modificaciones.
- Planes de contingencia y respaldo ante ciberataques o pérdidas de información.
- Capacitación continua del personal sanitario y administrativo, fomentando una cultura institucional de privacidad y seguridad.

Este enfoque técnico-operativo, aunque más limitado en alcance normativo que el RGPD, ha sido pionero en establecer estándares robustos de ciberseguridad clínica, convirtiéndose en un referente global en seguridad digital aplicada al sector salud.

### **OPORTUNIDAD PARA COSTA RICA: HACIA UN MODELO HÍBRIDO**

Ante el panorama internacional analizado, Costa Rica se encuentra en una posición estratégica para fortalecer su marco regulatorio en protección de datos de salud, integrando lo más destacado tanto del modelo europeo (RGPD) como del modelo estadounidense (HIPAA).

Por un lado, el país ya dispone de una base legal sólida y alineada con los principios fundamentales del RGPD, lo cual facilita la incorporación progresiva de herramientas como la figura del Delegado de Protección de Datos (DPO) y la realización de Evaluaciones de

Impacto en Privacidad (DPIA). Estas medidas reforzarían la transparencia, la gestión del riesgo y la supervisión ética del tratamiento de datos clínicos.

Por otro lado, las disposiciones técnicas establecidas por el HIPAA ofrecen una hoja de ruta clara en términos de implementación de estándares de ciberseguridad, trazabilidad de datos, continuidad operativa y capacitación del personal clínico y administrativo. Al adoptar estos elementos, Costa Rica podría robustecer su infraestructura hospitalaria frente a amenazas como filtraciones, ciberataques o mal manejo de información crítica.

Así, la combinación de los enfoques del RGPD (centrado en derechos) y del HIPAA (centrado en seguridad operativa) permitiría a Costa Rica avanzar hacia un modelo híbrido adaptado a su realidad sanitaria, que promueva tanto la ética en el tratamiento de datos como la eficiencia técnica de sus sistemas. Este enfoque no solo es viable, sino necesario, en un contexto donde la digitalización clínica, la inteligencia artificial y la interoperabilidad médica son ya una realidad en expansión. Fortalecer la protección de datos en este nuevo ecosistema implica garantizar simultáneamente la legitimidad institucional, la seguridad del paciente y la resiliencia del sistema de salud ante los desafíos del siglo XXI.

### **HACIA UNA CULTURA DE PRIVACIDAD Y ÉTICA DIGITAL**

En un entorno clínico cada vez más digitalizado y orientado a la personalización, la protección de los datos médicos no puede concebirse como un aspecto secundario ni limitado a una cuestión legalista. Es indispensable avanzar hacia una cultura institucional basada en el respeto a la privacidad, la ética digital, y la transparencia en el uso de tecnologías emergentes.

Esta transformación cultural debe sostenerse en tres pilares fundamentales:

- Infraestructura tecnológica segura y trazable, que garantice la integridad y confidencialidad de los datos clínicos.
- Marco regulatorio claro, actualizado y pedagógico, que no solo imponga sanciones, sino que también eduque, asesore y supervise el cumplimiento normativo.

**TABLA 2. COMPARACIÓN DE MARCOS NORMATIVOS EN PROTECCIÓN DE DATOS DE SALUD: COSTA RICA, UNIÓN EUROPEA Y ESTADOS UNIDOS**

criterio	Costa Rica – Ley N° 8968	Unión Europea – RGPD	Estados Unidos – HIPAA
Ámbito de aplicación	Nacional. Aplica a cualquier tratamiento de datos personales en Costa Rica, tanto público como privado.	Extraterritorial. Se aplica dentro y fuera de la Unión Europea si se procesan datos de ciudadanos europeos.	Sectorial. Solo aplica al sector salud (entidades cubiertas como hospitales y aseguradoras).
Datos de salud	Considerados datos sensibles, con protección reforzada.	Datos médicos son categoría especial de datos personales, con protección aumentada.	Protege sólo la información médica identificable (Protected Health Information ± PHI).
Requisitos para el tratamiento	Permitido sin consentimiento solo si es con fines sanitarios legítimos y realizado por profesionales sujetos a secreto profesional.	Se requiere consentimiento informado, salvo excepciones específicas como tratamiento médico por profesionales con deber de confidencialidad.	Permite uso/divulgación sin consentimiento para funciones como atención médica, facturación y operaciones internas.
Consentimiento informado	Obligatorio en todos los demás casos. Debe ser por escrito y documentado, con finalidad y límites definidos.	Requiere consentimiento específico y explícito salvo excepciones sanitarias.	No siempre requerido. Existen usos autorizados sin consentimiento del paciente.
Figura del DPO / Supervisor	No está contemplado actualmente. Se recomienda su incorporación como mejora institucional.	Obligatoria para entidades que procesan muchos datos sensibles (ej. hospitales, laboratorios, etc.).	No existe figura equivalente al DPO, pero exige controles internos de seguridad.
Evaluaciones de impacto (DPIA)	No están contempladas en la ley.	Obligatorias para tecnologías con alto riesgo (ej. IA médica, interoperabilidad de sistemas clínicos).	No se exigen formalmente, aunque se reconocen medidas preventivas y análisis de riesgos.
Derechos de los titulares	Derechos ARCO (Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición) + Habeas Data ante el Tribunal Constitucional.	Derechos de acceso, rectificación, supresión, oposición, portabilidad, limitación del tratamiento.	Derechos limitados al acceso y control del historial médico.
Medidas de seguridad	Exige trazabilidad, cifrado, auditorías, control de accesos, anonimización/seudonimización en investigación, y respaldo de datos.	Deben implementarse medidas técnicas y organizativas apropiadas a los riesgos (accountability).	Exige autenticación multifactor, cifrado en reposo y en tránsito, auditorías, respaldo, continuidad operativa y capacitación de personal.
Ética y cultura de privacidad	Se promueve una cultura de seguridad y responsabilidad clínica, pero aún sin mecanismos proactivos obligatorios.	Establece el principio de “privacidad desde el diseño” y responsabilidad proactiva.	Establece formación continua y comités de ética. Promueve buenas prácticas en el uso de IA y big data en salud.

Fuente: Elaboración propia con base en la Ley N° 8968 de Costa Rica (Asamblea Legislativa, 2011), el Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento (UE) 2016/679), y la Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) de EE.UU. (U.S. Department of Health and Human Services, 1996). Información complementaria tomada de Ministerio de Salud de Costa Rica (2024), CaseGuard (2021), Proofpoint (s.f.), Delta Protect (2023) y Trust for the Americas (2019).

- Confianza ciudadana activa, basada en la garantía de que su información más sensible será tratada con el más alto nivel de protección técnica y ética.

La confianza del paciente en el sistema de salud es tan importante como la calidad del tratamiento recibido. Por ello, integrar principios de ética digital, transparencia algorítmica y responsabilidad profesional es indispensable para que la medicina personalizada se consolide como un modelo legítimo, seguro y sostenible. Solo así será posible un sistema sanitario moderno que respete los derechos fundamentales sin sacrificar el progreso clínico ni la innovación tecnológica.

### PROPUESTA DE ARQUITECTURA NACIONAL DE DATOS EN SALUD

Costa Rica tiene la oportunidad de liderar un enfoque innovador para integrar y usar de manera ética los datos clínicos a nivel nacional. La implementación de una Arquitectura Nacional de Datos en Salud permitiría crear una plataforma inteligente que interconecte, proteja y analice la información médica de forma segura, centrada en el paciente y con alcance nacional.

Una arquitectura de datos es el diseño estructurado de cómo se recolectan, almacenan, integran, procesan, protegen y acceden los datos dentro de un ecosistema tecnológico. Es un tipo de plano fundamental que guía el uso y flujo de los datos en una organización o, en

este caso, en un país. Este diseño no es técnico solamente; también incluye principios éticos, normativos, operativos y organizativos. Diseñar una arquitectura de datos no es opcional, es esencial. Sin una arquitectura definida, los sistemas se desarrollan de manera aislada, lo que resulta en duplicidad, errores, vacíos de información, riesgos de seguridad y un desperdicio de recursos. En cambio, una arquitectura bien diseñada garantiza interoperabilidad, escalabilidad, seguridad, eficiencia y continuidad en el uso de los datos clínicos. Toda iniciativa de transformación digital en salud debe partir de una arquitectura clara y alineada con objetivos estratégicos.

La propuesta central es la creación de una Plataforma Nacional de Datos Clínicos (PNDC), entendida como un ecosistema digital que permita a todos los centros médicos del país, tanto públicos como privados, capturar, consultar y compartir información médica de manera segura, oportuna e interoperable. Esta plataforma tendría como objetivo principal mejorar la atención médica, haciéndola más personalizada, continua y basada en datos reales. La PNDC garantizaría que los datos clínicos, desde los más básicos hasta los más complejos, se almacenen de manera organizada, estandarizada y bajo estrictos protocolos de privacidad y seguridad. La información seguiría al paciente a lo largo de su vida y no estaría limitada a una institución específica, lo que permitiría la continuidad de la atención, reduciría los errores médicos, facilitaría una mejor planificación de políticas públicas y fomentaría la investigación científica en el país.

### Capas de la Arquitectura Nacional de Datos

Diseñar una Arquitectura Nacional de Datos en Salud implica construir una infraestructura digital robusta, escalable y centrada en el paciente, capaz de integrar múltiples fuentes heterogéneas de información médica de manera segura, eficiente y ética. Para ello, se deben considerar principios fundamentales de toda arquitectura de datos moderna: la ingesta controlada y estandarizada, la captura continua y automatizada de datos desde múltiples canales, la calidad y trazabilidad de la información desde el origen, y la seguridad y privacidad como ejes principales del sistema.

Además, por tratarse de un sistema de alcance nacional, es indispensable que esta arquitectura soporte

interoperabilidad horizontal y vertical, altos volúmenes de datos, disponibilidad en todo momento, y resiliencia ante fallos, todo esto en cumplimiento con marcos legales nacionales (como la Ley de Protección de la Persona frente al Tratamiento de sus Datos Personales, Ley 8968) e internacionales (como el GDPR). Asimismo, debe ser lo suficientemente flexible para evolucionar con las necesidades del sistema de salud, integrar nuevas tecnologías, y adaptarse a cambios regulatorios futuros.

La arquitectura se compone de seis capas funcionales, cada una con responsabilidades bien definidas, que se interconectan para asegurar un flujo de datos continuo, controlado y útil para todos los actores del sistema de salud.

#### *Capa de Captura de Datos*

Esta capa es la base del sistema. Aquí se integra toda la información generada en los diferentes puntos de contacto donde los pacientes reciben atención. Esto incluye hospitales, clínicas, centros de salud, laboratorios, farmacias, servicios de urgencia, plataformas de telemedicina, aplicaciones móviles de salud y dispositivos wearables (como relojes inteligentes). Para asegurar la coherencia en la captura de datos, esta capa debe seguir estándares internacionales que garanticen la interoperabilidad, tanto semántica como estructural. Algunos de estos estándares incluyen HL7 y FHIR para la integración de sistemas de información médica (HIS, EMR), SNOMED-CT para una codificación clínica estandarizada, DICOM para gestionar imágenes médicas (rayos X, resonancias, etc.), y OMOP para estructurar datos con fines de investigación y estudios poblacionales.

Además, esta capa debe contar con interfaces fáciles de usar, formularios digitales, captura automática de signos vitales y un proceso claro para el registro de consentimientos informados; un correcto diseño en esta capa reduce errores de ingreso, mejora la calidad de los datos desde el origen y habilita su reutilización para múltiples fines.

#### *Capa de Integración Nacional*

Una vez que los datos se capturan, deben ser integrados en un sistema nacional que los coordine. Esta capa actúa como el núcleo técnico de la arquitectura,

funcionando como un Bus de Servicios de Salud (ESB-Enterprise Service Bus). Aquí se interconectan todos los centros médicos del país a través de servicios web y APIs estandarizadas. Cada paciente tendría un Identificador Único Nacional (Master Patient Index, MPI) para garantizar que su información se consolide correctamente, sin importar el proveedor de salud que lo atienda. Este identificador estaría respaldado por tecnologías seguras, como biometría o claves digitales, para evitar duplicaciones o errores.

También es responsable de gestionar la transferencia, transformación y validación de los datos entre diferentes plataformas, asegurando que los datos se mantengan consistentes y estén disponibles en tiempo real, con alta disponibilidad. Esta capa debe ser gobernada por un organismo nacional especializado como Ministerio de Salud o una entidad técnica delegada que garantice su neutralidad, disponibilidad y evolución constante.

### *Capa de Almacenamiento y Gobernanza*

Corresponde al almacenamiento estructurado de la información dentro de una arquitectura de *data lakehouse*<sup>8</sup>, esta arquitectura permite almacenar grandes volúmenes de datos en bruto y al mismo tiempo ofrece capacidades de gestión, estructuración y consulta avanzada. Todo esto se implementa en la nube, bajo estrictas políticas de seguridad, gobernanza y cumplimiento normativo. Su propósito principal es ofrecer una infraestructura escalable y resistente que permita conservar grandes volúmenes de datos provenientes de distintas fuentes del sistema de salud, organizándolos de manera que puedan ser utilizados tanto para operaciones clínicas como para análisis avanzados. Los datos deben clasificarse según su dominio (clínicos, administrativos, sociales, ambientales, entre otros) y almacenarse tanto en su forma original como las versiones transformadas y preparadas para consultas analíticas específicas.

En esta capa se implementan los principios fundamentales de gobernanza de datos, que aseguran un uso ético, seguro y eficiente de la información. Es indispensable contar con una definición clara de roles y

permisos, donde el acceso esté basado en niveles jerárquicos y funciones específicas dentro del ecosistema de salud. Además, cada interacción con los datos debe quedar registrada mediante mecanismos de auditoría robustos, que garanticen la trazabilidad y permitan detectar usos indebidos o accesos no autorizados.

También se deben establecer políticas explícitas para la conservación, expiración y eliminación segura de la información, conforme a los requerimientos legales y operativos. Los mecanismos de protección de datos incluyen técnicas de anonimización, seudonimización y cifrado, que aseguran la privacidad de los pacientes incluso cuando los datos se utilicen con fines secundarios como investigación o desarrollo de inteligencia artificial. Esta capa debe operar en conformidad con los marcos legales de protección de datos, tanto nacionales como internacionales, incluyendo la Ley 8968 y el Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea (GDPR).

La existencia de este repositorio centralizado permitirá construir una visión completa del paciente, integrando eventos de salud a lo largo del tiempo y generando una base sólida para el diseño de políticas públicas, el monitoreo de indicadores sanitarios y la generación de nuevo conocimiento a partir de datos confiables y bien gobernados.

### *Capa de Limpieza y Manipulación de Datos*

Esta capa tiene como objetivo transformar los datos capturados en activos analíticos utilizables, respetando siempre la privacidad y la confidencialidad del paciente. A través de procesos automatizados y la aplicación de reglas de negocio definidas, los datos son preparados para su uso en distintas aplicaciones, desde reportes operativos hasta modelos avanzados de inteligencia artificial. El tratamiento adecuado de los datos en esta etapa es fundamental para asegurar su calidad, coherencia y relevancia.

Entre los principales procesos que se ejecutan en esta capa se encuentra la identificación y corrección de datos nulos o erróneos, así como la imputación de valores faltantes cuando esta acción es estadísticamente válida y no compromete la veracidad del análisis.

<sup>8</sup> Un data lakehouse es una arquitectura moderna que combina lo mejor de un data lake (almacenamiento flexible y económico de grandes volúmenes de datos crudos) con las capacidades de un data warehouse (procesamiento estructurado y análisis avanzado). Permite almacenar datos estructurados y no estructurados en un mismo lugar, con soporte para análisis en tiempo real, gobernanza de datos y consultas eficientes.

También se lleva a cabo la normalización de unidades de medida y la estandarización de estructuras de codificación, garantizando la comparabilidad de la información proveniente de diferentes fuentes. En paralelo, se implementa la anonimización selectiva de los datos, según el tipo de análisis a realizar; por ejemplo, el entrenamiento de modelos de inteligencia artificial requiere distintos niveles de anonimización en comparación con la visualización clínica directa.

### *Capa de Acceso y Visualización*

La utilidad de toda la arquitectura de datos en salud radica en su capacidad para ser comprendida y utilizada eficazmente por los distintos actores del ecosistema. Esta capa se constituye en proporcionar las interfaces necesarias como portales web, aplicaciones móviles y herramientas de visualización adaptadas a los requerimientos específicos de cada grupo de usuarios. Para los pacientes, se habilitan funcionalidades como la consulta de su historia clínica consolidada, visualización de resultados de exámenes, agendamiento de citas, gestión de recetas médicas y el control sobre el consentimiento para el uso de sus datos. Estas herramientas deben promover la autonomía del paciente y facilitar su participación activa en el cuidado de su salud. Para los profesionales de salud, se ofrecen tableros clínicos personalizados, alertas automatizadas, acceso a la historia médica integrada y seguimiento de la evolución del paciente, todo ello diseñado para apoyar una toma de decisiones informada y en tiempo real.

Asimismo, los investigadores podrán acceder a conjuntos de datos previamente anonimizados, con opciones de filtrado y herramientas de consulta avanzada que respeten los criterios éticos y legales de uso de datos sensibles. Las autoridades, por su parte, dispondrán de paneles de monitoreo poblacional, alertas epidemiológicas y recursos para la planificación y gestión estratégica del sistema de salud. Todos los accesos a esta capa deben estar rigurosamente gobernados mediante mecanismos de autorización por roles, trazabilidad de actividades y auditorías periódicas que aseguren la transparencia y el uso legítimo de la información. La implementación de plataformas tecnológicas responsivas, con visualización en tiempo real de indicadores clave de salud, es esencial para garantizar que esta capa

no solo sea funcional, sino también accesible y eficiente para todos los usuarios que dependen de ella.

### *Capa Analítica y de Inteligencia Artificial*

Por último, la capa analítica e inteligencia artificial es la encargada de transformar los datos procesados en conocimiento accionable que potencie la toma de decisiones clínicas, administrativas y estratégicas. A través del uso de modelos estadísticos, algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*) y sistemas expertos, esta capa permite a los hospitales anticipar riesgos clínicos como readmisiones, complicaciones o brotes epidemiológicos; optimizar la asignación de recursos y la planificación de la atención; personalizar tratamientos con base en el perfil y evolución del paciente; identificar brechas en el acceso a los servicios de salud relacionadas con determinantes sociales; y evaluar el impacto real de políticas públicas o intervenciones médicas en la población.

Para operar con responsabilidad, esta capa debe contar con entornos seguros, aislados y sujetos a auditorías constantes, en los cuales se ejecuten los modelos con trazabilidad y supervisión. Es indispensable establecer protocolos formales para la validación ética y técnica de los algoritmos, que incluyan evaluaciones de precisión, detección de sesgos y análisis de posibles errores de generalización. Además, desde esta capa se habilitan los *Clinical Decision Support Systems* (CDSS), que actúan como asistentes inteligentes para el personal médico, ofreciendo recomendaciones personalizadas en tiempo real basadas en evidencia y en el análisis profundo de los datos clínicos. Esta capa representa el cierre del ciclo de valor de la arquitectura, donde la información procesada regresa al sistema de salud convertida en conocimiento útil para mejorar continuamente la atención, la equidad y la eficiencia.

### **Plan de Implementación Progresiva**

La implementación de una Arquitectura Nacional de Datos en Salud en Costa Rica no puede ni debe ser entendida como un proceso inmediato o puramente tecnológico. Se trata de una transformación estructural, regulatoria y cultural del sistema de salud, que requiere una ejecución por fases, alineada con prioridades nacionales, capacidades institucionales y recursos disponibles. Para que esta arquitectura sea efectiva,

sostenible y adoptada por todos los actores del ecosistema, debe construirse sobre un plan estratégico de mediano y largo plazo, con metas claras, acciones alcanzables y mecanismos de monitoreo continuo. Este plan podría dividirse en cuatro fases principales.

La primera fase es preparatoria e incluye el diseño de la gobernanza del proyecto, la definición del modelo de financiamiento y la conformación de equipos técnicos entre instituciones. También abarca un diagnóstico nacional de madurez digital en salud, con el fin de identificar brechas en infraestructura, talento humano y normativas. Después de esto, la segunda fase es de estandarización e interoperabilidad inicial, en la cual se desarrollan y adoptan los estándares de datos clínicos, se implementan pilotos en instituciones líderes (como la Caja Costarricense de Seguro Social y hospitales privados acreditados), y se establecen los primeros conectores nacionales de intercambio de información. La tercera fase es de expansión y consolidación, en la cual se conectan progresivamente más centros de salud al ecosistema, se optimiza la integración de datos de fuentes no clínicas (sociales, ambientales, genómicas, etc.) y se despliegan capas de análisis, visualización y soporte a decisiones clínicas. Finalmente, la cuarta fase es de madurez, cuando la plataforma opera a escala nacional, con una infraestructura sólida, interoperabilidad plena, gobernanza ética y mecanismos de innovación continua que incorporen nuevas tecnologías conforme vayan madurando.

El camino hacia esta arquitectura enfrenta desafíos reales: resistencias institucionales al cambio, desigualdad en el acceso a tecnologías, brechas en habilidades digitales del personal de salud, ausencia de cultura de datos, y la necesidad de fortalecer los marcos legales existentes para habilitar el uso ético y seguro de la información clínica. También será clave contar con un modelo de financiamiento mixto, que combine inversión pública, cooperación internacional y participación del sector privado en condiciones que aseguren la sostenibilidad sin comprometer la neutralidad ni la seguridad del sistema. El éxito del plan depende, en última instancia, del compromiso político, la participación activa de todos los sectores y la voluntad de construir una visión compartida del futuro digital de la salud en Costa Rica.

Los beneficios esperados de una implementación exitosa son transformadores. Una arquitectura nacional bien diseñada y operativa permitirá contar con un sistema de salud más eficiente, equitativo y centrado en la persona. Reducirá los errores médicos, mejorará la continuidad de la atención, habilitará respuestas más ágiles ante crisis sanitarias, facilitará una investigación científica de alto nivel y ofrecerá herramientas para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia. Costa Rica podría posicionarse como líder regional en salud digital, demostrando que es posible usar los datos clínicos de forma ética, segura y útil para mejorar la vida de las personas.

## CONCLUSIONES

Este trabajo analizó las oportunidades y desafíos que enfrenta Costa Rica en su camino hacia una medicina personalizada basada en datos. A partir de un diagnóstico del estado actual del sistema, se propuso una Arquitectura Nacional de Datos en Salud compuesta por seis capas funcionales, cuyo objetivo es transformar los datos clínicos en conocimiento confiable y accionable para la toma de decisiones clínicas. La propuesta se fundamenta en principios de interoperabilidad, gobernanza, seguridad y ética, y busca consolidar una infraestructura digital centrada en el paciente.

Los hallazgos reflejan avances importantes impulsados por la Estrategia Nacional de Salud Digital 2023-2027, como la implementación de la receta digital de antimicrobianos, la adopción de guías técnicas como CORE HL7, y la capacitación especializada en inteligencia artificial, interoperabilidad y ciberseguridad. Asimismo, instrumentos como el Plan Nacional de Calidad y el Plan Nacional de Recursos Humanos en Salud fortalecen el marco operativo para una atención más eficiente, equitativa e interconectada.

No obstante, aún existen limitaciones críticas que amenazan con desacelerar o desarticular estos esfuerzos. La fragmentación de los datos clínicos, la falta de una arquitectura interoperable a nivel nacional y la ausencia de normativas específicas dificultan la consolidación de un ecosistema de salud digital seguro, ético y efectivo. A pesar de contar con una legislación avanzada como la Ley N.º 8968, aún existen brechas en

comparación con estándares internacionales como el RGPD europeo o la HIPAA estadounidense.

Frente a este panorama, la arquitectura propuesta representa una hoja de ruta viable y estratégica para alinear esfuerzos técnicos, clínicos e institucionales. Su implementación debe ir acompañada de estudios cuantitativos rigurosos que permitan medir su impacto clínico, económico e institucional, así como de pilotos controlados en poblaciones específicas antes de su escalamiento nacional. Además, se recomienda fortalecer el marco normativo nacional e integrar activamente a los distintos actores del ecosistema: el Estado,

la Caja Costarricense de Seguro Social, el sector privado, la academia y la sociedad civil.

La transformación digital del sistema de salud no debe entenderse únicamente como un proceso tecnológico, sino como un cambio profundo en la forma de concebir y ejercer el derecho a la salud en el siglo XXI. Costa Rica se encuentra en una posición privilegiada para liderar este proceso en América Latina. Si logra consolidar una arquitectura interoperable, una gobernanza robusta y una visión ética del uso de los datos, podrá ofrecer una atención médica que sea no solo más precisa, sino también más humana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Española de Protección de Datos. (2023). *Designación de un delegado de protección de datos*. <https://www.aepd.es/derechos-y-deberes/cumple-tus-deberes/medidas-de-cumplimiento/designacion-delegado-proteccion-datos>
- Agencia Española de Protección de Datos. (2023). *Evaluación de impacto*. <https://www.aepd.es/preguntas-frecuentes/2-rgpd/10-evaluacion-de-impacto>
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2011). *Ley N.º 8968: Ley de Protección de la Persona frente al Tratamiento de sus Datos Personales*. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=70975&nValor3=85989&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=70975&nValor3=85989&strTipM=TC)
- Avila-Tomás, J. F., Mayer-Pujadas, M. A., y Quesada-Varela, V. J. (2020). La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina I: introducción, antecedentes a la IA y robótica. *Atención Primaria*, 52(10), 656-662. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.03.005PMC>
- Avila-Tomás, J. F., Mayer-Pujadas, M. A., y Quesada-Varela, V. J. (2020). La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: aplicaciones clínicas y consideraciones éticas. *Atención Primaria*, 52(11), 663-669. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.03.006>
- Colegio Oficial de Médicos de A Coruña. (2023). *La IA en el ámbito sanitario: hacia una medicina más predictiva y personalizada*. <https://comc-es.org/la-ia-en-el-ambito-sanitario-hacia-una-medicina-mas-predictiva-y-personalizada/>
- CUN. (2023). *Somos medicina de precisión, medicina personalizada*. *Clínica Universidad de Navarra*. <http://www.noticias.cun.es/paginas-revista/118-somos-medicina-de-precision-medicina-personalizada/>
- datos.gob.es. (2024, 20 de agosto). *IMPACT-Data, integración de datos médicos para impulsar la medicina de precisión*. <https://datos.gob.es/es/blog/impact-data-integracion-de-datos-medicos-para-impulsar-la-medicina-de-precision>
- Diariofarma. (2025). La medicina personalizada, clave para asegurar una atención sanitaria más eficiente y equitativa. *Diariofarma*. <https://diariofarma.com/2025/05/06/la-medicina-personalizada-clave-para-asegurar-una-atencion-sanitaria-mas-eficiente-y-equitativa>
- Díaz, R. (2023). La medicina personalizada: una visión desde la ética. *Cuadernos de Bioética*, 34(2), 123-130. <https://cdp.editorial-bercal.es/index.php/cuadernos/article/view/58/51>
- EBSCO. (s.f.). *Personalized Medicine*. EBSCO Research Starters. <https://www.ebsco.com/research-starters/health-and-medicine/personalized-medicine>
- eCQI Resource Center. (2024). *FHIR® - Fast Healthcare Interoperability Resources*. [https://ecqi.healthit.gov/fhir?qt-tabs\\_fhir=about](https://ecqi.healthit.gov/fhir?qt-tabs_fhir=about)
- eCQI Resource Center. (2024). *Health Level Seven International® (HL7®)*. <https://ecqi.healthit.gov/glossary/health-level-seven-international%C2%AE-hl7%C2%AE>
- El País. (2025, mayo 7). Primero el coronavirus y ahora el cáncer: la tecnología empleada para las nuevas vacunas oncológicas. *El País*. <https://elpais.com/proyecto-tendencias/2025-05-07/primero-el-coronarivirus-y-ahora-el-cancer-la-tecnologia-empleada-para-las-nuevas-vacunas-oncologicas.html>

- Fernández, J. (2023). *El proyecto del genoma humano*. Farma Leaders Talento. <https://www.farmaleaderstalent.com/blog/el-proyecto-del-genoma-humano>
- Foundation for the National Institutes of Health. (2025). *Observational Medical Outcomes Partnership (OMOP)*. <https://fnih.org/observational-medical-outcomes-partnership-omop/>
- FutureProofing Healthcare. (s.f.). *Costa Rica - Índice de Medicina Personalizada*. FutureProofing Healthcare. <https://futureproofinghealthcare.com/es/costa-rica-indice-de-medicina-personalizada>
- García, C. (2023). Revisión bibliográfica - Salud digital y COVID-19. *NPunto*, 3(30), 10-18. Recuperado de <https://www.npunto.es/revista/30/revision-bibliografica-salud-digital-y-covid-19>
- gdpr-info.eu. (2018). *General Data Protection Regulation (GDPR) – Legal Text*. <https://gdpr-info.eu/>
- González, J. (2023). *La medicina personalizada: diagnósticos y tratamientos a medida*. Universitat Oberta de Catalunya. <https://www.uoc.edu/es/news/2025/la-revolucion-de-la-medicina-personalizada>
- González, M. (2023). *Medicina personalizada y su impacto en la medicina preventiva, de precisión y regenerativa*. SESAP. <https://sesap.eu/medicina-personalizada-y-su-impacto-en-la-medicina-preventiva-de-precision-y-regenerativa/>
- González, R. (2023). Ética de la medicina de precisión o personalizada: posibilidades y precauciones. *Labor Hospitalaria*, 47(3), 45-52. <https://www.laborhospitalaria.com/etica-de-la-medicina-de-precision-o-personalizada-posibilidades-y-precauciones/>
- Health Data Consortium. (2025). *Health Data Consortium*. <https://healthdataconsortium.org/>
- Immediate Hospitalario. (2024). *El Hospital La Paz mantiene su apuesta por la inteligencia artificial*. <https://www.immedicohospitalario.es/noticia/46002/el-hospital-la-paz-mantiene-su-apuesta-por-la-inteligencia-artificial.html>
- Instituto Roche. (2023). *Medicina personalizada de precisión en España: mapa de CCAA*. Instituto Roche. [https://www.instituto-roche.es/static/pdfs/MPP\\_EN\\_ESPANA\\_MAPA\\_DE\\_CCAA.pdf](https://www.instituto-roche.es/static/pdfs/MPP_EN_ESPANA_MAPA_DE_CCAA.pdf)
- Instituto Roche. (2024). *El valor de la Medicina Personalizada de Precisión en la sostenibilidad y eficiencia del sistema sanitario*. Instituto Roche. [https://www.instituto-roche.es/recursos/publicaciones/221/El\\_valor\\_de\\_la\\_Medicina\\_Personalizada\\_de\\_Precision\\_en\\_la\\_sostenibilidad\\_y\\_eficiencia\\_del\\_sistema\\_sanitario](https://www.instituto-roche.es/recursos/publicaciones/221/El_valor_de_la_Medicina_Personalizada_de_Precision_en_la_sostenibilidad_y_eficiencia_del_sistema_sanitario)
- López, M. (2023). La medicina personalizada: estado actual. *Revista Indexia*, (9), 15-22. <https://revistaindexia.com/wp-content/uploads/2024/09/la-medicina-de-precision-estado-actual.pdf>
- Martínez, A. (2025). *El futuro de la medicina personalizada: cómo se adaptará a nuestras necesidades individuales*. Okdiario. <https://okdiario.com/ciencia/futuro-medicina-personalizada-como-adaptara-nuestras-necesidades-individuales-12200834>
- Martínez, L. (2023). *Medicina personalizada: el futuro de tratamientos adaptados*. Eurofarma Chile. <https://www.eurofarma.cl/articulos/medicina-personalizada-el-futuro-tratamientos-adaptados>
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2023). *Estrategia Nacional de Salud Digital de Costa Rica*. Ministerio de Salud. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos-ministerio-de-salud/ministerio-de-salud/salud-digital/hoja-de-ruta-salud-digital/6765-estrategia-nacional-de-salud-digital-de-costa-rica/file>
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2025). *Ministerio de Salud presenta importantes avances en salud digital*. Ministerio de Salud. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/prensa/62-noticias-2025/2133-ministerio-de-salud-presenta-importantes-avances-en-salud-digital>
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2025). *Ministerio de Salud presenta importantes avances en salud digital*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/prensa/62-noticias-2025/2133-ministerio-de-salud-presenta-importantes-avances-en-salud-digital>
- Monteagudo, J. L., y Muñoz, A. (2020). Serie UNE-EN ISO 13606, referente en la comunicación de la información clínica. *Revista de la Normalización Española*, (28), 21-26. <https://revista.une.org/28/serie-une-en-iso-13606-referente-en-la-comunicacion-de-la-in.html>
- Organización Panamericana de la Salud. (2023). *OPS continúa apoyando al Ministerio de Salud de Costa Rica en su proceso de transformación digital*. OPS. <https://www.paho.org/en/node/94063>
- Organización Panamericana de la Salud. (2025, enero 7). *Costa Rica cuenta con 2 nuevos planes para mejorar la atención en los servicios de salud*. OPS. <https://www.paho.org/es/noticias/7-1-2025-costa-rica-cuenta-con-2-nuevos-planes-para-mejorar-atencion-servicios-salud>
- Protección Datos LOPD. (s.f.). *Accountability o principio de responsabilidad proactiva*. <https://protecciondatos-lopd.com/empresas/accountability-principio-responsabilidad-proactiva/>

- Pérez Herrera, J. de M. (2018). El genoma humano: Estudios y repercusiones. En M. de J. Medina Arellano, G. A. Figueroa Mejía & P. Capdevielle (Coords.), *Bioética y decisiones judiciales* (pp. 223-236). Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/10/4734/12.pdf>
- Red Amgen. (2024). *La inteligencia artificial puede reducir el tiempo de espera de un paciente para una cama*. <https://www.redamgen.com/actualidad/la-inteligencia-artificial-puede-reducir-el-tiempo-de-espera-de-un-paciente-para-una-cama>
- Rodríguez, L. (2023). *La medicina de precisión basada en big data*. Lukkit. Recuperado de <https://www.lukkit.com/articulo/la-medicina-de-precision-basada-en-big-data/>
- SciELO. (2009). Heterogeneidad genética de los pacientes. *Revista de la Facultad de Medicina*, 57(3). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-95342009000300010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342009000300010)
- SNOMED International. (2025). *SNOMED International*. <https://www.snomed.org/>
- Sánchez, M. (2024). *Medicina personalizada: el futuro de la atención médica*. Inesalud. Recuperado de <https://www.inesalud.com/actualidad-sanitaria/investigacion/biotecnologia-y-salud>
- Sánchez, P. (2023). Contribución de la medicina personalizada de precisión a la sostenibilidad y eficiencia del sistema sanitario. *Gaceta Médica*. <https://gacetamedica.com/opinion/tribunas/contribucion-de-la-medicina-personalizada-de-precision-a-la-sostenibilidad-y-eficiencia-del-sistema-sanitario/>
- U.S. Centers for Disease Control and Prevention. (2023). *Health Insurance Portability and Accountability Act of 1996 (HIPAA)*. <https://www.cdc.gov/phlp/php/resources/health-insurance-portability-and-accountability-act-of-1996-hipaa.html>
- U.S. National Institutes of Health – All of Us Research Program. (2025). *All of Us*. <https://www.aapa.org/es/research/all-of-us/>
- Universidad de Costa Rica. (2024). *Más de 180 personas del Ministerio de Salud fueron capacitadas por la UCR en salud digital*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2024/2/05/mas-de-180-personas-del-ministerio-de-salud-fueron-capacitadas-por-la-ucr-en-salud-digital.html>
- Universidad Pública de Navarra. (2023). *Observatorio de Investigación: Medicina personalizada*. UPNA. <https://observatorio-investigacion.unavarra.es/documentos/66464d065ba6ba1938953ef2>
- Unión Médica. (2024). *Conózanos*. <https://www.unionmedica.com/conozcanos/>



# LA GEOPOLÍTICA DE LOS MICROPLÁSTICOS EN LA ANTÁRTIDA: IMPLICACIONES AMBIENTALES, CIENTÍFICAS Y ESTRATÉGICAS EN UN CONTINENTE VULNERABLE

Recibido: 5 mayo, 2025 • Revisado: 14 de junio, 2025 • 27 de junio, 2025

José Vega-Baudrit,  
Montserrat Vargas Solórzano,  
Cynthia Cordero,  
Allan Campos y Armando Rojas

## RESUMEN

La contaminación por microplásticos en la Antártida constituye no solo un desafío ambiental emergente, sino también un factor clave en las dinámicas geopolíticas globales. Este estudio analiza cómo la presencia de microplásticos en el continente antártico, lejos de ser un problema exclusivamente ecológico, incide en la cooperación y la competencia entre los países firmantes del Tratado Antártico. A partir de una revisión de literatura científica y política, se abordan las fuentes y la distribución de estos contaminantes en la región, sus implicaciones ambientales y su papel estratégico en la gobernanza internacional.

El estudio revela que la Antártida se ha convertido en un punto focal para la proyección de poder blando (soft-power), con países como China y Estados Unidos aumentando su presencia científica en la región, en parte bajo el argumento de investigar la contaminación plástica. Además, el problema de los microplásticos está generando nuevas tensiones en la administración del Tratado Antártico, particularmente en lo relativo a la responsabilidad de mitigación y financiamiento de estudios científicos.

**Palabras clave:** Microplásticos, Antártida, Geopolítica ambiental, Gobernanza internacional, Diplomacia científica.

## ABSTRACT

Microplastic pollution in Antarctica is an emerging environmental challenge and has become a key factor in global geopolitical dynamics. This study examines how the presence of microplastics on the Antarctic continent, far from being merely an ecological issue, influences both cooperation and competition among the signatory countries of the Antarctic Treaty. Based on a review of scientific and political literature, it explores the sources and distribution of microplastics in the region, their environmental implications, and their strategic relevance within international governance frameworks.

The analysis reveals that Antarctica has become a focal point for soft-power projection, with countries such as China and the United States expanding their scientific presence in the region, partly under the guise of plastic pollution research. In addition, the issue of microplastics is generating new tensions within the administration of the Antarctic Treaty, particularly concerning the responsibility for mitigation and the funding of scientific research.

**Keywords:** Microplastics, Antarctica, Environmental geopolitics, International governance, Science diplomacy.

José Vega Baudrit es Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC CENAT (Costa Rica). Es profesor de LEAD University y de la Universidad Nacional, Escuela de Química.

Monserrat Vargas Solórzano es Diplomática de la Dirección de Política Exterior, Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica.

Cynthia Cordero es investigador Fundación del Centro Nacional de Alta Tecnología FUNCENAT CENAT, CONARE, San José, Costa Rica.

Allan Campos es investigador del Área de Ambiente CENAT CONARE, San José, Costa Rica.

Armando Rojas es Coordinador del Observatorio de Diplomacia Científica del CeNAT/CONARE y profesor del curso Economía Política Internacional de la Escuela de Administración Pública de la UCR. Tiene un MBA de la Universidad de Ottawa y es egresado de Economía de la UCR.

## INTRODUCCIÓN

La Antártida ha sido históricamente percibida como un símbolo de pureza ecológica y aislamiento extremo. Sin embargo, investigaciones recientes han confirmado que ni siquiera este remoto continente está exento de la penetración global de la contaminación por plásticos (Figura 1).



Microplásticos –fragmentos menores a 5 mm derivados de fuentes primarias y secundarias (Frias y Nash, 2019; Thompson *et al.*, 2004)– han sido hallados en aguas superficiales, sedimentos, hielo marino y organismos clave como el kril y los pingüinos (Reed *et al.*, 2018; Bessa *et al.*, 2019), revelando una crisis silenciosa pero significativa.

Este artículo analiza la contaminación por microplásticos en la Antártida desde un enfoque multidisciplinario, integrando ciencia ambiental, diplomacia, gobernanza internacional y geopolítica polar. La evidencia disponible demuestra que esta problemática no puede entenderse únicamente desde una óptica ecológica: su dimensión política y estratégica se manifiesta en la creciente competencia científica por el control de la narrativa ambiental y la ocupación de espacios simbólicos dentro del sistema del Tratado Antártico (Chown y Brooks, 2019).

La naturaleza transnacional de los microplásticos –transportados por corrientes oceánicas, deposición atmosférica o actividades humanas en bases científicas (Figura 1)– subraya la urgencia de articular respuestas colectivas. Iniciativas como el programa NUTEC Plastics del OIEA (Nuclear Technology for Controlling Plastic Pollution, Organismo Internacional de Energía Atómica), que combina técnicas nucleares para el monitoreo marino con diplomacia científica internacional, revelan el interés de múltiples países por capitalizar el tema en espacios de gobernanza ambiental global (McDonald y Yusuf, 2024, OIEA).

A partir de una revisión exhaustiva de literatura científica y normativa internacional, este estudio propone que la Antártida representa un laboratorio geopolítico del siglo XXI, donde la lucha contra los microplásticos se ha convertido tanto en un imperativo ambiental como en una herramienta de proyección de poder blando. En este contexto, se analizan las fuentes y rutas de entrada de microplásticos en la región, su impacto en los ecosistemas y cadenas tróficas antárticas, las tensiones emergentes en el sistema del Tratado Antártico, y la reciente incorporación de actores no tradicionales –como Costa Rica– al régimen polar internacional. Este artículo tiene como objetivo analizar la contaminación por microplásticos en la Antártida desde una perspectiva multidisciplinaria, evaluando sus implicaciones ecológicas, políticas y estratégicas.

## ASPECTOS CIENTÍFICOS

Los métodos para detectar microplásticos en ambientes polares varían en su enfoque y precisión, desde técnicas de fluorescencia y espectroscopía Raman hasta métodos de infrarrojo y microscopía óptica. Cada técnica tiene sus ventajas y limitaciones, pero en conjunto, ofrecen un conjunto robusto de herramientas para la identificación y cuantificación de microplásticos en estos entornos complejos.

## DEFINICIÓN DE MICROPLÁSTICO

Los microplásticos son pequeñas partículas de plástico que se han convertido en un problema ambiental significativo debido a su ubicuidad y persistencia en diversos entornos (Figura 2). Aunque no existe una definición universalmente aceptada, generalmente se

consideran microplásticos a las partículas de plástico con un tamaño inferior a 5 mm (Frias y Nash, 2019; Elizalde-Velázquez y Gómez-Oliván, 2021; Padervand *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020, Thompson *et al.*, 2004). En la tabla 1 se observan algunos temas de interés vinculados al estudio de los microplásticos y nanoplásticos y su impacto en la sociedad.

FIGURA 2. MICROPLÁSTICO EN LA ARENA DE UNA PLAYA Y EN EL OCÉANO

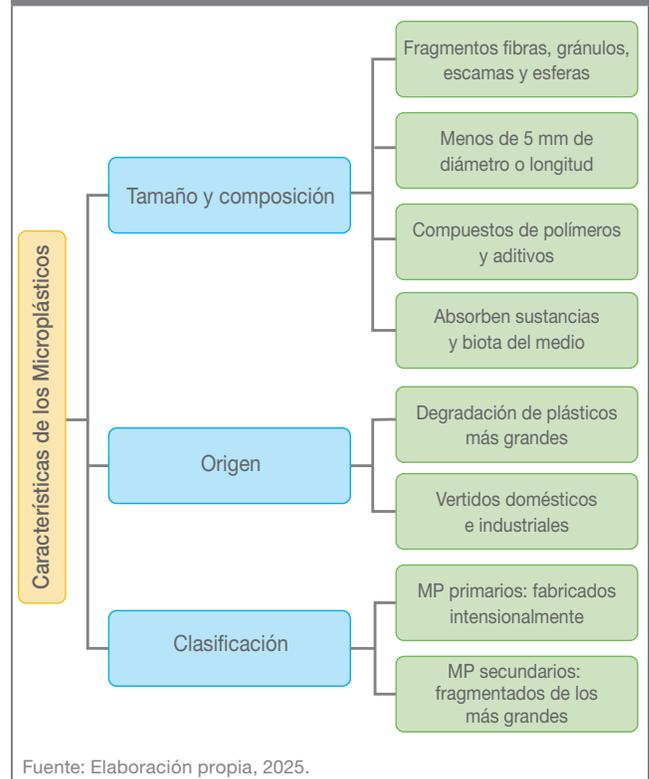


Fuente: Imagen propia IA.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPLÁSTICOS

- **Tamaño y composición:** Los microplásticos son fragmentos, fibras, gránulos, escamas y esferas con un diámetro o longitud menor a 5 mm. Están compuestos por una variedad de polímeros y aditivos que pueden absorber sustancias del entorno (Elizalde-Velázquez y Gómez-Oliván, 2021; Padervand *et al.*, 2020; Andrady, 2017). En la figura 2 se muestra las principales características de los microplásticos.
- **Origen:** Se originan principalmente de la degradación de plásticos más grandes o a través de vertidos domésticos e industriales. Se clasifican en microplásticos primarios, que son fabricados intencionalmente en tamaños pequeños, y secundarios, que resultan de la fragmentación de plásticos más grandes (Issac & Kandasubramanian, 2021; Andrady, 2017). En la figura 3 se muestra las principales características de los microplásticos.

FIGURA 3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPLÁSTICOS



Fuente: Elaboración propia, 2025.

TABLA 1. ALGUNOS TEMAS DE INTERÉS VINCULADOS A LOS MICRO Y NANOPLÁSTICOS Y SUS RESPECTIVAS REFERENCIAS

Referencias bibliográficas	Tema
Waller, C. L., Griffiths, H. J., Waluda, C. M., Thorpe, S. E., Loaiza, I., Moreno, B., Pacherras, C. O., & Hughes, K. A. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. <i>Science of The Total Environment</i> , 598, 220-27. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283</a>	Distribución y detección de microplásticos en el ecosistema antártico
Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., Tekman, M. B., Trachsel, J., & Gerdts, G. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. <i>Science advances</i> , 5(8), eaax1157. <a href="https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157">https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157</a>	Fuentes y rutas de transporte de microplásticos a regiones polares
Dawson, A. L., Kawaguchi, S., King, C. K., Townsend, K. A., King, R., Huston, W. M., & Bengtson Nash, S. M. (2018). Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill. <i>Nature Communications</i> , 9(1), 1-8. <a href="https://doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9">https://doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9</a>	Impacto de microplásticos en el kril antártico y la red trófica
Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehemann, L., & Gerdts, G. (2018). Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. <i>Nature Communications</i> , 9(1), 1-12. <a href="https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5">https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5</a>	Función del hielo marino como reservorio temporal de microplásticos
Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. <i>Nature Geoscience</i> , 12(5), 339-344. <a href="https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5">https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5</a>	Depósito atmosférico de microplásticos en la Antártida
Munari, C., Infantini, V., Scoponi, M., Rastelli, E., Corinaldesi, C., & Mistri, M. (2017). Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). <i>Marine pollution bulletin</i> , 122(1-2), 161-165. <a href="https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039">https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039</a>	Acumulación de microplásticos en sedimentos antárticos
Chown, S. L., Clarke, A., Fraser, C. I., Cary, S. C., Moon, K. L., & McGeoch, M. A. (2015). The changing form of Antarctic biodiversity. <i>Nature</i> , 522(7557), 431-438. <a href="https://doi.org/10.1038/nature14505">https://doi.org/10.1038/nature14505</a>	Efectos de microplásticos en la biodiversidad marina antártica
Hughes, K. A., & Convey, P. (2020). Implications of the COVID-19 pandemic for Antarctica. <i>Antarctic Science</i> , 32(6), 426-439. <a href="https://doi.org/10.1017/S095410202000053X">https://doi.org/10.1017/S095410202000053X</a>	Geopolítica y ciencia ambiental en la Antártida
Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., & Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. <i>Earth's Future</i> , 2(6), 315-320. <a href="https://doi.org/10.1002/2014EF000240">https://doi.org/10.1002/2014EF000240</a>	Microplásticos en el hielo marino antártico
Rintoul, S. R., Chown, S. L., DeConto, R. M., England, M. H., Fricker, H. A., Naish, T. R., Siegert, M. J., & Xavier, J. C. (2018). Choosing the future of Antarctica. <i>Nature</i> , 558(7709), 233-241. <a href="https://doi.org/10.1038/s41586-018-0173-4">https://doi.org/10.1038/s41586-018-0173-4</a>	Cambio climático y microplásticos en ecosistemas antárticos
Bessa, F., Ratcliffe, N., Otero, V., Sobral, P., Marques, J. C., Waluda, C. M., Trathan, P. N., & Xavier, J. C. (2019). Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. <i>Scientific Reports</i> , 9(1), 1-7. <a href="https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2">https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2</a>	Impacto de microplásticos en pingüinos antárticos
Tin, T., Fleming, Z. L., Hughes, K. A., Ainley, D. G., Convey, P., Moreno, C. A., Pfeiffer, S., Scott, J., Snape, I. (2009). Impacts of local human activities on the Antarctic environment. <i>Antarctic Science</i> , 21(1), 3-33. <a href="https://doi.org/10.1017/S0954102009001722">https://doi.org/10.1017/S0954102009001722</a>	Investigación científica y políticas ambientales en la Antártida
Convey, P., Peck, L. (2019). Antarctic environmental change and biological responses. <i>Sci. Adv.</i> , 5, eaaz0888. <a href="https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888">https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888</a>	Revisión de fuentes, impactos y gobernanza de microplásticos
Brooks, C. M., Ainley, D. G., Abrams, P. A., Dayton, P. K., Hofman, R. J., Jacquet, J., & Siniff, D. B. (2018). Antarctic fisheries: factor climate change into their management. <i>Nature</i> , 558(7709), 177-180. <a href="https://doi.org/10.1038/d41586-018-05372-x">https://doi.org/10.1038/d41586-018-05372-x</a>	Impacto en pesquerías de kril y disputas internacionales
Kennicutt, M. C., Chown, S. L., Cassano, J. J., Liggett, D., Peck, L. S., Massom, R., ... Sutherland, W. J. (2015). A roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond. <i>Antarctic Science</i> , 27(1), 3-18. <a href="https://doi.org/10.1017/S0954102014000674">https://doi.org/10.1017/S0954102014000674</a>	Estrategias de cooperación internacional para mitigar la contaminación
Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. <i>Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)</i> , 185, 352-364. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036">https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036</a>	Perspectivas futuras sobre la contaminación por microplásticos.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

## IMPACTO AMBIENTAL Y EN LA SALUD

- **Distribución y persistencia:** Los microplásticos están presentes en ambientes marinos, de agua dulce, suelos y aire, y pueden ser transportados por el viento y el agua, afectando su distribución espacial (Elizalde-Velázquez y Gómez-Oliván, 2021).
- **Efectos tóxicos:** Pueden acumular contaminantes y actuar como vectores de transporte de sustancias tóxicas, afectando a organismos acuáticos y, a través de la cadena alimentaria, a los humanos (Ziani *et al.*, 2023; Guzzetti *et al.*, 2018; Padervand *et al.*, 2020). Un estudio solicitado en 2019 por la Organización Mundial de Conservación (WWF por sus siglas en inglés) y realizado por la Universidad de Newcastle, Australia, sugiere que las personas consumimos alrededor de 2.000 pequeñas piezas de plástico por semana, equivalente a 5 gramos –el peso aproximado de una tarjeta de crédito. Este hallazgo resulta preocupante, especialmente considerando que aún se desconocen sus efectos en la salud humana (WWF, 2019).

## MÉTODOS DE DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN

Algunos de los métodos para la detección y caracterización de microplásticos incluyen la espectroscopía de infrarrojo y microraman, algunas técnicas avanzadas de cromatografía entre otras (Loder y Gerdts, 2015; Lusher *et al.*, 2015).

- **Fluorescencia:** Utiliza sondas de polaridad como el Nile Red y el pireno para detectar partículas de plástico de baja polaridad en superficies como la sal, sílice y arena. Este método permite la detección y cuantificación de partículas de microplásticos en el rango sub-ppm, aunque su selectividad es relativamente baja (Costa *et al.*, 2021; Maes *et al.*, 2017).
- **Espectroscopía de Infrarrojo por Láser Directo (LDIR):** Este método permite la preconcentración y cuantificación eficiente de microplásticos, determinando el tipo de polímero y tamaño de las partículas con una recuperación del 80-100% para tamaños de 200 a 500  $\mu\text{m}$  (Ourgaud *et al.*, 2022).

- **Espectroscopía Raman Mejorada en Superficie (SERS) y MicroRaman:** Facilita la detección de microplásticos y nanoplásticos, incluso en tamaños menores a 1  $\mu\text{m}$ , utilizando sustratos como Klarite que intensifican la señal Raman (Xu *et al.*, 2020; Lv *et al.*, 2020).
- **Microscopía de Luz Polarizada:** Utilizada para identificar microplásticos en muestras de aguas residuales, este método es sencillo y puede implementarse en cualquier laboratorio analítico. Sin embargo, tiene limitaciones para identificar polímeros no birrefringentes como el PVC (Sierra *et al.*, 2019).
- **Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR):** Un método automatizado que permite la identificación robusta de microplásticos en muestras ambientales, asignando correctamente más del 98% de los microplásticos (Cincinelli *et al.*, 2017; Renner *et al.*, 2019).

## DISTRIBUCIÓN Y FUENTES DE MICROPLÁSTICOS EN LA ANTÁRTIDA

Pese a su lejanía de los principales focos de actividad humana, la Antártida no es inmune a la llegada de microplásticos. Diversos estudios han detectado su presencia en múltiples matrices ambientales: aguas superficiales, sedimentos marinos, hielo marino e incluso en la biota antártica (Waller *et al.*, 2017; Kelly *et al.*, 2020; Obbard *et al.*, 2014). Las vías de ingreso se agrupan en dos grandes categorías: fuentes locales y fuentes remotas. Entre las primeras, se destacan las actividades turísticas, científicas y logísticas, incluyendo el tráfico de embarcaciones, operaciones de investigación y generación de residuos en bases permanentes (Tin *et al.*, 2009).

Las fuentes remotas, por su parte, son responsables de un volumen considerable de ingreso de microplásticos al continente. Estos provienen de regiones industrializadas a través de corrientes oceánicas, hielo a la deriva, y, en particular, la deposición atmosférica. Allen *et al.* (2019) demostraron que partículas plásticas pueden ser transportadas a través de la atmósfera y depositarse en zonas tan remotas como la Antártida, mientras que Bergmann *et al.* (2019) detectaron microplásticos en nieve polar, indicando su dispersión aérea a escala planetaria.

Los modelos de circulación del Océano Austral han revelado que las corrientes marinas transportan partículas desde latitudes medias hasta los márgenes del continente antártico, convirtiendo la región en un sumidero transitorio de estos contaminantes (Isobe *et al.*, 2017; Suaria *et al.*, 2020). A su vez, el hielo marino cumple una doble función: captura partículas durante su formación y las libera durante el deshielo estacional, aumentando así la exposición en ecosistemas marinos vulnerables (Peeken *et al.*, 2018).

En conjunto, estos hallazgos demuestran que la distribución de microplásticos en la Antártida responde a una compleja interacción entre procesos naturales y actividades humanas, tanto locales como globales. Esta dinámica refuerza la necesidad de un enfoque transnacional para su abordaje, reconociendo el carácter interconectado de los sistemas marinos y atmosféricos que convergen en el continente blanco.

## IMPACTOS AMBIENTALES Y CIENTÍFICOS

La presencia de microplásticos en la Antártida no solo representa una amenaza ambiental, sino que plantea también desafíos significativos a nivel diplomático, estratégico y de gobernanza internacional. El sistema del Tratado Antártico, que establece el uso pacífico del continente y promueve la cooperación científica (Secretariat of the Antarctic Treaty, 1959), se enfrenta a nuevas tensiones derivadas del aumento de intereses nacionales, especialmente en torno a los recursos naturales y a la influencia científica regional.

La investigación científica en la Antártida se ha convertido en una herramienta de poder blando. Potencias como China y Estados Unidos utilizan sus programas científicos para justificar su presencia permanente y expandir su capacidad de influencia en las deliberaciones sobre gobernanza polar (Haward *et al.*, 2020). Ambas naciones mantienen al menos cinco estaciones de investigación cada una en el continente, lo cual ilustra su interés estratégico más allá del ámbito puramente académico.

Esta proyección científica está acompañada por una competencia por los recursos vivos, en particular el kril antártico, cuyo valor comercial se ha disparado en la última década. La sobreexplotación, combinada con la contaminación por microplásticos y el cambio climático, amenaza la sostenibilidad de estas

poblaciones y podría detonar disputas entre Estados que dependen de este recurso (Jones-Williams *et al.*, 2020; FAO, 2022). Empresas como Aker BioMarine, que controla aproximadamente el 65% de la producción global de kril, operan desde centros logísticos como Montevideo, lo que evidencia el alcance geoeconómico de estas actividades.

A pesar de que la Antártida está protegida por acuerdos como el Protocolo de Madrid (1991), menos del 5% del continente está clasificado como área marina protegida. Las iniciativas para ampliar esta cobertura han sido bloqueadas por países con intereses pesqueros, como China, Rusia y Noruega, lo que ilustra la fragilidad del consenso multilateral (El País, 2018; BBC, 2025). Esta situación refleja la tensión entre la retórica de conservación y las prioridades extractivas de ciertos Estados.

La contaminación por microplásticos agrava este escenario al introducir un elemento adicional de disputa: la responsabilidad compartida pero diferenciada en la generación, transporte y mitigación de estos contaminantes. Mientras que algunos países promueven tratados globales vinculantes sobre plásticos -como la resolución UNEP/EA.5/Res.14 de la ONU-, otros han mostrado resistencia a asumir compromisos financieros o legales concretos. En este contexto, la Antártida emerge como un termómetro de la voluntad política global frente a la crisis ambiental (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022).

En síntesis, los microplásticos no solo contaminan los ecosistemas antárticos, sino que contaminan también el delicado equilibrio diplomático entre los Estados Parte. Su presencia obliga a repensar los mecanismos de gobernanza existentes y plantea la necesidad de nuevos instrumentos que integren ciencia, equidad y responsabilidad internacional.

## IMPLICACIONES GEOPOLÍTICAS

La magnitud y complejidad de la contaminación por microplásticos en la Antártida requiere respuestas colectivas que trasciendan las capacidades individuales de los Estados Parte del Tratado Antártico. La cooperación internacional es no solo deseable, sino indispensable para enfrentar los múltiples frentes del problema: desde el monitoreo ambiental hasta la generación de acuerdos normativos vinculantes.

El Protocolo de Madrid de 1991, anexo al Tratado Antártico, designa a la Antártida como una reserva natural consagrada a la paz y a la ciencia. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos crecientes, particularmente en materia de fiscalización y mitigación de impactos acumulativos como los derivados de los residuos plásticos (Reed *et al.*, 2018). Actualmente, el sistema no dispone de mecanismos de sanción eficaces frente a la contaminación transfronteriza ni establece parámetros claros sobre la gestión de desechos plásticos generados por bases científicas, operadores turísticos o embarcaciones pesqueras.

La cooperación técnica también enfrenta limitaciones. Aunque se han desarrollado técnicas sofisticadas de detección de microplásticos, como la espectroscopía FTIR automatizada o la fluorescencia con Nile Red (Renner *et al.*, 2019; Maes *et al.*, 2017), su aplicación en ambientes extremos como la Antártida es aún limitada. La falta de protocolos estandarizados para muestreo y análisis impide la comparabilidad de datos entre países, obstaculizando así una evaluación global precisa del problema.

En el plano diplomático, la lucha contra la contaminación plástica ha ganado tracción dentro de foros internacionales. La Resolución UNEP/EA.5/Res.14, adoptada por la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 2022, establece el mandato para negociar un tratado internacional jurídicamente vinculante sobre plásticos, incluyendo aquellos presentes en ambientes marinos. No obstante, su aplicación al contexto antártico está sujeta a debates sobre jurisdicción, responsabilidades y capacidades diferenciadas entre los Estados Parte (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022).

Frente a estos vacíos, han surgido propuestas para fortalecer la gobernanza polar mediante la creación de mecanismos adicionales de cooperación científica, financiamiento de proyectos multilaterales y expansión de las áreas marinas protegidas. Asimismo, el papel de la ciencia ciudadana, las tecnologías de monitoreo remoto y la inteligencia artificial están siendo explorados como herramientas complementarias para el seguimiento continuo de la contaminación plástica.

En este escenario, es urgente repensar la arquitectura institucional del Tratado Antártico para integrar explícitamente la problemática de los microplásticos en sus agendas consultivas. Esto implicaría fortalecer la

cooperación científica multilateral, estandarizar metodologías de evaluación ambiental, e incluir indicadores de contaminación plástica en las auditorías ambientales periódicas.

Finalmente, la cooperación debe contemplar una dimensión inclusiva. Países sin bases permanentes, pero con compromisos ambientales sólidos, como Costa Rica, pueden jugar un rol catalizador en las discusiones internacionales, promoviendo principios de equidad, ciencia abierta y protección de bienes comunes globales. Este enfoque permitiría democratizar la gobernanza polar y posicionar la lucha contra los microplásticos como un esfuerzo colectivo que refleja el compromiso ético con las futuras generaciones y con la integridad del planeta.

## EL TRATADO ANTÁRTICO: MARCO LEGAL Y LA PARTICIPACIÓN DE COSTA RICA

El 1 de diciembre de 1959 en Washington, D.C., doce países, con intereses activos en la Antártica, firmaron el tratado que entró en vigor el 23 de junio de 1961, como el acuerdo internacional que regula las actividades en esta zona y establece un marco legal para la cooperación entre naciones en este continente. Como se indicó, el tratado ha evolucionado hasta convertirse en uno de los instrumentos más significativos para la diplomacia y la protección ambiental a nivel mundial, con la adhesión de 56 países a la fecha (Secretariat of the Antarctic Treaty, 1959).

## PRINCIPALES DISPOSICIONES DEL TRATADO ANTÁRTICO

El Tratado Antártico establece que la Antártida debe utilizarse exclusivamente con fines pacíficos, prohibiendo expresamente la realización de actividades militares, pruebas de armas y el establecimiento de bases con fines militares. Su propósito central es garantizar que el continente permanezca como un espacio de cooperación internacional dedicado a la ciencia y la investigación (Secretariat of the Antarctic Treaty, 1959).

Entre sus disposiciones clave se encuentran:

- **Libre investigación científica (art. 2 y 3):** Se fomenta el intercambio de información y la colaboración en proyectos de investigación de interés global, asegurando que los avances científicos sean compartidos con la comunidad internacional.

- **Suspensión de reclamaciones territoriales (art. 4):** El tratado congela todas las reclamaciones de soberanía territorial en la Antártida, previniendo disputas internacionales y garantizando un uso compartido del continente.
- **Prohibición de explosiones nucleares y eliminación de desechos radiactivos (art. 5):** Se restringen actividades que puedan afectar la estabilidad del ecosistema antártico.
- **Protección del medio ambiente:** A lo largo de los años, el Tratado Antártico ha sido complementado por acuerdos adicionales, como el **Protocolo de Madrid (1991)**, que establece medidas estrictas para la conservación del ecosistema y restringe la explotación de recursos naturales.

## COSTA RICA Y SU ADHESIÓN AL TRATADO ANTÁRTICO

Costa Rica se adhirió al Tratado Antártico el 11 de agosto de 2022, convirtiéndose en el 55° país miembro. Esta adhesión es un reflejo del compromiso del país con la cooperación internacional, la ciencia y la protección del medio ambiente, valores que han caracterizado su política exterior (Secretariat of the Antarctic Treaty, 2022; Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica, 2022).

Si bien Costa Rica no posee territorio en la Antártida ni estaciones de investigación propias en el continente, su incorporación al tratado le otorga la posibilidad de participar activamente en proyectos científicos de relevancia global, en especial en temas relacionados con el cambio climático, la biodiversidad marina y la conservación de los ecosistemas polares. Estos temas son de especial interés para el país, dada su experiencia en la protección de ecosistemas tropicales y marinos.

## COSTA RICA COMO MIEMBRO CONSULTIVO DEL TRATADO

A diferencia de otros países que son solo miembros adherentes, Costa Rica es un miembro consultivo, lo que significa que tiene derecho a participar en las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico (RCTA). Estas reuniones, realizadas anualmente, permiten a los estados miembros discutir y tomar decisiones sobre el manejo del continente antártico, asegurando su

protección y regulando las actividades humanas en la región (Secretariat of the Antarctic Treaty, 2022).

Con esta posición, Costa Rica puede incidir en la formulación de políticas y regulaciones sobre la gestión de la Antártida, asegurando que los principios de sostenibilidad y conservación ambiental sean una prioridad en la gobernanza del continente.

## COMPROMISO CON LA CIENCIA Y LA CONSERVACIÓN

Costa Rica ha manifestado su interés en contribuir a proyectos de investigación en la Antártida mediante colaboraciones con universidades y centros de investigación internacionales. Dada su experiencia en temas de biología marina, protección de áreas naturales y políticas de cambio climático, el país puede aportar significativamente al estudio de los efectos del calentamiento global en los ecosistemas polares y su interconexión con otras regiones del planeta.

Por otro lado, la adhesión de Costa Rica refuerza su imagen internacional como un país comprometido con la conservación y el desarrollo sostenible. Su participación en el Tratado Antártico le permite formar parte de un selecto grupo de naciones que tienen un papel activo en la gobernanza del último continente prístino del planeta.

## CONCLUSIONES

La presencia de microplásticos en la Antártida desmonta el mito de un continente intacto y pone en evidencia las fallas de un sistema de gobernanza ambiental global aún insuficiente. Estos contaminantes actúan como agentes físicos, químicos y simbólicos de una crisis planetaria que ya no respeta fronteras.

Su impacto ecológico sobre especies clave compromete la biodiversidad y la estabilidad del ecosistema marino antártico. A nivel político, revela tensiones crecientes dentro del sistema del Tratado Antártico, donde el uso estratégico de la ciencia y las disputas por recursos contradicen los principios de conservación.

La solución no puede ser unilateral. La cooperación internacional –ampliada e inclusiva– es esencial. La participación de nuevos actores como Costa Rica aporta legitimidad, diversidad y nuevas perspectivas al debate polar.

La lucha contra los microplásticos en la Antártida debe convertirse en un símbolo de corresponsabilidad global. Proteger el continente blanco es, hoy, una prueba de voluntad política, visión científica y ética intergeneracional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., y Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339-344. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- Andrady, A. (2017). *The plastic in microplastics: A review*. *Marine pollution bulletin*, 119 1, 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- BBC News Mundo. (2025). *China y Rusia bloquean áreas marinas protegidas en la Antártida*. <https://www.bbc.com/mundo/articulos/cgrwen0kjgpo>
- Bergmann, M., Mützel, S., Pimpke, S., Tekman, M. B., Trachsel, J., y Gerdts, G. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science advances*, 5(8), eaax1157. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
- Bessa, F., Ratcliffe, N., Otero, V., Sobral, P., Marques, J. C., Waluda, C. M., Trathan, P. N., y Xavier, J. C. (2019). Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. *Scientific Reports*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2>
- Brooks, C. M., Ainley, D. G., Abrams, P. A., Dayton, P. K., Hofman, R. J., Jacquet, J., y Siniff, D. B. (2018). Antarctic fisheries: factor climate change into their management. *Nature*, 558(7709), 177-180. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05372-x>
- Chown, S. L., y Brooks, C. M. (2019). *The state and future of Antarctic environments in a global context*. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 1-30. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033236>
- Chown, S. L., Clarke, A., Fraser, C. I., Cary, S. C., Moon, K. L., y McGeoch, M. A. (2015). The changing form of Antarctic biodiversity. *Nature*, 522(7557), 431-438. <https://doi.org/10.1038/nature14505>
- Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsoyiannis, A., Fossi, M. C., y Corsolini, S. (2017). *Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR*. *Chemosphere*, 175, 391-400. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024>
- Convey, P., Peck, L. (2019). *Antarctic environmental change and biological responses*. *Sci. Adv.*, 5, eaaz0888. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888>
- Costa, C., Cruz, J., Martins, J., Teodósio, M., Jockusch, S., Ramamurthy, V., y Da Silva, J. (2021). Fluorescence sensing of microplastics on surfaces. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 1797-1802. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01136-0>
- Dawson, A. L., Kawaguchi, S., King, C. K., Townsend, K. A., King, R., Huston, W. M., y Bengtson Nash, S. M. (2018). Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill. *Nature Communications*, 9(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03465-9>
- Elizalde-Velázquez, G., y Gómez-Oliván, L. (2021). Microplastics in aquatic environments: A review on occurrence, distribution, toxic effects, and implications for human health. *The Science of the total environment*, 780, 146551. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146551>
- El País. (2018, 2 de noviembre). *Fracasa el intento de crear nuevas áreas protegidas en la Antártida*. [https://elpais.com/sociedad/2018/11/02/actualidad/1541166822\\_491341.html](https://elpais.com/sociedad/2018/11/02/actualidad/1541166822_491341.html)
- FAO. (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>
- Frias, J., y Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine pollution bulletin*, 138, 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., y Faggio, C. (2018). Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental toxicology and pharmacology*, 64, 164-171. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009>
- Haward, M., Vince, J., y Komyakova, V. (2020). Primary microplastics in the marine environment: scale of the issue, sources, pathways and current policy. *Informe para el National Environmental Science Program*, Marine Biodiversity Hub, Universidad de Tasmania. [https://figshare.utas.edu.au/articles/report/Primary\\_microplastics\\_in\\_the\\_marine\\_environment\\_scale\\_of\\_the\\_issue\\_sources\\_pathways\\_and\\_current\\_policy/23170745](https://figshare.utas.edu.au/articles/report/Primary_microplastics_in_the_marine_environment_scale_of_the_issue_sources_pathways_and_current_policy/23170745)
- Hughes, K. A., y Convey, P. (2020). Implications of the COVID-19 pandemic for Antarctica. *Antarctic Science*, 32(6), 426-439. <https://doi.org/10.1017/S095410202000053X>
- Isobe, A., Uchiyama-Matsumoto, K., Uchida, K., y Tokai, T. (2017). Microplastics in the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 623-626. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.037>

- Issac, M., y Kandasubramanian, B. (2021). Effect of microplastics in water and aquatic systems. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28, 19544-19562. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13184-2>
- Ivar do Sul, J. A., y Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental pollution* (Barking, Essex: 1987), 185, 352-364. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036>
- Jones-Williams, K., Galloway, T., Cole, M., Stowasser, G., Waluda, C., y Manno, C. (2020). Close encounters: Microplastic availability to pelagic amphipods in sub-Antarctic and Antarctic surface waters. *Environment International*, 140, 105792. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105792>
- Kelly, A., Lannuzel, D., Rodemann, T., Meiners, K. M., y Auman, H. J. (2020). Microplastic contamination in east Antarctic sea ice. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111130. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111130>
- Kennicutt, M. C., Chown, S. L., Cassano, J. J., Liggett, D., Peck, L. S., Massom, R., ... Sutherland, W. J. (2015). A roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond. *Antarctic Science*, 27(1), 3-18. <https://doi.org/10.1017/S0954102014000674>
- Löder, M. G. J., y Gerdtts, G. (2015). Methodology used for the detection and identification of microplastics—A critical appraisal. In M. Bergmann, L. Gutow, y M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 201-227). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_8)
- Lusher, A. L., Tirelli, V., O'Connor, I., y Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: The first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific Reports*, 5(1), 14947. <https://doi.org/10.1038/srep14947>
- Lv, L., He, L., Jiang, S., Chen, J., Zhou, C., Qu, J., Lu, Y., Hong, P., Sun, S., y Li, C. (2020). In situ surface-enhanced Raman spectroscopy for detecting microplastics and nanoplastics in aquatic environments. *The Science of the total environment*, 728, 138449. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138449>
- Maes, T., Jessop, R., Wellner, N., Haupt, K., y Mayes, A. (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/srep44501>
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Costa Rica. (2022). *Costa Rica se adhiere al Tratado Antártico*. <https://www.rree.go.cr>
- McDonald, E., y Yusuf, O. (2024). *Expertos del OIEA confirman la presencia de microplásticos contaminantes en la Antártida*. Boletín del OIEA. <https://www.iaea.org/es/bulletin/expertos-del-oiea-confirman-la-presencia-de-microplasticos-contaminantes-en-la-antartida>
- Munari, C., Infantini, V., Scoponi, M., Rastelli, E., Corinaldesi, C., y Mistri, M. (2017). Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Marine pollution bulletin*, 122(1-2), 161-165. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039>
- Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., y Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2(6), 315-320. <https://doi.org/10.1002/2014EF000240>
- OIEA-Organsmo Internacional de Energía Atómica. (s.f.). *NUTEC Plastics*. <https://www.iaea.org/services/key-programmes/nutec-plastics>
- Ourgaud, M., Phuong, N., Papillon, L., Panagiotopoulos, C., Galgani, F., Schmidt, N., Fauvelle, V., Brach-Papa, C., y Sempéré, R. (2022). *Identification and Quantification of Microplastics in the Marine Environment Using the Laser Direct Infrared (LDIR) Technique*. Environmental science & technology. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c08870>
- Padervand, M., Lichtfouse, E., Robert, D., y Wang, C. (2020). Removal of microplastics from the environment. *A review. Environmental Chemistry Letters*, 18, 807-828. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-00983-1>
- Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehemann, L., y Gerdtts, G. (2018). Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nature Communications*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03825-5>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2022). *Fin de la contaminación por plásticos: Hacia un instrumento internacional jurídicamente vinculante* (UNEP/EA.5/Res.14). Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, Quinta sesión. <https://digitallibrary.un.org/record/3999257>
- Reed, S., Clark, M., Thompson, R., y Hughes, K. A. (2018). Microplastics in marine sediments near Rothera Research Station, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 460-463. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.068>
- Renner, G., Sauerbier, P., Schmidt, T., y Schram, J. (2019). *Robust Automatic Identification of Microplastics in Environmental Samples using FTIR Microscopy*. Analytical chemistry. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01095>

- Rintoul, S. R., Chown, S. L., DeConto, R. M., England, M. H., Fricker, H. A., Naish, T. R., Siebert, M. J., y Xavier, J. C. (2018). Choosing the future of Antarctica. *Nature*, 558(7709), 233-241. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0173-4>
- Secretariat of the Antarctic Treaty. (1959). The Antarctic Treaty. <https://www.ats.aq/e/antarctictreaty.html>
- Secretariat of the Antarctic Treaty. (2022). Costa Rica becomes the 55th Antarctic Treaty Consultative Party. Recuperado de <https://www.ats.aq>
- Sierra, I., Chialanza, M., Faccio, R., Carrizo, D., Fornaro, L., y Pérez-Parada, A. (2019). Identification of microplastics in wastewater samples by means of polarized light optical microscopy. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 7409-7419. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07011-y>
- Suaría, G., Perold, V., Lee, J. R., Lebouard, F., Aliani, S., y Ryan, P. G. (2020). Floating macro- and microplastics around the Southern Ocean: Results from the Antarctic Circumnavigation Expedition. *Environment International*, 136, 105494. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105494>
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., ... y Russell, A. E. (2004). *Lost at sea: Where is all the plastic?* *Science*, 304(5672), 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Tin, T., Fleming, Z. L., Hughes, K. A., Ainley, D. G., Convey, P., Moreno, C. A., Pfeiffer, S., Scott, J., y Snape, I. (2009). Impacts of local human activities on the Antarctic environment. *Antarctic Science*, 21(1), 3-33. <https://doi.org/10.1017/S0954102009001722>
- Waller, C. L., Griffiths, H. J., Waluda, C. M., Thorpe, S. E., Loaiza, I., Moreno, B., Pacherres, C. O., y Hughes, K. A. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of The Total Environment*, 598, 220-27. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>
- Wang, C., Zhao, J., y Xing, B. (2020). Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. *Journal of hazardous materials*, 124357. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124357>
- WWF, World Wide Fund for Nature. (2019). *Estudio sobre la ingestión de microplásticos: Análisis del impacto del plástico en los seres humanos*. WWF. [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/analisi\\_de\\_estudio\\_de\\_ingestion.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/analisi_de_estudio_de_ingestion.pdf)
- Xu, G., Cheng, H., Jones, R., Feng, Y., Gong, K., Li, K., Fang, X., Tahir, M., Valev, V., y Zhang, L. (2020). Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Facilitates the Detection of Microplastics <1 µm in the Environment. *Environmental science & technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02317>
- Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C., Mititelu, M., Neacșu, S., Negrei, C., Moroșan, E., Drăgănescu, D., y Preda, O. (2023). Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State-of-the-Art Review. *Nutrients*, 15. <https://doi.org/10.3390/nu15030617>



# RIESGO JURÍDICO EMPRESARIAL; UN ENFOQUE SITUACIONAL Y CONTEXTUAL EN COSTA RICA

Recibido: 10 mayo, 2025 • Revisado: 16 de mayo, 2025 • 01 de julio, 2025

Juan Diego Sánchez Sánchez

## RESUMEN

El artículo aborda la contextualización del concepto del riesgo jurídico empresarial aplicable en Costa Rica, detallando para estos efectos un análisis del contexto situacional dado para la gestión empresarial y la estructuración de esta variable riesgosa en las entidades lucrativas operantes en el país, precisando para estos efectos un estudio de las instituciones y la normativa jurídica aplicable al tema. Adicionalmente, se plantea un estudio de campo desarrollado por medio de una entrevista a profundidad aplicada a profesionales en Ciencias Económicas con conocimiento y experiencia en la gestión de riesgo, así como a abogados corporativos, detallando este análisis bajo un contraste bibliográfico, de forma que se confronten los hallazgos derivados de los entrevistados, para con la teoría existente y utilizable en el tema.

**Palabras Clave:** Riesgo, Derecho, Finanzas, Empresa, Ciencias Económicas, Jurídico.

## ABSTRACT

The article addresses the contextualization of the concept of corporate legal risk applicable in Costa Rica, detailing for these purposes an analysis of the situational context given for business management and the structuring of this risk variable in the for-profit entities operating in the country, specifying for these purposes a study of the institutions and the legal regulations applicable to the subject. Additionally, a field study developed through an in-depth interview applied to professionals in Economic Sciences with knowledge and experience in risk management, as well as to corporate lawyers, is proposed, detailing this analysis under a bibliographic contrast, so that the findings derived from the interviewees are compared with the existing and usable theory on the subject.

**Keywords:** Risk, Law, Finance, Business, Economic Sciences, Legal.

Juan Diego Sánchez es asesor y analista financiero, abogado, profesor; investigador asociado en LEAD University. También, es profesor de Universidad Latina e Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

El artículo desarrollado se enfoca en el concepto del riesgo desde una perspectiva empresarial y jurídica, es decir, aplicado a la gestión de las organizaciones con fines lucrativos, no obstante, su abordaje es ligado a las Ciencias Jurídicas, señalando la precisión de la probabilidad riesgosa desde una perspectiva legal y de aplicación a las empresas, de forma que su estudio permita una mejora en la capacidad de análisis y en la toma de decisiones efectivas en el giro comercial.

El estudio realizado se enfoque en una revisión de fuentes bibliográficas y contextuales de interés para el tema, siendo estas el concepto del riesgo propiamente, particularmente en su definición como variable ponderable y de corte estadístico, así como su concepción desde una óptica empresarial, dando énfasis al concepto del giro lucrativo de las sociedades mercantiles, precisando el concepto de empresa como unidad económica de interés. Adicionalmente se realiza una definición de las áreas jurídicas de aplicación empresarial, las cuales puedan ser coligadas a la administración y análisis del riesgo como un factor adyacente en el desarrollo de los negocios.

El trabajo procede a reforzarse por medio de investigación de campo, esto mediante el uso de una entrevista de campo a profesionales ligados al área de riesgo, considerando para estos efectos expertos en el área financiera y empresarial, así como abogados con ligamen al Derecho Empresarial, logrando contar con información de corte cualitativo que permita el refuerzo del análisis del riesgo jurídico como elemento de relevancia en la gestión mercantil de las empresas.

## REFERENTE METODOLÓGICO

Para este trabajo se recurre a un enfoque cuantitativo principalmente, el cual es entendido por: *“El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis (...) confía en la medición numérica, el conteo, y en el uso de la estadística.”* (Gómez, 2009, p. 60), pero adicionalmente señala tener rasgos cualitativos, esto pues también se recurre al análisis de información abierta, principalmente derivada de la entrevista aplicada a los expertos elegidos.

Adicionalmente, se recurre al método analítico, concepto es definido por Navarro (2011), como aquel

que es: *“(...) un proceso cognoscitivo, que consiste en descomponer un objeto de estudio al separar cada parte del todo para estudiarlas por separado”* (p.195). Se aplica en esta investigación por el hecho de establecer objetivos específicos y gestionarlos de forma individualizada, separando el tema del riesgo jurídico empresarial en tres variables puntuales, mediante las cuales logra obtenerse el resultado final del trabajo.

Se recurre también al método inductivo, el cual plantea que: *“(...) es el descubrimiento de generalizaciones y teorías a partir de observaciones sistemáticas de la realidad”* (Bisquerra, 2000, p. 62), Es aplicable en el trabajo por medio de dos aristas, las cuales son dadas, en primer lugar, por la entrevista aplicada a los profesionales elegidos, y en segunda instancia por la individualización de las variables del riesgo jurídico empresarial.

## SUJETOS Y FUENTES DE INVESTIGACIÓN

Una definición se observa al indicarse que: *“(...) el interés consiste en definir quiénes y que características deberán tener los sujetos (personas, organizaciones, o situaciones o factores) objeto de estudio”* (Bernal, 2006, p. 164) Para efectos de este trabajo se tienen los siguientes sujetos y fuentes de investigación:

- **Profesionales con conocimiento en riesgo jurídico empresarial:** para efectos del trabajo, se recurre a la definición de un perfil de sujeto y expertos con ligamen al concepto del riesgo jurídico empresarial, definiendo dos áreas de interés, siendo primeramente definidos tres profesionales en Ciencias Económicas con formación, experiencia y conocimiento en temas de riesgo empresarial. Adicionalmente se tienen tres abogados corporativos, con una cognición clara de las áreas jurídicas de riesgo atinentes a la gestión gerencial.
- **Información cualitativa de la entrevista aplicada a expertos:** consiste en la información de corte cualitativa derivada de la entrevista aplicada a los sujetos de información, siendo estos tres profesionales en Ciencias Económicas y tres abogados corporativos, la cual es utilizada con el fin de reforzar el trabajo.
- **Fuentes secundarias:** se tienen fuentes referentes a publicaciones contextuales ligadas al

concepto del riesgo aplicado en el país, así como libros de texto utilizados para contrastar los resultados de campo.

## POBLACIÓN Y MUESTRA: EXPERTOS

Se elige una población basada en los sujetos de información previamente señalados, los cuales son dado por profesionales expertos en las Ciencias Económicas con conocimiento del riesgo empresarial, y profesionales en Derecho que sean abogados corporativos. Logra observarse que, debido a las características, la composición poblacional es eclética y de difícil precisión. Puede plantearse que esta población es definida como infinita (Barrantes, 2014), pues no existe una forma clara y material de determinar su totalidad, pues, aunque bien es cierto, se tienen datos de colegiados en Ciencias Económicas, no necesariamente son concedores del concepto del riesgo empresarial. Misma situación acontece con los abogados, quienes, aunque deben estar colegiados para su ejercicio profesional, no existe un dato de profesionales en Derecho con ejercicio en el área corporativa.

La muestra es definida por criterio, es decir, las personas expertas seleccionadas con base en su conocimiento del tema del riesgo jurídico y su ligamen a la gestión gerencial y empresarial. Se formula una muestra de seis expertos, separando esta cantidad en tres profesionales en Ciencias Económicas, abarcando sus áreas de interés, con conocimiento del riesgo empresarial, y otros tres profesionales en Derecho, particularmente abogados corporativos con conocimiento empresarial.

## REFERENTE SITUACIONAL

### Empresas en Costa Rica

El concepto de empresa en Costa Rica, resalta su existencia como unidad económica en el ordenamiento jurídico, y como una persona jurídica con actividad lucrativa (Sánchez, 2021), es decir con operación comercial activa y analizada como una entidad generadora de ganancias y utilidades. Para estos efectos es de importante señalar que las empresas en el país pueden ser determinadas por tres tipos de denominaciones, siendo estas las sociedades de capital, las sociedades personales, y las sociedades de hecho (Calatayud, 2009).

En las primeras destacan las entendidas por las anónimas y de responsabilidad limitada, mientras que en las segundas se encuentran las de nombre colectivo y las en comandita. Para la última categoría pueden observarse aquellas entidades que no han sido inscritas ante las autoridades hacendarias correspondientes, pero que desarrollan alguna actividad lucrativa (Código de Comercio, 2022). Adicionalmente, cabe indicar que estas sociedades pueden estar activas o inactivas, implicando para las primeras la generación de una actividad comercial y la obtención de utilidades contables, mientras que, para las segundas, no se tiene una operación en desarrollo.

### Empresas en general

En esta primera clasificación empresarial en el país, se encuentran las empresas en general, concepto que es definido por el Poder Judicial Costa Rica (2024) como una: *“unidad económica o agrupación organizada, de producción o cambio, de carácter comercial, constituida para la obtención de beneficios o lucro personal, que pertenece a uno o varios inversionistas privados o individuos particulares”* (párr. 1), observando así su definición como unidad económica productiva en el ordenamiento jurídico y el mercado nacional.

Estas empresas denotan ser de tamaño considerable y deben cumplir todos los requisitos que la normativa misma les exige para poder operar en el país, no contando con alguna diferenciación en particular, sino que son consideradas como entidades comerciales de gestión de lucro (Natera, 2007), y que son sujetas a la fiscalización y al acatamiento de las normas generales exigidas en el mercado nacional.

### Grandes contribuyentes

Una primera diferenciación de interés en las empresas del país es dada por las denominadas como grandes contribuyentes, que tal cual su nombre lo señala, son definidas como unidades empresariales de gran magnitud, con volúmenes de comercialización altos y una operación de gran impacto en el país (Sánchez *et al.*, 2019).

Su precisión específica se observa al indicarse que son: *“Empresas de capital nacional y/o extranjero, constituidas conforme a los requerimientos de las leyes costarricenses, que se encuentran operando de acuerdo con su giro comercial”* (Poder Ejecutivo Costa Rica,

Decreto 36576, 2011, parr.1). Siendo así, puede determinarse que este grupo también está sujeto a revisiones y fiscalizaciones más específicas por parte de las autoridades hacendarias (Arroyo, 2013), y requieren de una mayor diligencia en su administración y gestión general de la operación, influyendo de forma evidente en la gestión de riesgo.

### Pequeñas y medianas empresas en Costa Rica

Otra clasificación empresarial de interés, y siendo quizás la de mayor cuantía, esto por la cantidad de entidades que agrupa, son las pequeñas y medianas empresas, entendidas por sus siglas como pymes, y que se refieren a unidades económicas de actividad lucrativa que denotan tener una operación mucho menor y de menos movimientos y transacciones monetarias (Sánchez *et al.*, 2019).

Las pymes son entendidas por aquellas empresas que cumplan los siguientes requisitos dados en la normativa nacional, que cabe indicar, también refiere entre otros puntos, a la cantidad de trabajadores, valor de los activos, valores de comercialización y demás atinentes a su operación, señalando que:

- a) La actividad productiva que realizan esté enunciada en el artículo 14 del presente Reglamento. Así como a las unidades productivas del subsector inmobiliario que cumpla con lo dispuesto en el artículo 28 de la Ley No. 7092 del 21 de abril de 1988. (\*) b) Se trate de una persona física y jurídica conforme lo establece el presente Reglamento. c) Que el tamaño de la empresa esté entre el rango definido del parámetro "P" enunciado en el Artículo 17 del presente Reglamento. d) Que cumplan con el pago de las cargas sociales, obligaciones tributarias u obligaciones laborales, tal y como se define en la Ley N° 8262 y en este reglamento.*

*No podrán acreditarse como PYME los siguientes casos:*

- 1) Las empresas con el valor del parámetro "P" mayor a 120, se consideran Empresas Grandes.*
- (\*) 2) Todas aquellas actividades que conforme a la Constitución Política de la República degraden la dignidad humana, porque son contrarias a la salud pública, a la moral, a la seguridad del Estado; y que pongan en riesgo la seguridad de*

*las personas.* (Reglamento a la Ley de fortalecimiento de las pequeñas y medianas empresas, 2015, art. 13).

Cabe adicionar que la mayor parte del parque empresarial del país se agrupa en esta categoría, que tal cual indica el Ministerio de Economía Industria y Comercio (2024) ronda cerca de un 97% del total de empresas existentes en Costa Rica, tornándose así en un grupo de especial atención para la gestión y la administración de giros de negocio en la nación, así como para su consideración como unidades de interés económico en el aporte al desarrollo general.

### Grupos de interés económico

Otra clasificación de interés empresarial en Costa Rica, es dada por los grupos de interés económico, concepto entendido por el agrupamiento de diferentes sociedades mercantiles, o bien empresas, que compartan propiedad o dirección con partes relacionadas (Superintendencia de Entidades Financieras) (SUGEF, 2006), es decir que cuyos socios tenores las acciones o cuotas sociales sean los mismos entre dichas entidades, o también, que se tengan miembros directivos o gerencias compartidas entre las entidades, es decir, que haya una relación de administración entre las empresas que estén coligadas en el mismo conglomerado o grupo.

Este concepto es planteado como aquel conglomerado social mercantil donde se comparten relaciones entre empresas, y que, debido a dicha gestión, es objeto de una fiscalización y control diferente por parte de las autoridades hacendarias (Arroyo, 2013), resaltando acá los precios de transferencias, implicando el control entre pagos dados para entidades del mismo grupo económico o societario.

## ENTIDADES INTERVINIENTES EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL NACIONAL

### Ministerio de Hacienda

Esta entidad es la autoridad en materia de impuestos y tributos en el país, siendo el ente llamado a la fiscalización de la actividad lucrativa de las empresas, esto en todos sus extremos tributarios (Ministerio de Hacienda, 2024), teniendo una clara incidencia en la gestión empresarial. Su razón de ser radica en su misión, esto al indicarse que:

*Somos la institución rectora de la política fiscal que gestiona la recaudación y distribución de los recursos públicos, generando valor público mediante la mejora continua de nuestros procesos con transparencia e innovación, para alcanzar en el país una sociedad más próspera, equitativa y solidaria.* (Ministerio de Hacienda, 2024, párr. 1).

Las facultades de este ministerio son de carácter constitucional (Hernández, 2015), por lo cual, y derivado de esto, la entidad cuenta con un poder fiscalizador y cobratorio considerable, denotando así su afectación principal en la gestión de las empresas en el país, particularmente en el cobro de los impuestos derivados.

### **Ministerio de Economía, Industria y Comercio**

Una segunda institución de interés para la gestión comercial y empresarial en el país hace mención al Ministerio de Economía, Industria y Comercio, (MEIC), que a diferencia del de Hacienda, su función radica más en el desarrollo e impulso de la actividad mercantil del país, así como del apoyo a la industria misma, y al mercado de bienes y servicios (Jiménez, 2009). La esencia y función de esta entidad es observable su misión, la cual señala:

*Somos la instancia nacional que propicia y apoya el desarrollo económico y social por medio de políticas que faciliten el fortalecimiento de la competitividad de los sectores industria, comercio y servicios, especialmente las micro, pequeñas y medianas empresas (PYME), fomentando los encadenamientos productivos, mejorando la capacidad estatal de administrar el comercio, velando por la competencia justa, la mejora regulatoria, la calidad y el apoyo al consumidor* (MEIC, 2024, parr. 1).

Cabe señalar que entre las funciones más relevantes del MEIC, se establece el apoyo e impulso a las empresas, con particular atención a temas tales como la tramitación, la capacitación y la asesoría en materia del correcto desarrollo de los giros de negocio de las empresas (MEIC, 2004), logrando definirse como una institución de apoyo a la industria y al funcionamiento económico.

Adicionalmente, es de interés indicar que este ministerio cumple la función del ser el ente certificador

de la condición de pyme para las empresas, debiendo cumplir algunos requisitos específicos, tales como número de empleados, valor de los activos, cantidad de ventas y otros, esto con el fin de que una determinada empresa cuente con esta condición (Reglamento a la Ley de fortalecimiento de las pequeñas y medianas empresas, 2015).

### **Ministerio de Salud**

Un aspecto muy importante para la gestión de las empresas y su correcto desarrollo y puesta en marcha de su giro comercial y operativo radica en la obtención de los permisos necesarios de funcionamiento y demás patentes o licencias (Ministerio de Salud, 2024).

Es acá donde el Ministerio de Salud toma especial relevancia en el accionar de las empresas en el país, pues es la entidad facultada para emitir los permisos de funcionamiento y demás documentos referentes al funcionamiento mismo de los negocios (Ministerio de Salud, 2024), tema que se constituye en un requisito fundamental para la operación de las unidades económicas en el territorio nacional, pues su tramitación es esencial para llevar adelante la operación y evitar multas o contingencias.

Adicionalmente, y según el Ministerio de Salud (2024), también la institución tiene labores fiscalizadoras en referencia al buen funcionamiento y la salubridad misma de los locales comerciales, contando a la vez con potestades para el cierre de establecimiento en el caso que esos operen sin estar en regla y sin cumplir los requerimientos que la institución llama a tener, siendo así otra entidad de especial interés para el desarrollo empresarial en el país.

### **Ministerio de Trabajo**

El Ministerio de Trabajo cumple un rol fundamental en materia del desarrollo empresarial en el país, pues su funcionamiento está ligado a la gestión de las relaciones laborales y los contratos derivados que de esto puede surgir, sirviendo a manera de un ente de control y de fiscalización en materia de lo contratos de trabajo y de la interacción entre patrones y empleados (Ministerio de Trabajo, 2024). Su función específica es observable en su misión, al indicarse que:

*Somos la institución líder en el marco socio-laboral dirigida a la ciudadanía, vigilante del trabajo decente, la equidad, la justicia social, el resguardo de los derechos fundamentales del trabajo y que impulsa el cierre de brechas para ocupación de puestos de trabajo* (Ministerio de Trabajo, Misión, 2024, párr. 1).

Puede observarse que este ministerio tiene una incidencia directa con el desarrollo empresarial en el país, pues es la entidad encargada de la diligencia de los trámites de naturaleza laboral que pudiesen devenir de problemas o distorsiones dadas entre empleados y patronos. Señalando a su vez, que es la entidad encargada de asesorar a las personas trabajadoras en materia de la solución de problemas y discrepancias (Ministerio de Trabajo, 2024). El Ministerio de Trabajo tiene un enfoque mayormente dado para la protección del empleado, tal cual se indica antes, por lo que su afectación al giro operativo de las empresas es de especial importancia, y con efecto directo en el riesgo.

### **Ministerio de Ambiente y entidades adjuntas**

Aunque este ministerio no se encuentra relacionado de forma directa con el desarrollo operativo y comercial de las empresas, tiene una relación directa en materia de la emisión de ciertos permisos y la exigibilidad de ciertos requisitos para la puesta en marcha de un determinado negocio, así como con la gestión del desarrollo sostenible, los recursos y el ambiente en general, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes del país (Ministerio de Ambiente y Energía, 2024) (MINAE).

Su principal ligamen para con el desarrollo de las empresas, es dado por obligatoria diligencia referente a la obtención de algunos permisos que pudiesen ser necesarios para la gestión de un determinado giro de negocio por parte de una empresa, particularmente cuando se torna necesaria la solicitud de una licencia o similar de corte ambiental, tal cual señala el MEIC (2024). Acá resalta la Secretaría Técnica Nacional (SETENA), órgano adscrito a este ministerio, y que tiene como fin el control, la fiscalización y la aprobación de proyectos de cualquier tipo que impliquen algún impacto ambiental (SETENA, 2024), señalando una clara afectación e influencia en el desarrollo operativo de las empresas, tanto en temas de tramitología, como de riesgo.

### **Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS)**

Entidad referente a la gestión de la seguridad social, y entendida en su función básica por:

*La institución creada para aplicar los seguros sociales obligatorios se llamará Caja Costarricense de Seguro Social y, para los efectos de esta ley y sus reglamentos. CAJA. La Caja es una institución autónoma a la cual le corresponde el gobierno y la administración de los seguros sociales. Los fondos y las reservas de estos seguros no podrán ser transferidos ni empleados en finalidades distintas de las que motivaron su creación. Esto último se prohíbe expresamente. Excepto la materia relativa a empleo público y salarios, la Caja no está sometida ni podrá estarlo a órdenes, instrucciones, circulares ni directrices emanadas del Poder Ejecutivo o la Autoridad Presupuestaria, en materia de gobierno y administración de dichos seguros, sus fondos ni reservas.* (Ley constitutiva de la Caja Costarricense del Seguro Social, 2001, art. 1).

Esta entidad gubernamental es la encargada del cobro y la administración de los sistemas sociales de salud, estando obligados todos los patronos al pago de la carga social predispuesta en la norma, la cual ronda cerca de un 26,33%, dato entendido como la carga patronal, mientras que este mismo rubro, pero aplicable para el colaborador, es cercana al 10,67%, con algunas variantes dependiendo del caso (CCSS, 2024). Puede observarse que la generación de cargas financieras es dada tanto para el patrono y el empleado.

Esta entidad tiene una correlación directa para con el giro de negocio de las empresas, pues no solamente genera una carga financiera de importancia, sino que a la vez señala el establecimiento de una obligatoriedad de pagos para con su operación, así como de eventuales fiscalizaciones, esto sin dejar de lado la tediosa tramitología que su correcta gestión conlleva, pues el exceso de procedimientos suele ser usual.

### **Registro de la propiedad**

Esta entidad se encarga de las gestiones relativas a la existencia y registro de los activos, así como de las obras y propiedad de carácter intelectual generada por las empresas, y que tiene como fin la protección del

capital de carácter creativo generado por las empresas, es decir de las obras creadas para efectos de contar con la prerrogativa de uso y los derechos de protección derivados (Encabo, 2015).

La incidencia de esta institución es dada en referencia a la determinación de la seguridad que una empresa puede generar sobre sus activos y bienes inmateriales, tales como las marcas, obras, patentes, principios activos, modelos de utilidad, dibujos, y demás elementos que son protegidos y definidos, precisamente en la Ley de derechos de autor y derechos conexos (2021), así como en la Ley de marcas y otros signos distintivos (2008). La función de esta entidad es observada al señalarse lo siguiente:

*El propósito fundamental del Registro Nacional es: registrar, en forma eficaz y eficiente, los documentos que se presenten ante el Registro Nacional, para su inscripción, así como garantizar y asegurar a los ciudadanos los derechos con respecto a terceros. Además, custodiar y suministrar a la colectividad la información correspondiente a bienes y derechos inscritos o en proceso de inscripción, mediante el uso eficiente y efectivo de tecnología y de personal idóneo, con el fin de facilitar el tráfico jurídico de bienes, con el propósito de contribuir a fomentar el desarrollo social y económico del país (Registro Nacional, 2024, parr. 10).*

## Municipalidades

Estas entidades son comprendidas también por los gobiernos locales, encargados de la administración de servicios y la recolección de ciertos impuestos de índole municipal (Torrealba, 2009), contando con una autonomía de relevancia en su gestión y su auto administración, esto en aras de cumplir su función básica.

Su ligamen más evidente para con el desarrollo de los negocios y el ámbito empresarial en el país, radica en la gestión del cobro de los impuestos municipales, siendo estos el impuesto a bienes inmuebles en especial relevancia (Ley del impuesto sobre bienes inmuebles, 2024). Además, también estas entidades municipales se encargan de la gestión del cobro de otros servicios propios de la comunidad donde la actividad comercial es llevada a cabo. De igual forma, la gestión de permisos

y trámites es parte esencial de funcionamiento de las municipales, tema que también tiene una afectación y relación directa con el desarrollo de los giros comerciales de las empresas, y por ende afecta el riesgo asociado al desarrollo de los negocios.

## NORMATIVA GENERAL LIGADA A LA GESTIÓN DE EMPRESAS

### Código de Normas y Procedimientos Tributarios

Es entendida como la norma general en materia tributaria, pues es el punto de partida para la gestión de impuestos en el país (Arroyo, 2013), siendo además la primera norma que debe ser revisada para efectos del buen manejo de las cargas impositivas empresariales. La norma en cuestión es de carácter general, indicando que de ella derivan todas las demás leyes específica de índole tributaria, pudiendo observarse en el artículo 1 de dicho Código su funcionamiento específico, esto al indicar que:

*Las disposiciones de este Código son aplicables a todos los tributos y las relaciones jurídicas derivadas de ellos, excepto lo regulado por la legislación especial. No obstante, lo indicado en el párrafo anterior, las disposiciones del presente Código son de aplicación supletoria, en defecto de norma expresa. (Código de Normas y Procedimientos Tributarios, 2024, párr. 1).*

Claramente, se evidencia la importancia de la norma señalada, pues es la base y el punto de partida para efectos de la definición y aplicación de otras leyes de carácter específico en materia impositiva, entiéndase en otros impuestos, como podrían ser utilidades, el valor agregado, rentas de capital, y demás que pudiesen ser aplicables a la gestión empresarial

Adicionalmente y en relación al alcance de esta norma, puede analizarse el artículo 2, el cual plantea las fuentes del Derecho Tributario, y si afectación directa en materia regulatoria, tema que muestra de forma clara el resto de normativa de aplicación a esta área, esto al indicar que: “*Constituyen fuentes del Derecho Tributario, por orden de importancia jurídica: a) Las disposiciones constitucionales; b) Los tratados internacionales; c) Las leyes; y d) Las reglamentaciones y demás disposiciones de carácter general establecidas por los órganos administrativos facultados al efecto*”. (párr. 1).

## Código de Comercio

Es la norma de carácter general aplicable a la materia comercial en el país, y hace referencia a la regulación de las relaciones y transacciones, así como negocios entre persona denominadas como comerciantes, entendidas por aquellas que tienen como actividad habitual el desarrollo de transacciones de intercambio de bienes y servicios con ánimos de lucro (Jiménez, 2009). La función esencial del Código de Comercio (2022) es observable al indicarse que:

*Las disposiciones contenidas en el presente Código rigen los actos y contratos en él determinados, aunque no sean comerciantes las personas que los ejecuten. Los contratos entre comerciantes se presumen actos de comercio, salvo prueba en contrario. Los actos que sólo fueren mercantiles para una de las partes se regirán por las disposiciones de este Código (art. 1).*

Puede así indicarse la relación estrecha que este código tiene para con el desarrollo de las empresas, pues básicamente es la base para la aplicación de la norma al desarrollo de las actividades comerciales y ligadas al giro de negocio, dando paso a la vez, al uso de preceptos para la interpretación de otras herramientas tales como contratos y similares (Natera, 2007).

## Código de Trabajo

Este código es considerado como la norma de mayor relevancia nacional en materia laboral, y tiene como función la regulación de las relaciones de trabajo entre patronos y empleados, asegurando a la vez el cumplimiento de los derechos de estos últimos, y también de los empleadores (Jaramillo, 2011). El funcionamiento y aspectos esenciales del Código de Trabajo (2024) son observables al indicarse que: *“El presente Código regula los derechos y obligaciones de patronos y trabajadores con ocasión del trabajo, de acuerdo con los principios cristianos de Justicia Social”* (art. 1).

Adicionalmente este código tiene un especial enfoque en el resguardo de los derechos y el buen funcionamiento de las relaciones labores dadas por los contratos, tema que es evidenciable el artículo 18, señalándose que el:

*Contrato individual de trabajo, sea cual fuere su denominación, es todo aquel en que una persona*

*se obliga a prestar a otras sus servicios o a ejecutarle una obra, bajo la dependencia permanente y dirección inmediata o delegada de ésta, y por una remuneración de cualquier clase o forma* (Código de Trabajo, 2024, art. 18).

Se presume la existencia de este contrato entre el trabajador que presta sus servicios y la persona que los recibe. Sin duda el Código de Trabajo, siendo la norma general en materia laboral, y con una incidencia directa en las operaciones empresariales es de vital importancia para efectos del correcto desarrollo de las operaciones comerciales, por lo cual su afectación y correlación con el riesgo jurídico empresarial, es de evidente y debe ser siempre tomado en cuenta.

## Normativa tributaria

Parte fundamental del desarrollo de los negocios, los giros comerciales y de las empresas en el país, radica en la normativa tributaria, es decir, las leyes, reglamentos, decretos, directrices y demás elementos jurídicos que regulan la gestión y cobro de las cargas impositivas de los contribuyentes para con el Estado (Torrealba, 2009).

Es sabido, y según señala Alfaro (2024) que la cantidad y magnitud de impuestos en el país es amplia, y deriva en trámites y costos financieros de relevancia para las empresas, siendo una de las áreas empresariales de mayor cuidado, no solamente por su impacto monetario, sino también por las sanciones que su incumplimiento pudiese conllevar. Aunque se tienen diversas normas tributarias y abundantes cédulas impositivas en el país, denotando un contenido cobratorio amplio, en el ámbito empresarial destacan las siguientes:

- Ley del impuesto sobre la renta (2024).
- Ley del impuesto al valor agregado (2024).
- Ley del impuesto a las personas jurídicas (2022).
- Ley del impuesto sobre bienes inmuebles (2024).
- Ley de simplificación y eficacia tributaria (2001).

## Normativa comercial

El área comercial, entiéndase aquella ligada a la materia mercantil, es de vital importancia para el desarrollo de las empresas, pues en esencia viene a regular el giro de negocio propiamente y sus relaciones derivadas en el ámbito empresarial (Jiménez, 2009).

Esta materia cuenta con su norma general dada por el Código de Comercio (2022), la cual es explicada antes, pero también presenta algunas leyes específicas que son de interés para las empresas en el país, y que vienen a establecer regulaciones específicas para temas más puntuales no contemplados en la generalidad mercantil. Dentro de las normas comerciales de mayor relevancia para el desarrollo del comercio y de la actividad lucrativa de las empresas en el país se tienen las siguientes:

- Ley de promoción de la competencia y defensa efectiva de consumidor (2023)
- Ley de fortalecimiento a las autoridades de competencia en Costa Rica (2019).
- Ley sobre letra de cambio y pagarés electrónicos (2021).
- Ley marco del contrato de factoreo (2022).
- Ley sobre arbitraje comercial internacional basada en la ley modelo de la comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (2011).

### Normativa ambiental

Otra área de importancia en el desarrollo de las empresas en el país es entendida por la ambiental, la cual tiene como bien jurídico tutelado el medio ambiente como sujeto indeterminado y vela por su protección (Ley orgánica del Ambiente, 2021).

Esta normativa establece requisitos y trámites específicos que las personas, tanto físicas como jurídicas, deben cumplir en aras de asegurar la protección del medio ambiente y tiene su fundamento en la misma Constitución Política (2024), esto al establecer el concepto del medio ambiente sano y equilibrado como un derecho de la más alta índole, observable en el siguiente numeral de la norma constitucional del país:

*(...) Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado. El Estado garantizará, defenderá y preservará ese derecho. La ley determinará las responsabilidades y las sanciones correspondientes. Toda persona tiene el derecho humano, básico e irrenunciable de acceso al agua potable, como bien esencial para la vida. El agua es un*

*bien de la nación, indispensable para proteger tal derecho humano. Su uso, protección, sostenibilidad, conservación y explotación se regirá por lo que establezca la ley que se creará para estos efectos y tendrá prioridad el abastecimiento de agua potable para consumo de las personas y las poblaciones (Constitución Política, 2024, art. 50).*

En adición a la protección constitucional que es dada para este tema en la norma correspondiente.

Algunas normas ambientales de menor rango jurídico, pero de pertinencia e interés relevante para el desarrollo empresarial en el país son las siguientes:

- Ley orgánica del ambiente (2021).
- Ley de la biodiversidad (2022).
- Ley de aguas (2012).
- Ley forestal (2022).
- Ley para la gestión integral de residuos (2021).

### Normas internacionales de contabilidad (NICs) y normas internacionales de Información financiera

Este tema, y en línea general, hace mención a la existencia de normas de elaboración y presentación de estados contables y financieros, que permite a las empresas contar con una transparencia y orden más claros en su gestión (García, Velar y Cañadas 2009). Las normas en cuestión pueden ser entendidas como: “(...) un compendio amplio fundamentado de normas contables de aplicación internacional para grandes y pequeñas compañías, emitidas por el International Accounting Standards Board (IASB), orientadas a homologar el lenguaje financiero entre países” (KPMG, 2009, p. 1).

Lo anterior logra detallar su aplicación internacional en materia de la gestión empresarial y el giro comercial de negocios, precisando ser un elemento atinente para la gestión empresarial y el desarrollo efectivo de los giros comerciales, esto con especial enfoque en la administración financiera. Adicionalmente puede establecerse una separación en las Normas internacionales de Contabilidad (NICs) y las Normas Internacionales de Información Financiera, esto según Normas Internacionales de Contabilidad (2016), implicando una afectación directa en la gestión de contable y financiera de las empresas, donde las primeras presentan parámetros y reglas en su confección contable, mientras que las segundas se muestra lineamientos para su presentación y detalle puntual de los datos.

La relación con la gestión de riesgo empresarial es notoria, pues su incidencia se da en la presentación y manejo de la información propiamente, repercutiendo así en su impacto riesgoso, esto pues, la presentación y manejo de la información financiera, es sin duda un eje fundamental de los negocios y constituye un factor ponderante para el éxito (Besley y Brigham, 2009).

### RESULTADOS DE LA ENTREVISTA APLICADA A EXPERTOS

Con base en los resultados expuestos en la tabla 1, en primer lugar, puede observarse una clara atinencia de los profesionales en Ciencias Económicas al concepto del riesgo empresarial, presentando a la vez una relación interesante de áreas de formación que permiten una mejor y más amplia concepción del tema, observándose campos tales como la Economía, las Finanzas y la Gestión de Proyectos. Puede indicarse también una pertinencia adecuada en términos de la formación de los abogados corporativos indagados, resaltando el enfoque hacia el Derecho Empresarial, con sus particulares ramas adjuntas, además de un ligamen directo entre la Administración y las Ciencias Jurídicas,

puediendo obtener así un enfoque investigativo diverso y de mayor alcance (Barrantes, 2014).

En referencia al ligamen al riesgo jurídico, y para efectos de los primeros tres profesionales, resalta un claro abordaje desde áreas distintas, precisando aspectos como la participación en comités de riesgo, la consultoría en proyectos específicos, así como la participación en bancos, y sus derivaciones riesgosas dadas para el negocio. Estos resultados implican una diversificación del conocimiento y un abordaje de mayor amplitud, dando una validez de contenido a los criterios emitidos por los participantes (Navarro, 2011).

Adicionalmente, y en referencia a los profesionales en Derecho, se denota un claro ligamen al área empresarial, donde resalta el concepto del Derecho Comercial y el Corporativo, aspecto que permita gestionar un conocimiento teórico, proposicional, fáctico y metodológico (Rebollo y Ábalos, 2022), de relación directa para con el concepto del riesgo jurídico empresarial. Este punto permite obtener una concepción más clara y precisa de los reactivos investigados en el trabajo, donde y gracias a la experiencia de los expertos, los resultados obtenidos señalan ser de relevancia para el proyecto.

**TABLA 1. RESULTADOS GENERALES DERIVADOS DE LA ENTREVISTA APLICADA A EXPERTOS**

Sujeto	Ítem 1 Formación Académica	Ítem 2 ligamen profesional con el riesgo empresarial y gestión jurídica corporativa
Fernando Montero Cordero	Máster en Economía con énfasis en desarrollo gestión macroeconómica y políticas públicas.	Entes de intermediación financiera, cooperativas. Comité vigilancia. conocer, auditar y vigilar todas acciones del director de Riesgos en informes.
Diego Enrique Fallas Bejarano	Licenciado en administración con énfasis en gestión financiera y Máster en gestión de proyectos.	Consultoría, análisis cualitativos y cuantitativos, gestión proyectos, estrategia corporativa. Gestión jurídica corporativa con profesionales y soporte.
Jorge Luis Arce Solano	Contador, Lic. en Administración y finanzas. Magister finanzas públicas. Doctorando en desarrollo e Integración, técnico riesgos.	Bancos, aseguradora, control interno y aplicación académica, cátedra de gestión bancaria, abarcando el tema de riesgos.
Alejandra Peña Quesada	Lic. Derecho, especialista en Derecho notarial y Registral, MSc Derecho corporativo, Doctoranda en administración y dirección.	Asesoría legal corporativa empresas, cooperativas, asociaciones solidaristas, SUGEF, actividad crediticia, enfoque preventivo riesgos.
Ismael Gustavo Bustamante Rojas	Lic. Administración de empresas y negocios. Lic. en Derecho. Especialidad en Derecho notarial y registral. Maestría en Derecho comercial.	Gestión jurídica corporativa, evaluación y mitigación riesgos Identificación, estrategias prevención, políticas de cumplimiento, contingencias legales.
Kendall David Ruiz Jiménez	Dr. Derecho comercial y procesal civil, MSc Derecho empresarial, MBA recursos humanos. Especialista Derecho notarial y registral Especialista legal negocios.	Abogado, evidencia de los riesgos en la empresa. Asesor en contingencias mayores. 20 años en la industria.

Fuente: entrevista de elaboración, 2024.

**TABLA 2. RESULTADOS DE LA PRIMERA VARIABLE: ÁREAS DE INCIDENCIA Y GESTIÓN DEL RIESGO JURÍDICO EMPRESARIAL**

Sujeto	Ítem 3 Áreas empresariales de mayor riesgo legal y jurídico	Ítem 4 Incidencia y relación entre el área legal empresarial y el riesgo
Fernando Montero Cordero	Reputación; rendimientos estables y liquidez, uso recursos y activos, Cambios reglamentos y legislación. Métodos arcaicos de cumplimiento.	Seguridad en crédito, cobro, colocación, endeudamiento, operación. Mala gestión incide negativamente en el desarrollo del negocio y subsistencia de éste.
Diego Enrique Fallas Bejarano	Cumplimiento normativo y regulatorio, obligaciones fiscales, conflictos laborales, contractuales, protección datos, derecho consumidor, ambiente.	Esencial y transversal, implicaciones legales, cumplir normativa. identificación y gestión riesgos, generar sanciones y problemas en reputación.
Jorge Luis Arce Solano	Decisiones operativas y financieras, probabilidad y consecuencia. Demandas por desconocimiento ley. Fiscalidad, políticas, registros.	Malas decisiones, cierre por incumplimiento reglamentos o fiscal, permea hasta riesgo operativo y financiero de la empresa.
Alejandra Peña Quesada	Sujeto a actividad económica. Ausencia de buenas prácticas gobierno corporativo, información confidencial y tratamiento de los datos personales y el cumplimiento.	Trabajo conjunto, recomendaciones, omisión consulta legal, contingencias. Especialización Derecho Corporativo y experiencia, protocolo conforme a normativa.
Ismael Gustavo Bustamante Rojas	Cumplimiento normativo, protección datos, contratos comerciales, propiedad intelectual recursos humanos. Adaptación Privacidad, seguridad de información.	Fundamental cumplir leyes y regulaciones, anticipar problemas estrategias mitigación. Relación bidireccional, más integración legal mejor identificación y gestión riesgos operativos.
Kendall David Ruiz Jiménez	Todo tiene riesgos, revisión contratos, procesos identificación de contratos rutinarios y no rutinario, procesos ingeniería línea de orden y revisión legal firma.	Es altísima, problema de la no existencia departamento legal o asesoría, prevención riesgos en aristas, ejecución, evitar firma contratos nulos. Riesgo sin revisión y ajustes.

Fuente: entrevista de elaboración, 2024.

Cabe indicar que, incluso en la misma formación de las personas entrevistadas, denota existir una relación de interés entre la Administración, el Derecho y la gestión de riesgo, demostrando así la convergencia de estas ramas en el tema de fondo que busca indagarse en este trabajo, pudiendo obtener así información de relevancia y atinencia.

La tabla 3 antes presentada muestra los resultados para la primera variable del trabajo, iniciando con las respuestas de los expertos elegidos, tanto en Ciencias Económicas, así como los abogados corporativos, en referencias a las áreas de mayor incidencia de riesgo jurídico empresarial, presentando los criterios esbozados por los expertos en ambas ramas del conocimiento, y en orden usual de las ciencias indicadas.

Primeramente y para efectos de las opiniones de los expertos en Ciencias Económicas resaltan las áreas de la reputación del negocio, así como las metodologías utilizadas para determinar los riesgos y el cumplimiento normativo, siendo estos puntos, quizás los de mayor relevancia e incidencia en las respuestas, señalando un claro eje temático dado por la precisión de las variables resgosas del negocio, la imperiosa necesidad de contar

con una metodología adecuada para esta diligencia, y en común ligamen al correcto cumplimiento regulatorio. Esto implica una integralidad administrativa en términos la identificación, la gestión y el control, tema que denota una relación clara con los pasos del proceso administrativo, siendo congruente con los expresado por Pérez (2012), al señalar la relevancia de estos puntos en la gestión de riesgo.

En adición a las áreas de importancia, y en congruencia con los abogados corporativos, se observa la relevancia de la gestión de contratos, la protección de datos y la información, la administración de recursos humanos, y la ausencia de prácticas de gobierno corporativo, tema que denota ser relevante y que pudiesen también ser definidas como variables principales en la gestión del riesgo jurídico empresarial (Sánchez *et al.*, 2019), mostrando su relevancia de ser contempladas como ejes fundamentales en la propuesta del modelo dada para el trabajo.

En adición, y siempre en referencia a las áreas que son de importancia en la gestión del riesgo jurídico empresarial, resaltan temas más puntuales, tales como los indicadores financieros de estabilidad,

**TABLA 3. RESULTADOS DE LA SEGUNDA VARIABLE CONCEPTO Y APLICACIÓN GERENCIAL DEL RIESGO JURÍDICO EMPRESARIAL**

Sujeto	Ítem 5 Concepto del riesgo jurídico empresarial	Ítem 6 Variables más importantes del riesgo jurídico empresarial
Fernando Montero Cordero	Administración sana de brechas de seguridad y posibles incumplimientos legales, con uso asertivo de herramientas de auditoraje y control.	Probabilidad de ocurrencia hecho de afectación. No determinación genera daños financieros. Cuantificación de probabilidad, cuantificar el riesgo y el impacto.
Diego Enrique Fallas Bejarano	Condiciones legales materiales posibles con consecuencias negativas principal incumplimiento de obligaciones legales, regulatorias y contractuales.	Cumplimiento regulatorio Obligaciones fiscales. Conflictos laborales. Obligaciones contractuales. Protección datos. Derecho consumidor. Ambiental.
Jorge Luis Arce Solano	Probabilidad de impacto negativo en el negocio de una mala gestión jurídica en la toma de decisiones, que afecte financieramente la organización.	Factores riesgo. Gobierno corporativo, conocimiento, aplicación y seguimiento de normativa a nivel gerencial y mandos medios. Finanzas y operatividad de la empresa.
Alejandra Peña Quesada	Potenciales contingencias legales de actuaciones negativas de personeros, de daño a la reputación, derivables en procesos judiciales o arbitrales.	Laborales, ambientales, cumplimiento normativo, gobernanza, prácticas anticorrupción, protección de la información, comunicación y aspectos tributarios.
Ismael Gustavo Bustamante Rojas	Demandas incumplimiento, sanciones. Probabilidad enfrentar consecuencias. Litigios, pérdidas, reputación. Exposición legal, evaluación y mitigación	Regulación sectorial, entorno económico y político, estructura contratos, gobernanza, cultura cumplimiento, estabilidad. Ética y transparencia, calidad procesos auditoría.
Kendall David Ruiz Jiménez	Situación negativa a la que está sujeta una empresa por no adherirse a una labor preventiva y activa de parte de la asesoría legal para ejecutar sus negocios.	Tamaño de la organización, experiencia legal del asesor, monto del negocio o transacción, debida diligencia.

Fuente: entrevista de elaboración, 2024.

liquidez y rentabilidad, así como los derechos del consumidor, temas fiscales, incluso aspectos ligados al medio ambiente, puntos que, al ser carácter específico, debe considerarse como variables adyacentes de un eventual modelo matemático (Caridad y Ocerin, 2016).

El segundo reactivo de interés analizado en esta variable versa sobre la relación entre el área legal y el riesgo jurídico empresarial, implicación que busca indagar en referencia a la atinencia y pertinencia de la operatividad jurídica en el desarrollo normal y adecuado de la empresa, que tal cual señalan Campiña y Fernández, (2010), debe ser reflejo de una coordinación conjunta y ordenada entre todas las áreas del giro comercial del negocio y de la entidad.

Primeramente, y para los primeros tres expertos en Ciencias Económicas, es consecuente y congruente la vital importancia de la existencia de un departamento o área legal en la gestión de las empresas, en particular atención al adecuada diligencia del cumplimiento de la normativa aplicable al desarrollo de la actividad empresarial y su derivaciones, señalándose a su vez, lo que parece ser una labor preventiva en materia del riesgo, pues señalan la importancia de esta gestión jurídica, en aras de evitar posibles sanciones, multas o similares,

tema que evidencia de forma pertinente lo que parece ser una barrera previa de mitigación del riesgo empresarial (Diz, 2022).

Por otra parte, los profesionales en Derecho entrevistados, también concuerdan con la alta incidencia e importancia de la existencia y trabajo conjunto de un departamento legal en una empresa, pues no solamente es necesaria su integración para con el resto de las áreas, sino que además, por medio del adecuado seguimiento en el aseguramiento del cumplimiento normativo de las regulaciones aplicables, logran mitigarse el riesgo eventual de distorsiones al buen funcionamiento del giro comercial, implicando que el área legal es fundamental en a las empresas y su operación.

Otros puntos de interés, que parecen cumplir la función de coadyuvar a la mitigación de riesgo jurídico empresarial, son observables en la creación de un protocolo para su manejo y gestión, así como una constante actualización en términos de la normativa vinculante, además de una revisión clara y a fondo de los contratos y sus procesos de firma, esto en aras de evitar vicios de nulidad en su posterior aplicación (Calatayud, 2009), esto sin restar importancia a indicadores financieros y comerciales, tales como el crédito, el cobro, la deuda, y su control.

Con base en los resultados obtenidos para la segunda variable, y en términos específicos de la definición del concepto del riesgo jurídico empresarial, puede observarse una consistencia epistemológica en los profesionales en Ciencias Económicas, donde el concepto de la probabilidad de ocurrencia de un hecho pasa a ser el punto de partida, siendo este el dato relativo que permite al estructuración de concepto, pues señala la posibilidad material del acaecimiento de la situación que ocasione un daño o un perjuicio (Lacruz *et al.*, 2004).

Puede adicionarse y en línea de las respuestas de estos tres sujetos, que lo referente al cumplimiento normativo y la correcta gestión de la toma de decisiones, parece ser el sustento para determinar un adecuado manejo del riesgo en cuestión, mostrando de forma clara su ligamen con respecto al uso de herramientas de auditoría y control, que tal cual señala Estupiñán (2015), son elementos de importancia para la mitigación de posibles hechos dañosos que afecten a la empresa, tema evidenciable en lo dispuesto por los expertos en términos de su afectación financiera.

En esta misma línea de la definición del concepto del riesgo jurídico empresarial, y en referencia a las respuestas brindadas por los expertos en Ciencias Jurídicas, logra observarse una relativa congruencia con los primeros tres entrevistados, donde resalta la existencia de una condición negativa de afectación a la empresa, derivada de una mala administración jurídica, resaltando las consecuencias de litigios, sanciones, así como la reputación.

Puede observarse, además, el enfoque hacia la prevención y mitigación del riesgo propiamente, considerando aspectos como una correcta asesoría y diligencia jurídica por parte de la empresa, temas que demuestran ser barreras de contención del riesgo, que tal cual señala Martínez (2007), permiten una labor preventiva y evitan futuras contingencias y problemas.

Cabe adicionar que estos profesionales señalan aspectos de importancia tales como el riesgo de reputación, evitar ulteriores procesos litigiosos y arbitrales, así como la exposición legal, puntos de especial relevancia en la correcta gestión corporativa y la toma de decisiones gerenciales para el negocio.

En referencia al segundo reactivo asignado para esta unidad investigativa, se indaga en relación con las variables que componen el riesgo jurídico empresarial,

o bien, entendidas también como las área, factores, aristas o puntos conformantes del concepto en general, y que son de relevancia para su estructuración conceptual y aplicativa desde un punto de vista gerencia.

En primer lugar, y con relación a los profesionales en Ciencias Económicas, destaca el elemento probabilístico, congruente con lo planteado por Anderson *et al.*, (2008), ligada precisamente, al evento que pudiese derivar en eventuales daños y afectaciones empresariales. Para estos efectos, los expertos entrevistados señalan también una incidencia directa en el área financiera, así como impactos y consecuencias operativas, punto que evidentemente tendría una repercusión directa en el correcto y adecuado giro de negocio de la entidad.

Adicionalmente, se observan puntos ligados al área tributaria, los temas laborales, las obligaciones contractuales e incluso el medio ambiente, pero con especial atención a la gestión del gobierno corporativo, variables que pueden considerarse como adyacentes o de refuerzo (Font, 2011), y que deben ser contempladas como elementos que pudiesen terminar por estructura y determinar el nivel de riesgo.

Finalmente, para los profesionales en Derecho, de igual forma se da una convergencia en las mismas áreas antes señaladas, con atención particular a la gobernanza, la protección de la información, la estructura de los contratos, temas que parecen ser de carácter operativo y jurídico, reflejándose en herramientas de corte táctico y aplicativo (Hurtado, 2008), donde se señalan también otros aspectos de interés, tales como la ética, las políticas anticorrupción, la transparencia, la cultura y el conocimiento del asesor jurídico aristas a considerarse de carácter ontológico y moral (Olaso, 2008).

Un punto adicional de interés hace mención al entorno económico y político, el cual también pudiese ser coligado a otro aspecto indicado por los expertos referente al tamaño de la empresa, elementos que parecen ser estructurales del negocio y que conlleva consigo el conocimiento a fondo de la empresa y su giro.

Para efectos de la última variable del trabajo, y en relación a los indicadores o datos necesarios y pertinentes para la medición del riesgo jurídico empresarial, y con base en las respuestas de los profesionales en Ciencias Económicas, puede observarse un primer enfoque hacia la importancia del conocimiento normativo, así como al costo financiero de posibles situaciones

**TABLA 4. RESULTADOS DE LA TERCERA VARIABLE MÉTRICAS Y ALGORITMOS DE CORRELACIÓN GERENCIAL DEL RIESGO JURÍDICO EMPRESARIAL**

Sujeto	Ítem 7 Indicadores o datos de evaluación y medición del riesgo jurídico empresarial	Ítem 8 Métricas, fórmulas, algoritmos pertinentes a un modelo de riesgo jurídico empresarial.
Fernando Montero Cordero	Riesgos definidos y potenciales, capacitación, conocimiento normativo, instrumentos tecnológicos de amenazas y mitigación.	Herramientas de análisis de operatividad, fallas, causa efecto y controles. Riesgo = probabilidad por impacto.
Diego Enrique Fallas Bejarano	Contexto, sector y ubicación. Indicadores de análisis y respuesta. Frecuencia, costo, tipo y resultados de litigios.	Matriz probabilidad e impacto. Monte Carlo. Frecuencia Incidentes legales. Probabilidad de incidencia Costo del riesgo.
Jorge Luis Arce Solano	Valoración de normativa fiscal y financiero, recursos humanos, normativa operativa.	Modelos matemáticos, VAR, Monte Carlo, estadísticos. Detección y probabilidad, escenarios, histórico, porcentaje por experiencia.
Alejandra Peña Quesada	Procesos judiciales, tributos, pólizas, cargas, permisos, patentes, protocolos, contratos. Ambiental, laboral, proveedores, finanzas, intelectual.	Mediciones variables. Métrica territorio, actividad. Impacto negativo, identificar riesgos, controles, divulgación, seguimiento prevención.
Ismael Gustavo Bustamante Rojas	Litigios, duración, costo, cumplimiento, frecuencia y gravedad, evaluación de contratos, históricos, auditorías internas.	Probabilidad, impacto financiero, VaR, escenarios. Aprendizaje automático, patrones. Puntuación, priorización. <i>Machine learning</i> .
Kendall David Ruiz Jiménez	Partes contrato, antecedentes, información negocio. Prevención, orden, cumplimiento, ejecución, afectación, riesgo inteligente	Matriz de riesgo, examen objetivo del negocio debida diligencia sujeta a cada negocio, revisarse cada cierto tiempo.

Fuente: entrevista de elaboración, 2024.

legales, tema que denota la relevancia de la correcta gestión del área jurídica, punto que es resaltado también por los expertos al indicar la capacitación y conocimiento en este tema como puntos fundamentales, demostrando así un enfoque integral del riesgo evaluado y gestionado (Sánchez, 2023).

Un segundo grupo de indicadores señalados por los primeros tres entrevistados, hace mención al contexto del negocio, la frecuencia de eventos dañosos y su impacto financiero, puntos que denotan un enfoque hacia la importancia del establecimiento de parámetros y métricas que permitan gestionar de forma cuantitativa el riesgo jurídico empresarial, definiéndose como un elemento coligado a la toma de decisiones. En adición a esto, los expertos señalan la importancia de la mitigación y el uso de tecnología, variables que se señalan como de refuerzo en la administración riesgosa en cuestión.

Lo anterior es productivo con lo señalado por Brito (2018), quién denota una relación directa entre la cuantificación del riesgo y la operación de la empresa, esto desde una perspectiva operativa e integral. Esto también es observable en las repuestas de los profesionales en derecho en referencia a los indicadores de importancia, resaltando, resaltando la evaluación de los procesos judiciales, litigios, así como la revisión constante de la documentación asociada con el giro de negocio,

con un claro enfoque a la medición del impacto de las situaciones legales que la empresa deba solventar desde un punto de vista procedimental o litigioso, implicando un impacto financiero y estratégico general.

Una aproximación adicional a los indicadores ligados a los datos ligados al riesgo jurídico empresarial, es detallada por los abogados corporativos, al señalar la integridad de las áreas jurídicas, tales como la laboral, la tributaria, la ambiental, así como aspectos comerciales, tales como los proveedores y la información de las partes involucradas en los contratos, señalando un claro enfoque hacia una interpretación global del Derecho Corporativo en coligamiento directo a la toma de decisiones financieras y gerenciales (Ehrhardt y Brigham, 2007).

En referencia al último ítem asignado para esta variable, el cual hace mención a las métricas y algoritmos pertinentes para la medición y gestión del riesgo jurídico empresarial, los profesionales en el área económica señalan con especial importancia el uso de herramientas ligadas a la probabilidad de incidencia, y su afectación eventual dada por algún suceso, señalando ser la aproximación de mayor relevancia en cuanto a la administración de la variable riesgosa. Esto denota ser consecuente con lo indicado por Sánchez (2023), quién da importancia a la probabilidad en la administración empresarial.

Otras ideas expresadas por estos expertos en esta línea señalan el uso de fórmulas ligadas a la sucesión e historicidad de escenarios, así como a herramientas asociadas a la simulación, así como el uso de estadísticos de medición, con relación a evaluación, prevención y seguimiento, denotan ser elementos de consideración para la gestión del modelo riesgo sugerido.

Por último, los profesionales en Derecho dan especial importancia a aspectos ligados al contexto del negocio como tal, ponderando aspectos como el giro comercial, el territorio, los controles y a la debida diligencia, indicando la importancia de ser analizados para cada empresa y situación en particular, punto que denota una integralidad y diversificación de las herramientas y variables ligadas al riesgo jurídico empresarial (Gutiérrez, 2015).

Algunos puntos adicionales de interés señalados por los abogados corporativos en este tema refuerzan el uso de técnicas probabilísticas, los valores de riesgo, así como una matriz para dicha diligencia, precisando también algoritmos de mayor profundidad tales como el aprendizaje automático y el *machine learning*, técnicas que pudiesen denotar una aplicación de mayor alcance en el modelo de riesgo sugerido. Estas respuestas implican un coligamen de las áreas jurídicas y gerenciales, donde la integralidad resalta ser el factor de éxito.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que los aspectos del conocimiento claro de la normativa, el cumplimiento regulatorio, y las gestiones operativas, financieras y de probabilidad, señalan ser los puntos de mayor relevancia, implicando una clara relación entre el manejo del marco jurídico atinente al giro del negocio, así como la correcta administración y los requisitos operativos y legales necesarios para la operación, lo que demuestra la necesidad de la existencia de métodos de control en estas áreas, siendo congruente con lo expresado por Lara (2005), al señalar dichas gestiones.
- De forma prioritaria, se concluye la importancia de contar con un departamento legal corporativo que pueda gestionar las mitigaciones y prevención del riesgo empresarial, pero cuya conformación cuente con perfiles integrales de profesionales, no solamente de formación

jurídica, sino además financiera y estadística, de manera que se cree un protocolo de riesgo que permita prevenir y mitigar malas prácticas que aceleren el riesgo, tales como el incumplimiento normativo, la mala gestión contractual y el riesgo operativo, reflejando así una integración del riesgo (Diz, 2022).

- Se concluye que el riesgo jurídico empresarial está conformado por dos áreas de vital importancia, siendo estas las aristas jurídicas y ramas legales que tienen afectación en el giro comercial de la entidad, y como segundo elemento conformante, la probabilidad y ponderación matemática de las áreas empresariales de funcionamiento estratégico y operativo, tales como la financiera, el mercadeo, producción y recursos humanos, implicando una integración multidisciplinar administrativa (Campiña, y Fernández, 2010).
- En relación las variables jurídicas de mayor importancia en el riesgo jurídico empresarial, puede concluirse que parece haber una separación en dos áreas, resaltando en primera instancia las estrictamente legales, y en un segundo lugar las sectoriales, señalando en la primera puntos tales como el área laboral, la tributaria, la normativa y requisitos legales, mientras que en la segunda clasificación se observan temas como lineamientos del sector, el tamaño y tipo de la empresa, la gobernanza, la auditoría, la gestión de la información y la debida diligencia, precisando así lo que señalan ser los pilares estructurales del riesgo ponderable (Sánchez *et al.*, 2019).
- Se concluye que el riesgo jurídico empresarial debe, al igual que cualquier variable de incidencia estadística, ser ponderando en función de su probabilidad de ocurrencia y sucesión, donde aspectos tales como la afectación de las operaciones de las áreas jurídicas involucradas, el impacto financiero y operativo, así como la toma de decisiones, se tornan en las variables adyacentes para su estructuración y conceptualización final, implicando así lo que parece ser la generación de un concepto con ambivalencia de aplicación, abarcando las Ciencias Empresariales y las Jurídicas, con una amplitud epistemológica (Navarro, 2011).

- Se concluye, y en relación a las herramientas pertinentes de gestión del riesgo, y desde una óptima económica, la utilización de herramientas de probabilidad y gestión del costo asociado, así como la cuantificación de la probabilidad y la incidencia, temas que repercuten en el pertinente uso de datos históricos y la generación de escenarios, puntos que repercuten en métricas tales como el análisis de varianza, la simulación estadística, las matrices de probabilidad y el costo asociado, enfoque que es congruente con lo planteado por Anderson *et al.*, (2008) al señalar la necesidad de un medición múltiple que asegure mejores resultados.
- En referencia a los indicadores jurídicos pertinentes para la gestión del riesgo jurídico empresarial, se concluye que es fundamental el uso de la carga procesal pendiente, el uso de protocolos de cumplimiento, los históricos de litigios, la

prevención jurídica, la gestión de contratos, así como el orden de trabajo y la línea de producción jurídica, esto en términos de su incidencia directa en el negocio, y desde una perspectiva de la cuantificación de los elementos legales existentes en el flujo operativo de la empresa, implicando así una correlación entre las operaciones jurídicas empresariales y la probabilidad final del riesgo evidenciable (Brito, 2018).

- En definición a la afectación final del riesgo jurídico empresarial, se establece la conclusión referente a su incidencia e impacto final, el cual debe estar dado en concordancia de todas las áreas jurídicas, y aristas operativas incidentes en la operación de la empresa y su giro comercial, implicando la necesidad de contemplar un dato ponderado de riesgo individual para cada aspecto de las ramas jurídicas, pero evidenciable en un dato final de riesgo general y gerencial (Gutiérrez, 2015).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, J. (2004). *¿Cuántos impuestos existen en Costa Rica? Estos son los tributos que se cobran y la recaudación de Hacienda en últimos 10 años*. Tomado el 28 de Julio del 2004 desde: <https://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/impuestos-en-costa-rica-estos-son-los-tributos-que/5KBKEFJIO5FLLH3JNZIAKUN7SU/story/>
- Anderson, D., Sweeney, D., y Williams, T. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. (10<sup>ma</sup> ed.). México: Cengage Learning.
- Arroyo, J. (2013). *Régimen Tributario costarricense: Marco general y principales tributos*. Costa Rica: Ulacit. Revista Derecho en Sociedad. Num. 4.
- Asamblea Legislativa. (2024). *Constitución Política*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2024). *Ley del impuesto sobre la renta*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2024). *Ley del impuesto sobre el valor agregado*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2024). *Ley del impuesto sobre bienes inmuebles*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2024). *Código de normas y procedimientos tributarios*. Costa Rica
- Asamblea Legislativa. (2024). *Código de Trabajo*. Costa Rica
- Asamblea Legislativa. (2024). *Ley del impuesto a las personas jurídicas*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2023). *Ley de promoción de la competencia y defensa efectiva de consumidor*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2022). *Ley marco del contrato de factoreo*. Costa Rica
- Asamblea Legislativa. (2022). *Ley de biodiversidad*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2022). *Ley forestal*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2022). *Código de Comercio*. Costa Rica
- Asamblea Legislativa. (2021). *Ley para la gestión integral de residuos*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2021). *Ley sobre letra de cambio y pagarés electrónicos*. Costa Rica
- Asamblea Legislativa. (2021). *Ley de derechos de autor y derechos conexos*. Costa Rica
- Asamblea Legislativa. (2021). *Ley orgánica del ambiente*. Costa Rica.

- Asamblea Legislativa. (2019). *Ley de fortalecimiento a las autoridades de competencia en Costa Rica*. Costa Rica
- Asamblea Legislativa. (2012). *Ley de aguas*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2011). *Ley sobre arbitraje comercial internacional basada en la ley modelo de la comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2008). *Ley de marcas y otros signos distintivos*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2001). *Ley de simplificación tributaria*. Costa Rica.
- Asamblea Legislativa. (2001). *Ley constitutiva de la Caja Costarricense del Seguro Social*. Costa Rica.
- Barrantes, R. (2014). *Investigación: Un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. (2<sup>nda</sup> ed.). Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Besley, S., y Brigham, E. (2009). *Fundamentos de Administración Financiera*. (14<sup>va</sup> ed). México DF: Cengage Learning.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación para Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales*. México, D. F.: Pearson.
- Bisquerra, R. (2000). *Métodos de investigación educativa*. Barcelona: Grupo Editorial Ceac, S.A
- Brito, D. (2018). *El riesgo empresarial*. Universidad y Sociedad, 10(1), 269-277.
- Calatayud, V. (2009). *Temas de Derecho Privado*. San José Costa Rica: V. Calatayud P.L
- Campaña, G., y Fernández, M. (2010). *Empresa y Administración*. Madrid: Editex.
- Caridad, J. y Ocerin, J. (2016). *Econometría: modelos econométricos y series temporales. Tomo 2: Con los paquetes micro-TSP y TSP*. Spain: Reverte.
- Diz, E. (2022). *Gerencia de riesgo empresarial*. Colombia: Ediciones De la U.
- Ehrhardt M. y Brigham E. (2007). *Finanzas Corporativas*: México D.F.2da. Edición International Thompson Editores
- Encabo, M. (2015). *Estudios sobre derechos de propiedad intelectual*. Madrid: Editorial Reus S.A.
- Estupiñán, R. (2015). *Administración de riesgos E.R.M. y la auditoría interna*. Colombia: Ecoe Ediciones.
- Font., B. (2011). *Programación matemática para la economía y la empresa*. (2<sup>nda</sup> ed.) España: Universitat de Valencia.
- García, R., Velar, L., y Cañadas, A. (2009). *Análisis de los estados contables en el nuevo PGC 2008*. España: ESIC.
- Gómez, M. (2009). *Introducción a la Metodología de Investigación científica*. (2<sup>nda</sup> ed.). Argentina: Editorial Brujas.
- Gutiérrez, J. (2015). Gestión del riesgo jurídico empresarial y solvencia legal internacional de las compañías multinacionales y transnacionales. *Diálogos De Saberes*, (43), 113-139. <https://doi.org/10.18041/0124-0021/dialogos.43.165>
- Hernández. (2015), *Constitución Política de la República de Costa Rica*. Costa Rica
- Hurtado, (2008). *Principios de Administración*. Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano
- Jaramillo, D. (2011). *Del Derecho laboral al Derecho del trabajo*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Jiménez, G. (2009). *Derecho Mercantil*. (13<sup>va</sup> ed.). Barcelona: Ediorial Ariel S.A.
- Lacruz, J., Delgado, J., y Parra, M. (2004). *Nociones del Derecho Civil Patrimonial e Introducción al Derecho*. (4<sup>ta</sup> ed.). Madrid: Dykinson
- Lara, A. (2005). *Medición y control de riesgos financieros*. Mexico: Limusa.
- Martínez, J. (2007). *Introducción al análisis de riesgos*. México: Limusa.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2024). *Acerca del MINAE*. Tomado el 26 de Julio del 2024 desde: <https://www.minae.go.cr/acercaMinae/index.aspx>
- Ministerio de Economía Industria y Comercio. (2024). *Aumentó la cantidad de microempresas en el país*. Tomado el 28 de Julio del 2024 desde: <https://www.meic.go.cr/comunicado/940/aumento-la-cantidad-de-microempresas-en-el-pais.php>
- Ministerio de Economía Industria y Comercio. (2024). *Misión*. Tomado el 27 de Julio del 2024 desde: <https://www.meic.go.cr/web/82/meic/mision.php>
- Ministerio de Economía Industria y Comercio. (2024). *Trámites y servicios*. Tomado el 14 de Julio del 2024 desde: <https://www.meic.go.cr/web/58/tramites-y-servicios.php>
- Ministerio de Hacienda. (2024). *Información tributaria*. Tomado el 21 de Julio del 2024 desde: <https://www.hacienda.go.cr/InformacionTributaria.html>

- Ministerio de Hacienda. (2024). Misión, Visión, y Valores Institucionales. Tomado el 21 de Julio del 2024 desde: <https://www.hacienda.go.cr/MisionVisionValores.html>
- Ministerio de Salud. (2024). *Marco estratégico*. Tomado el 27 de Julio del 2024 desde: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/ministerio-de-salud/informacion-general/marco-estrategico>
- Ministerio de Trabajo. (2024). *Trámites y servicios*. Tomado el 14 de Julio del 2024 desde: <https://www.mtss.go.cr/>
- Natera. R. (2007). *Fiscalidad de los contratos civiles y mercantiles*. España: Editorial CIIS.
- Navarro, J. (2011). *Epistemología y metodología*. México: Grupo editorial Patria.
- Normasinternacionalesdecontabilidad.es. (2016). NICs. Tomado el 24 de Julio del 2024 desde: <http://www.normasinternacionales-decontabilidad.es/nic/nic.htm>
- Olaso, L. (2008). *Introducción al Derecho. Introducción filosófica al estudio del Derecho. Tomo I*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Pérez, K. (2012). *Metodología para la administración del riesgo empresarial*. España: Editorial académica española.
- Poder Ejecutivo. (2015). *Reglamento a la Ley de fortalecimiento de las pequeñas y medianas empresas*. Costa Rica.
- Poder Ejecutivo Costa Rica. (2011). *Decreto 36576*. Tomado el 28 de Julio desde: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_articulo.aspx?param1=NRA&nValor1=1&nValor2=70315&nValor3=84801&nValor5=4](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_articulo.aspx?param1=NRA&nValor1=1&nValor2=70315&nValor3=84801&nValor5=4)
- Poder Judicial Costa Rica. (2024). *Diccionario del Poder Judicial*. Empresa Privada. Tomado el 28 de Julio del 2024 desde: <https://dicionariosusual.poder-judicial.go.cr/index.php/diccionario/empresa%20privada#:~:text=%7C%7C%20Unidad%20econ%C3%B3mica%20o%20agrupaci%C3%B3n,inversi%C3%B3n>.
- Rebollo, P. y Ábalos, E. (2022). *Metodología de la Investigación / Recopilación*. Argentina: Editorial Autores de Argentina.
- Registro Nacional. (2024). *Historia institucional*. Tomado el 8 de Agosto del 2024 desde: <http://www.registronacional.go.cr/Institucion/index.htm>
- Sánchez, J. (2024). Estudio de la operativización del riesgo jurídico empresarial en la gestión gerencial en el primer semestre del 2024 y propuesta de modelo de sistematización y cuantificación. Universidad Latina de Costa Rica.
- Sánchez, J. (2023). *Fusiones y adquisiciones; un enfoque financiero y gerencial*. Costa Rica. Editorial UNED:
- Sánchez, J. (2021). Triple funcionalidad del empresario; Socio, directivo y asalariado: Un enfoque administrativo y jurídico. *Revista Nacional de Administración*, 12(1), e3362. <https://dx.doi.org/10.22458/rna.v12i1.3362>
- Sánchez, J., Chacón, L., y Hernández, E., (2019). *Modelo de medición de riesgo empresarial para la gestión de MIPYMEs en Costa Rica: Un análisis exploratorio*. España: Small Business International Review. Vol. 3. pp. 49-68
- Secretaría Técnica Nacional. (2024). *Sobre nosotros*. Tomado el 25 de Julio del 2024 desde: <https://www.setena.go.cr/es/Nosotros>
- Superintendencia General de Entidades Financieras. (2006). *Manual de Identificación y Registro del Grupo Vinculado y los Grupos de Interés Económico en la SUGEF*. Costa Rica: Dirección General Servicios Técnicos. Departamento de Información Crediticia Unidad de Grupos de Interés Económico y Control de Límites
- Torrealba, A. (2009). *Derecho Tributario: Principios generales y derecho tributario material*. Costa Rica: Editorial Jurídica Continental





# USO INNOVADOR Y SOSTENIBLE DE LA MADERA EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA: EL CASO DE LA FUNDACIÓN LOUIS VUITTON

Recibido: 5 mayo, 2025 • Revisado: 19 de junio, 2025 • 01 de julio, 2025

Vernor Lines Sancho, José  
Roberto Vega-Baudrit,  
y Armando Rojas

## RESUMEN

El edificio de la Fundación Louis Vuitton (LV), diseñado por Frank Gehry y ubicado en el Bois de Boulogne de París, es un ícono de la arquitectura contemporánea que combina arte, ingeniería y sostenibilidad. Este artículo explora el uso innovador de la madera en su construcción, destacando el empleo de madera laminada cruzada (CLT) y madera laminada encolada (Glulam). Se analizan las propiedades estructurales de este tipo de materiales, su contribución a la sostenibilidad y los posibles desafíos técnicos superados durante la construcción. Basado en una revisión de literatura científica y técnica, este trabajo demuestra cómo la madera -en términos generales- puede ser un material viable para proyectos arquitectónicos de alta gama, estableciendo un precedente para futuras construcciones.

**Palabras clave:** Fundación Louis Vuitton, madera laminada cruzada (CLT), madera laminada encolada (Glulam), arquitectura sostenible, Frank Gehry, ingeniería estructural, construcción innovadora.

## ABSTRACT

The Louis Vuitton Foundation building, designed by Frank Gehry and located in Paris' Bois de Boulogne, is an icon of contemporary architecture that combines art, engineering, and sustainability. This article explores the innovative use of timber in its construction, highlighting the use of cross-laminated timber (CLT) and glulam timber (Glulam). The structural properties of these materials, their contribution to sustainability, and the technical challenges overcome during construction are analyzed. Based on a scientific and technical literature review, this work demonstrates how wood can be a viable material for high-end architectural projects, setting a precedent for future construction.

**Keywords:** Louis Vuitton Foundation, cross-laminated timber (CLT), glulam (Glulam), sustainable architecture, Frank Gehry, structural engineering, innovative construction

Vernor Lines Sancho es una figura destacada en el ámbito de la arquitectura costarricense, reconocido tanto por su obra edificatoria como por su pensamiento crítico y su compromiso con el desarrollo urbano sostenible. También es bien conocida su faceta como artista en el ámbito de la pintura costarricense.

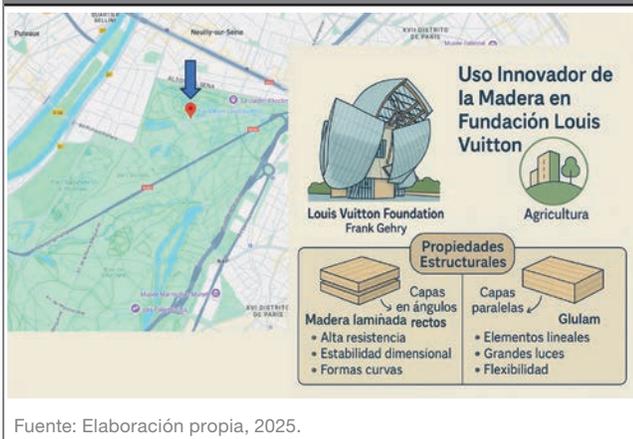
José Vega Baudrit es Director del Laboratorio Nacional de Nanotecnología LANOTEC CENAT (Costa Rica). Es profesor de LEAD University y de la Universidad Nacional, Escuela de Química.

Armando Rojas Esquivel es Coordinador del Observatorio de Diplomacia Científica del CeNAT/CONARE y profesor del curso Economía Política Internacional de la Escuela de Administración Pública de la UCR. Tiene un MBA de la Universidad de Ottawa y es egresado de Economía de la UCR.

## INTRODUCCIÓN

La Fundación Louis Vuitton ejemplifica la estrategia de la marca para trascender el comercio minorista de lujo tradicional mediante el compromiso con el arte contemporáneo. Esta fundación en el Bois de Boulogne de París representa un espacio utópico que conecta la marca con el mundo del arte. Refleja una tendencia más amplia entre las marcas de lujo a colaborar con artistas y crear espacios que realcen su valor cultural más allá de los intereses comerciales (Manlow, 2019). En la Figura 1, se observa la ubicación del Edificio de la Fundación Louis Vuitton LV, París, Francia

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL EDIFICIO DE LA FUNDACIÓN LOUIS VUITTON (LV), PARÍS, FRANCIA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

El edificio de la Fundación Louis Vuitton (Figura 2), inaugurado en 2014, es un museo de arte contemporáneo que se erige como un hito arquitectónico en París. Diseñado por Frank Gehry, el edificio se caracteriza por sus formas orgánicas y su estructura compleja, que desafía los límites de la ingeniería y el diseño. Uno de los aspectos más destacados de su construcción es el uso innovador de la madera, específicamente madera laminada cruzada (CLT) y madera laminada encolada (Glulam), materiales que combinan resistencia, flexibilidad y sostenibilidad (Brandner *et al.*, 2016).

Este artículo revisa el papel de la madera en la construcción del edificio, analizando sus propiedades estructurales, su impacto ambiental y los desafíos técnicos asociados. Además, se discuten las implicaciones de este proyecto para futuras construcciones de alta gama.

FIGURA 2. EDIFICIO DE LA FUNDACIÓN LOUIS VUITTON (LV), DISEÑADO POR FRANK GEHRY Y UBICADO EN EL BOIS DE BOULOGNE DE PARÍS, FRANCIA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

## USO DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO

### Madera Laminada Cruzada (CLT)

La madera laminada cruzada (CLT) es un material compuesto por capas de madera maciza encoladas en ángulos rectos, lo que le confiere una alta resistencia y estabilidad dimensional (Brandner *et al.*, 2016). En el edificio de la Fundación Louis Vuitton, el CLT se utilizó para crear las formas curvas y los grandes voladizos que definen su diseño. Según Espinoza *et al.* (2016), el CLT es ideal para estructuras complejas debido a su capacidad para ser prefabricado y ensamblado con precisión milimétrica (Figura 3).

FIGURA 3. EMPLEO DEL GLULAM EN LA ESTRUCTURA INTERNA DEL EDIFICIO DE LA FUNDACIÓN LOUIS VUITTON (LV), EN PARÍS, FRANCIA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

## Madera Laminada Encolada (Glulam)

El Glulam, por su parte, consiste en capas de madera encoladas en la misma dirección, lo que lo hace ideal para elementos lineales como vigas y columnas (Lehmann, 2012). En el edificio, el Glulam se utilizó para soportar cargas estructurales y crear espacios interiores amplios y libres de obstrucciones. Su flexibilidad permitió a Gehry materializar su visión arquitectónica sin comprometer la integridad estructural.

## EMPLEO DE LA MADERA EN CONSTRUCCIÓN

La madera utilizada en la construcción de este edificio en particular fue seleccionada por su alta resistencia y durabilidad. Según Karacabeyli y Lum (2014), el CLT ofrece una relación resistencia-peso superior a la de materiales tradicionales como el acero y el hormigón, lo que lo hace ideal para estructuras complejas. Además, su capacidad para ser prefabricado reduce los tiempos de construcción y minimiza los errores en obra (Sandberg *et al.*, 2014).

Un estudio realizado por Frangi *et al.*, (2009) demostró que el CLT también tiene un excelente comportamiento frente al fuego, ya que la carbonización superficial protege el núcleo de la madera, manteniendo su resistencia estructural durante un incendio. Esta propiedad fue crucial para cumplir con los estrictos códigos de seguridad franceses.

En términos generales, el uso de madera en la construcción de edificios presenta tanto ventajas como desafíos. El uso de madera es valorado por su sostenibilidad y disponibilidad, pero enfrenta limitaciones debido a su susceptibilidad al fuego y propiedades mecánicas limitadas.

### Propiedades de la Madera

La madera es un material de construcción sostenible y versátil, ampliamente utilizado en la construcción de edificios debido a sus propiedades estructurales, térmicas, acústicas y ambientales. Su uso en la construcción está impulsado por la necesidad de materiales sostenibles que reduzcan el impacto ambiental y mejoren la eficiencia energética de los edificios. En la tabla 1, se muestran algunas comparaciones en el uso de maderas y concreto como material de construcción de edificios.

- Propiedades Mecánicas y Resistencia al Fuego:** La madera tiene una alta relación resistencia-peso, lo que la hace adecuada para aplicaciones estructurales como vigas y marcos. Esta característica permite la construcción de estructuras ligeras pero fuertes, lo que es beneficioso en áreas sísmicas (Asdrubali *et al.*, 2017; Arriaga *et al.*, 2023; Teaching Aids, 2021). La madera de abeto muestra una buena resistencia a la flexión y compresión, aunque estas propiedades pueden variar según la orientación de las fibras y el tratamiento aplicado (Fajdiga *et al.*, 2019; Rosner *et al.*, 2007). El abeto tratado con resinas como la boric-fenol-formaldehído muestra mejoras significativas en sus propiedades mecánicas y resistencia al fuego, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones estructurales (Kong *et al.*, 2017). La ortotropía de la madera, que se refiere a sus propiedades direccionales, es una característica clave que influye en su comportamiento estructural. Factores como la duración de la carga, el contenido de humedad y la temperatura afectan sus propiedades mecánicas (Arriaga *et al.*, 2023; Raposo *et al.*, 2017).
  - Densificación y Mineralización:** La mineralización con fosfato de calcio y la densificación del abeto mejoran su resistencia al fuego y sus propiedades mecánicas, aumentando la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad en un 203% y 220%, respectivamente (Yang *et al.*, 2024).
  - Propiedades térmicas y acústicas:** La madera es un excelente aislante térmico debido a su baja conductividad térmica, lo que contribuye a la eficiencia energética de los edificios. Esto es especialmente relevante en la construcción de edificios de bajo consumo energético o pasivos (Asdrubali *et al.*, 2017; Švajlenka & Kozlovská, 2019). Por otro lado, los elementos de madera pueden minimizar la transmisión de sonido, mejorando el confort acústico en los edificios (Asdrubali *et al.*, 2017; Teaching Aids, 2021).
- La madera y los materiales basados en madera tienen la capacidad de absorber el sonido, lo que es crucial para reducir la reverberación en espacios cerrados. Los coeficientes de absorción de sonido varían según el tipo de madera y su tratamiento. Por ejemplo, los tableros de partículas

**TABLA 1. COMPARATIVA EN EL USO DE MADERA Y CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO**

Criterio	Madera	Concreto	Cita
Reducción de Emisiones de CO <sub>2</sub>	Reduce entre 30 y 130 kg C por m <sup>2</sup> de área de piso; construcción híbrida reduce emisiones hasta en un 65%	Emite más CO <sub>2</sub> en su producción y construcción	Gustavsson <i>et al.</i> , 2006 Zhang <i>et al.</i> , 2023
Almacenamiento de Carbono	Almacena carbono durante su vida útil, contribuyendo a la mitigación del cambio climático	No almacena carbono	Zhang <i>et al.</i> , 2023 Talvitie <i>et al.</i> , 2022
Huella de Carbono	Menor huella de carbono a lo largo de su ciclo de vida	Mayor huella de carbono en su ciclo de vida	Nässén <i>et al.</i> , 2012 Talvitie <i>et al.</i> , 2022
Reducción de Peso y Carga	Estructuras más ligeras reducen la carga base	Estructuras más pesadas con mayor carga base	Zhang <i>et al.</i> , 2023
Eficiencia Energética	Requiere menos energía para mantener el clima interior	Mayor consumo energético para regulación térmica	Fischer <i>et al.</i> , 2023
Rapidez de Construcción	Construcción más rápida, reduciendo tiempos	Construcción más lenta	Konovalov, 2022
Costos de Construcción	En algunos contextos, como en Finlandia, puede ser más económica que el concreto	Generalmente más costoso, especialmente con protecciones contra incendios y climáticas	Laitinen <i>et al.</i> , 2024

Fuente: Elaboración propia, 2025.

y los tableros de fibras de densidad media muestran diferentes niveles de absorción dependiendo de la frecuencia del sonido (Culik *et al.*, 2020; Smardzewski *et al.*, 2015).

El coeficiente de absorción de sonido es un indicador clave de la capacidad de un material para absorber sonido. Materiales como el tablero de cemento (CTD) han mostrado altos niveles de absorción, especialmente en frecuencias específicas, lo que los hace adecuados para aplicaciones donde se requiere reducción de ruido (Culik *et al.*, 2020).

Procesos como el lavado con mezclas de etanol-acetona pueden mejorar significativamente las propiedades acústicas de la madera, aumentando la eficiencia de conversión acústica y la amortiguación de vibraciones. Estos tratamientos afectan positivamente la densidad y el módulo de elasticidad de la madera (Daeepour *et al.*, 2023).

La modificación térmica de la madera puede alterar sus propiedades acústicas, como el coeficiente de absorción y la velocidad de propagación del sonido. La madera de pino, por ejemplo, muestra un aumento en el coeficiente de absorción en ciertas frecuencias tras la modificación térmica (Mania *et al.*, 2023).

### Aplicaciones Culturales y Ecológicas

- **Construcción Tradicional:** En las aldeas Dong de China, el abeto se utiliza tradicionalmente en la

construcción de casas de madera, aunque su alta inflamabilidad es un riesgo (Wu y Liu, 2024).

- **Impacto Económico:** En regiones como Oregón, el uso de madera de abeto en construcciones de gran altura ha demostrado generar impactos económicos positivos, superando a las construcciones tradicionales de concreto (Scouse *et al.*, 2020).

### Influencia de Factores Ambientales y Estructurales

- **Edad y Estructura del Bosque:** La estructura del bosque y la edad del árbol influyen en las propiedades mecánicas. Los bosques con estructuras regulares, ya sea post-incendio o post-tala, tienden a tener una mayor rigidez en comparación con los bosques de crecimiento antiguo (Cardona *et al.*, 2024).
- **Densidad de la Madera:** Aunque la densidad no siempre refleja completamente las propiedades mecánicas, es un indicador importante de la calidad técnica del tejido de la madera (Jelonek *et al.*, 2024).

### Tratamientos y Modificaciones

- **Tratamientos Hidrotérmicos:** El tratamiento hidrotérmico al vacío del abeto mejora sus propiedades físicas, como la eficiencia de exclusión de humedad y la eficiencia anti-hinchazón, lo que puede ser útil para controlar la calidad

del material (Hsieh *et al.*, 2022). El módulo de elasticidad en flexión y compresión es un indicador clave de la rigidez de la madera de abeto. Este puede disminuir con el tratamiento térmico, especialmente a temperaturas más altas (Hasanagic *et al.*, 2023).

- **Modificación Química:** La modificación química, como la metacrilación y la polimerización *in situ*, puede aumentar significativamente la rigidez y el módulo de cizallamiento de la madera, aunque puede disminuir la rigidez específica debido al aumento de densidad (Olaniran *et al.*, 2019; Mendez *et al.*, 2019). La modificación de la madera de abeto con compuestos como el poliéster insaturado biobasado puede mejorar su rendimiento integral, ofreciendo un método verde y de bajo costo para mejorar su uso en construcciones sostenibles (Xiu *et al.*, 2024).

Otro ejemplo es el uso del adhesivo de ácido cítrico-glucosa (CAG) de base biológica, producido por la reacción de esterificación de la glucosa y el ácido cítrico, muestra el potencial de sustituir a los adhesivos industriales de resina de urea-formaldehído existentes con una excelente fuerza de unión y resistencia al agua (Li *et al.*, 2022).

## SOSTENIBILIDAD E IMPACTO AMBIENTAL

A pesar de sus ventajas, la madera enfrenta desafíos como la resistencia al fuego y la durabilidad. Se están desarrollando laminados de madera con propiedades mejoradas de resistencia al fuego y aislamiento térmico para abordar estos problemas (Chen *et al.*, 2020). La investigación continua en productos de madera ingenierizados y tecnologías de fijación está ampliando las aplicaciones de la madera en estructuras de gran envergadura y edificios de varios pisos (Fink, 2019). En el caso del uso de la madera en la construcción del edificio de la Fundación Louis Vuitton no solo responde a criterios estéticos y estructurales, sino también a consideraciones de sostenibilidad. Según Nakano, Karube y Hattori (2020), la madera es un recurso renovable que, cuando se gestiona de manera responsable, tiene un impacto ambiental significativamente menor que otros materiales de construcción. Además, la madera actúa como un sumidero de carbono, lo que reduce la huella de carbono del edificio.

El proyecto también incorporó prácticas de construcción sostenible, como la prefabricación de componentes de madera, que minimizó los residuos generados en obra (Ramage *et al.*, 2017). Estas prácticas alinean el edificio con los principios de la arquitectura sostenible y lo convierten en un referente para futuros proyectos.

## DESAFÍOS TÉCNICOS Y SOLUCIONES INNOVADORAS

La construcción del edificio presentó numerosos desafíos técnicos, particularmente en lo que respecta al uso de la madera en una estructura de tal complejidad. Uno de los mayores desafíos fue garantizar la estabilidad estructural de los grandes voladizos y las formas curvas. Para superar este desafío, se desarrollaron técnicas avanzadas de modelado y fabricación digital, que permitieron la creación de componentes de madera con una precisión milimétrica (Martínez *et al.*, 2017).

Además, el equipo de ingenieros trabajó en estrecha colaboración con Gehry para integrar los sistemas estructurales y mecánicos sin comprometer el diseño arquitectónico. Este enfoque interdisciplinario fue clave para el éxito del proyecto (De Araujo *et al.*, 2023).

## EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE MADERA VS. CONCRETO EN CONSTRUCCIÓN

La evaluación del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés) es una herramienta clave para medir el impacto ambiental de los materiales de construcción desde su producción hasta su desecho. En el contexto de la construcción, la madera y el concreto son dos materiales ampliamente utilizados, cada uno con sus propias ventajas y desventajas ambientales.

### Impacto Ambiental Comparativo

La madera, en general, presenta menores impactos ambientales en comparación con el concreto. Estudios han demostrado que las construcciones de madera requieren menos energía en su fabricación, ensamblaje y operación en comparación con las de concreto y acero (Glover *et al.*, 2002; Minunno *et al.*, 2021). Además, las estructuras de madera tienden a tener un menor potencial de calentamiento global y toxicidad humana (Soust-Verdaguer *et al.*, 2020; Liang *et al.*, 2020).

Las construcciones híbridas que combinan madera y concreto pueden ofrecer un uso más racional de la madera, resultando en una menor huella de carbono en comparación con las estructuras de concreto puras (Rinne *et al.*, 2022). Sin embargo, el impacto ambiental puede variar dependiendo de la fase del ciclo de vida evaluada (Rinne *et al.*, 2022).

### Desempeño en Diferentes Categorías de Impacto

Las estructuras de madera suelen tener un menor impacto en el potencial de calentamiento global y en el uso de energía no renovable en comparación con las de concreto (Mitterpach *et al.*, 2022; Liang *et al.*, 2020). Sin embargo, en algunas categorías como el potencial de eutrofización, la madera puede tener un impacto mayor (Soust-Verdaguer *et al.*, 2020).

La madera, al ser un material renovable, puede contribuir a la reducción de emisiones de carbono, especialmente cuando se utiliza en grandes cantidades como en construcciones de madera masiva (Hemmati *et al.*, 2023). Sin embargo, el transporte y la instalación de estos materiales también generan emisiones que deben ser consideradas (Hemmati *et al.*, 2023).

### Desafíos y Direcciones Futuras

Es crucial considerar todas las fases del ciclo de vida de los materiales para obtener una evaluación precisa de su impacto ambiental. Diferentes enfoques en el modelado del ciclo de vida pueden llevar a conclusiones opuestas, lo que subraya la importancia de una evaluación integrada que incluya aspectos estructurales, ambientales y económicos (Marinković *et al.*, 2021).

La reducción del uso de materiales como el yeso y la proximidad de la producción de madera masiva al sitio de construcción pueden disminuir aún más la huella ambiental de las construcciones de madera (Liang *et al.*, 2020).

### Implicaciones para Futuros Proyectos

El éxito del uso de la madera en la construcción del edificio de la Fundación Louis Vuitton tiene implicaciones significativas para futuros proyectos de arquitectura de alta gama. Según Brown *et al.* (2021), este proyecto demuestra que la madera puede ser un material viable para la construcción de estructuras complejas y de gran escala, siempre que se utilicen técnicas avanzadas de diseño y fabricación.

Además, el edificio establece un nuevo estándar para la sostenibilidad en la arquitectura de alta gama, demostrando que es posible combinar innovación, estética y responsabilidad ambiental (Green y Karsh, 2012).

## CONCLUSIONES

El edificio de la Fundación Louis Vuitton es un ejemplo emblemático de cómo los materiales tradicionales pueden ser reinventados para cumplir con las exigencias de la arquitectura contemporánea. El uso innovador de la madera, específicamente la madera laminada cruzada (CLT) y la madera laminada encolada (Glulam), en este proyecto no solo ha demostrado su viabilidad como material de construcción para estructuras complejas, sino que también ha establecido un nuevo estándar para la sostenibilidad en la arquitectura de alta gama.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriaga, F., Wang, X., Íñiguez-González, G., Llana, D., Esteban, M., y Niemz, P. (2023). Mechanical Properties of Wood: A Review. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f14061202>
- Asdrubali, F., Ferracuti, B., Lombardi, L., Guattari, C., Evangelisti, L., y Grazieschi, G. (2017). A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden materials for building applications. *Building and Environment*, 114, 307-332. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.033>
- Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., y Thiel, A. (2016). Cross laminated timber (CLT): Overview and development. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(3), 331-351. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0999-5>
- Cardona, L., Couillard, P., y Achim, A. (2024). Lower wood stiffness in old-growth than in post-cut and post-fire stands indicates forest structure is a key driver of wood properties in black spruce. *Canadian Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2023-0199>
- Chen, G., Chen, C., Pei, Y., He, S., Liu, Y., Jiang, B., Jiao, M., Gan, W., Liu, D., Yang, B., y Hu, L. (2020). A strong, flame-retardant, and thermally insulating wood laminate. *Chemical Engineering Journal*, 383, 123109. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123109>
- Culik, M., Danihelová, A., Ondrejka, V., y Alac, P. (2020). Sound absorption on board construction materials used in wood buildings. *Akustika*. <https://doi.org/10.36336/akustika20203751>
- Daeepour, Z., Lashgari, A., Roohnia, M., Jahan-Latibari, A., y Safdari, V. (2023). Pine wood extraction by fermentation to improve its acoustical efficiency. *BioResources*. <https://doi.org/10.15376/biores.18.4.8062-8075>
- De Araujo, V., Aguiar, F., Jardim, P., Mascarenhas, F., Marini, L., Aquino, V., Santos, H., Panzera, T., Lahr, F., y Christoforo, A. (2023). Is Cross-Laminated Timber (CLT) a Wood Panel, a Building, or a Construction System? A Systematic Review on Its Functions, Characteristics, Performances, and Applications. *Forests*, 14(2), 264. <https://doi.org/10.3390/f14020264>
- Espinoza, O., Rodriguez-Trujillo, V., y Buehlmann, U. (2016). Cross-laminated timber: Status and research needs in Europe. *BioResources*, 11(1), 281-295. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.281-295>
- Fajdiga, G., Rajh, D., Nečemer, B., Glodež, S., y Šraml, M. (2019). Experimental and Numerical Determination of the Mechanical Properties of Spruce Wood. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f10121140>
- Fink, G. (2019). Editorial. *Wood Material Science & Engineering*, 14, 253-253. <https://doi.org/10.1080/17480272.2019.1653366>
- Fischer, H., Aichholzer, M., y Korjenic, A. (2023). Ecological Potential of Building Components in Multi-Storey Residential Construction: A Comparative Case Study between an Existing Concrete and a Timber Building in Austria. *Sustainability*, 15(8), 6349. <https://doi.org/10.3390/su15086349>
- Frangi, A., Fontana, M., Hugi, E., y Jübstl, R. (2009). Experimental analysis of cross-laminated timber panels in fire. *Fire Safety Journal*, 44(8), 1078-1087. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.07.007>
- Glover, J., White, D., y Langrish, T. (2002). Wood versus Concrete and Steel in House Construction: A Life Cycle Assessment. *Journal of Forestry*. <https://doi.org/10.1093/JOF/100.8.34>
- Green, M. C., y Karsh, J. E. (2012). The case for tall wood buildings. *WoodWorks*. <https://cwc.ca/wp-content/uploads/publications-Tall-Wood.pdf>
- Gustavsson, L., Pingoud, K., y Sathre, R. (2006). Carbon Dioxide Balance of Wood Substitution: Comparing Concrete- and Wood-Framed Buildings. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 667-691. <https://doi.org/10.1007/S11027-006-7207-1>
- Hasanagic, R., Fathi, L., Sefidruh, M., Bahmani, M., y Humar, M. (2023). Mechanical Performance of Heat-Treated Norway Spruce (*Picea abies*) Wood. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering*. <https://doi.org/10.31926/but.fwi.2023.16.65.2.7>
- Hemmati, M., Messadi, T., y Gu, H. (2023). Life Cycle Assessment of the Construction Process in a Mass Timber Structure. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16010262>
- Hsieh, M., Hung, K., Xu, J., Chang, W., y Wu, J. (2022). Characterization and Prediction of Physical Properties of Luan Fir Wood with Vacuum Hydrothermal Treatment. *Polymers*, 14. <https://doi.org/10.3390/polym14204374>
- Jelonek, T., Klimek, K., Naskrent, B., Tomczak, A., Grzywiński, W., Kopaczyk, J., Szwed, T., Grabowski, D., y Szaban, J. (2024). How the Spruce Ageing Process Affects Wood. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f15101737>

- Karacabeyli, E., y Lum, C. (2014). Technical guide for the design and construction of tall wood buildings in Canada. *FPIInnovations*.
- Kong, Y., Chen, Z., Lu, W., Liu, W., Mengyu, L., Yaling, S., Lijuan, T., y Wan, L. (2017). Evaluating the mechanical and fire-resistance properties of modified fast-growing Chinese fir timber with boric-phenol-formaldehyde resin. *Construction and Building Materials*, 154, 956-962. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.08.035>
- Konovalov, M. (2022). The use of wooden structures as an alternative replacement for reinforced concrete structures in a multi-storey building. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after. V. G. Shukhov*. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2022-7-6-17-24>
- Laitinen, M., Ilgin, H., Karjalainen, M., y Saari, A. (2024). Low-Carbon Emissions and Cost of Frame Structures for Wooden and Concrete Apartment Buildings: Case Study from Finland. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings14051194>
- Lehmann, S. (2012). Sustainable Construction for Urban Infill Development Using Engineered Massive Wood Panel Systems. *Sustainability*, 4(10), 2707-2742. <https://doi.org/10.3390/su4102707>
- Li, C., Lei, H., Wu, Z., Xi, X., Du, G., y Pizzi, A. (2022). Fully Biobased Adhesive from Glucose and Citric Acid for Plywood with High Performance. *ACS applied materials & interfaces*. <https://doi.org/10.1021/acsmi.2c02859>.
- Liang, S., Gu, H., Bergman, R., y Kelley, S. (2020). Comparative life-cycle assessment of a mass timber building and concrete alternative. *Wood and Fiber Science*, 52, 217-229. <https://doi.org/10.22382/wfs-2020-019>
- Mania, P., Flach, A., y Pilarska, M. (2023). Sound Wave Absorption Coefficient and Sound Velocity in Thermally Modified Wood. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app13148136>
- Manlow, V. (2019). The Fondation Louis Vuitton: A utopian space apart from the world of luxury retail. *Journal of Design, Business & Society*. [https://doi.org/10.1386/dbs.5.2.149\\_1](https://doi.org/10.1386/dbs.5.2.149_1).
- Marinković, S., Carević, V., y Dragaš, J. (2021). The role of service life in Life Cycle Assessment of concrete structures. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125610. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125610>
- Mendez, D., Olaniran, S., Rüggeberg, M., Burgert, I., Herrmann, H., y Wittel, F. (2019). Mechanical behavior of chemically modified Norway spruce: a generic hierarchical model for wood modifications. *Wood Science and Technology*, 53, 447-467. <https://doi.org/10.1007/s00226-019-01082-3>
- Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G., y Gruner, R. (2021). Investigating the embodied energy and carbon of buildings: A systematic literature review and meta-analysis of life cycle assessments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.110935>
- Mitterpach, J., Fojtík, R., Machovčáková, E., y Kubíncová, L. (2022). Life Cycle Assessment of a Road Transverse Prestressed Wooden–Concrete Bridge. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f14010016>
- Nakano, K., Karube, M., y Hattori, N. (2020). Environmental Impacts of Building Construction Using Cross-laminated Timber Panel Construction Method: A Case of the Research Building in Kyushu, Japan. *Sustainability*, 12(6), 2220. <https://doi.org/10.3390/su12062220>
- Nässén, J., Hedenus, F., Karlsson, S., y Holmberg, J. (2012). Concrete vs. wood in buildings – An energy system approach. *Building and Environment*, 51, 361-369. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2011.11.011>
- Olaniran, S., Michen, B., Mendez, D., Wittel, F., Bachtiar, E., Burgert, I., y Rüggeberg, M. (2019). Mechanical behaviour of chemically modified Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.): Experimental mechanical studies on spruce wood after methacrylation and in situ polymerization of styrene. *Wood Science and Technology*, 53, 425-445. <https://doi.org/10.1007/s00226-019-01080-5>
- Ramage, M. H., Burrige, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., ... y Scherman, O. (2017). The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 333-359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>
- Raposo, P., Correia, J., Sousa, D., Salavessa, M., Reis, C., Oliveira, C., y Jesus, A. (2017). Mechanical Properties of Wood Construction Materials from a Building from the 19th Century. *Procedia structural integrity*, 5, 1097-1101. <https://doi.org/10.1016/J.PROSTR.2017.07.087>
- Rinne, R., Ilgin, H., y Karjalainen, M. (2022). Comparative Study on Life-Cycle Assessment and Carbon Footprint of Hybrid, Concrete and Timber Apartment Buildings in Finland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020774>

- Rosner, S., Klein, A., Müller, U., y Karlsson, B. (2007). Hydraulic and mechanical properties of young Norway spruce clones related to growth and wood structure. *Tree physiology*, 27 8, 1165-78. <https://doi.org/10.1093/TREEPHYS/27.8.1165>
- Sandberg, D., Haller, P., y Navi, P. (2014). Thermo-hydro and thermo-hydro-mechanical wood processing: An opportunity for future environmentally friendly wood products. *Wood Material Science & Engineering*, 9(1), 64-88. <https://doi.org/10.1080/17480272.2012.751935>
- Scouse, A., Kelley, S., Liang, S., y Bergman, R. (2020). Regional and net economic impacts of high-rise mass timber construction in Oregon. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102154. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102154>
- Smardzewski, J., Kamisiński, T., Dziurka, D., Mirski, R., Majewski, A., Flach, A., y Pilch, A. (2015). Sound absorption of wood-based materials. *Holzforschung*, 69, 431-439. <https://doi.org/10.1515/hf-2014-0114>
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., y Moya, L. (2020). Comparative BIM-based Life Cycle Assessment of Uruguayan timber and concrete-masonry single-family houses in design stage. *Journal of Cleaner Production*, 277, 121958. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121958>
- Švajlenka, J., y Kozlovská, M. (2019). Effect of accumulation elements on the energy consumption of wood constructions. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2019.06.006>
- Talvitie, I., Amiri, A., y Junnila, S. (2022). Climate benefits of wooden construction in urban context. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1101. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/2/022048>
- Teaching Aids, (2021). Sustainable Public Buildings Designed and Constructed in Wood. <https://doi.org/10.7250/9789934225758>
- Wu, W., y Liu, X. (2024). Wood Construction Practices of the Dong Ethnic Group (Guangxi Province, China). *Prostor*. [https://doi.org/10.31522/p.32.1\(67\).5](https://doi.org/10.31522/p.32.1(67).5)
- Xu, T., Ju, X., Tang, H., y Xiang, W. (2024). Research on Enhancing the Comprehensive Performance of Fir Wood through Chemical Modification with a Biobased Unsaturated Polyester. *ACS Omega*, 9, 28816-28826. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c02820>
- Yang, J., Zhang, S., Qian, Y., Chen, H., Peng, Y., y Yu, Y. (2024). Investigation into the Performance Enhancement of Calcium Phosphate Mineralization-Compacted Chinese Fir. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f15030452>
- Zhang, X., Huang, W., Khajepour, M., Asgari, M., y Tannert, T. (2023). Seismic Performance and LCA Comparison between Concrete and Timber-Concrete Hybrid Buildings. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13071714>





# CASO DE ESTUDIO

## EN EL LÍMITE: DECISIONES CRÍTICAS EN LA PRODUCCIÓN DE DISPOSITIVOS MÉDICOS

Recibido: 12 de junio, 2025 • Revisado: 20 de junio, 2025 • Aceptado: 01 de julio, 2025

José Mauricio Alcázar Román

### RESUMEN:

ALROTEC Medical S.A. es una empresa costarricense especializada en la fabricación de dispositivos médicos de clase II y III, exportando principalmente al mercado estadounidense bajo regulaciones estrictas de la FDA y la norma ISO 13485. Uno de sus productos clave, el componente NeuroSeal XYZ, ha generado un conflicto interno tras la producción del lote #NS-0625, cuyo promedio dimensional (10.19 mm) se encuentra en el límite superior de especificación (USL = 10.20 mm). Aunque el lote cumple técnicamente con las especificaciones, el cliente –un hospital privado de alto perfil en EE. UU.– ha emitido una advertencia formal, recordando un incidente previo y advirtiendo sobre la posibilidad de un recall. El proceso presenta un Cpk de 0.83, lo que indica una capacidad limitada para mantenerse dentro de los límites de especificación de forma consistente. El caso plantea un dilema entre liberar el lote bajo cumplimiento técnico o retenerlo por riesgo funcional y reputacional. Se han generado documentos clave como un memo del jefe de producción defendiendo la liberación, un correo de advertencia del cliente, y una no conformidad interna bajo ISO 13485. Este escenario permite a los estudiantes aplicar herramientas de calidad, análisis estadístico, gestión de riesgos y toma de decisiones críticas en un entorno regulado, simulando una situación real de alta presión en la industria de dispositivos médicos.

**Palabras clave:** ISO 13485, FDA, Cpk, Capacidad del proceso, No conformidad, Tolerancia dimensional, Recall

### ABSTRACT

ALROTEC Medical S.A. is a Costa Rican company specializing in the manufacturing of Class II and III medical devices, primarily exporting to the U.S. market under strict FDA regulations and the ISO 13485 quality management standard. One of its key products, the NeuroSeal XYZ component, has triggered an internal conflict following the production of batch #NS-0625, whose average dimension (10.19 mm) is at the upper specification limit (USL = 10.20 mm). Although the batch technically meets specifications, the client –a high-profile private hospital in the U.S.– has issued a formal warning, referencing a previous incident and raising the possibility of a recall. The process shows a Cpk of 0.83, indicating limited capability to consistently stay within specification limits. The case presents a dilemma: whether to release the batch based on technical compliance or to withhold it due to functional and reputational risk. Key documents have been generated, including a memo from the production manager defending the release, a client warning email, and an internal nonconformity report under ISO 13485. This scenario allows students to apply quality tools, statistical analysis, risk management, and critical decision-making in a regulated environment, simulating a real-world high-pressure situation in the medical device industry.

**Keywords:** ISO 13485, FDA, Cpk, Process capability, Nonconformity, Dimensional tolerance, Recall

José Mauricio Alcázar Román es Ingeniero Industrial especializado en Calidad, docente de la Universidad UCR, UTN y LEAD University, Doctorando en Gestión Pública y Ciencias Empresariales, Socio Director de Opex Mentor y vicepresidente de la Junta de Protección Social de Costa Rica.

*“En el límite: decisiones críticas en la producción de dispositivos médicos”*

## INTRODUCCIÓN

En la industria de los dispositivos médicos, la toma de decisiones críticas no solo impacta la eficiencia operativa, sino que puede tener consecuencias directas en la salud y seguridad de los pacientes. Este caso se centra en una empresa ficticia llamada ALROTEC Medical S.A, especializada al diseño, fabricación y exportación de dispositivos médicos de clase II y III para el mercado estadounidense.

El caso propone la conformación de cuatro equipos de trabajo que deben analizar y sentar posiciones, dependiendo de su rol en la organización (Departamento de Producción, Departamento de Calidad, Auditoría interna y Gerencia General), donde deben debatir objetivos conjuntos empresariales, aprender de la toma de decisiones en ambiente de manufactura médica de alta especialización y buscar llegar a acuerdos en conjunto que más allá de sus posiciones y hasta egos, beneficien a la compañía sin colocarla en una posición crítica de cara al cliente.

Este escenario plantea un dilema técnico y estratégico para el equipo de Producción y Calidad: ¿debería liberarse el lote bajo cumplimiento técnico, o es necesario tomar medidas adicionales para garantizar la funcionalidad y proteger la reputación de la empresa? La decisión implica evaluar riesgos, costos, impacto en la relación con el cliente y cumplimiento normativo, en un entorno donde la calidad no es negociable.

**Disciplinas:** Ingeniería Industrial, Productividad Empresarial, Administración de la Calidad, Gerencia, Auditoría.

**Temas:** Liderazgo, toma de decisiones, trabajo en equipo, manejo presión, capacidad de proceso, negociación.

## OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE

- Aplicar herramientas estadísticas como Cpk (determina los límites de tolerancia para calcular la capacidad del proceso), AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas), y análisis de riesgo.
- Fomentar el debate ético-técnico entre producción, calidad, auditoría y gerencia.

- Desarrollar competencias de argumentación (debate), liderazgo técnico y toma de decisiones.
- Simular un entorno real de conflicto en la industria médica regulada.

## Dinámica

1. Lectura del caso (15 min) y generación de grupos (Grupo 1 Producción, Grupo 2 Calidad, Grupo 3 Auditoría, Grupo 4 Gerencia General).
2. Trabajo en grupos (30 min): cada grupo prepara su posición técnica. Se establece un locutor.
3. Exposición de posturas (10 min por grupo). Se permite repreguntas o replicas (5 min por grupo).
4. Debate cruzado moderado por el profesor (20 min).
5. Gerencia (Grupo 4) da su resolución final (5 min).
6. Auditoría (Grupo 3) otorga su recomendación (5 min).
7. Reflexión y cierre con discusión general (20 min)

## Contexto general

ALROTEC Medical S.A. es una empresa costarricense dedicada al diseño, fabricación y exportación de dispositivos médicos de clase II y III para el mercado estadounidense. La compañía opera bajo regulaciones estrictas de calidad FDA (“Food and Drug Administration USA” - Administración de Alimentos y Medicamentos EUA) y está certificada bajo ISO 13485 (norma internacional para sistemas de gestión de calidad (SGC) en la industria de dispositivos médicos), además de estar sujeta a auditorías periódicas de la FDA.

Un reciente lote de producción del dispositivo “NeuroSeal XYZ” –un componente plástico de alta precisión utilizado en neurocirugías– ha generado un conflicto interno. Algunas piezas del lote presentan dimensiones que están justo en el límite superior de especificación (USL Upper Specification Limit) y no es la primera vez. Aunque técnicamente no están fuera de especificación, su entrega podría representar un riesgo funcional y reputacional; su principal cliente hace un año generó una “no conformidad” por esta causa y aunque aceptó el lote, amenazó con un recall (devolución).

**Historia y perfil**

Fundada en 2018 en Costa Rica, ALROTEC Medical S.A. se ha consolidado como una empresa líder en el diseño y manufactura de dispositivos médicos de alta complejidad, especialmente para aplicaciones neurológicas y cardiovasculares. Con una planta de producción ubicada en una zona franca del Gran Área Metropolitana, ALROTEC emplea a más de 300 personas y exporta el 95% de su producción al mercado estadounidense. La empresa opera bajo un sistema de gestión de calidad certificado por la norma ISO 13485 y cumple con las regulaciones de la FDA, lo que le permite competir en mercados altamente regulados.

**Importancia del cliente**

El cliente involucrado en el caso representa aproximadamente el 40% de los ingresos anuales de ALROTEC. Se trata de una multinacional estadounidense con presencia global en cinco países, entre ellos Costa Rica, que exige altos estándares de calidad, trazabilidad y cumplimiento normativo. La relación comercial ha sido estratégica para el crecimiento de ALROTEC, pero también ha sido exigente en términos de cumplimiento técnico y contractual.

**Competencia y riesgos de perder el contrato**

El mercado de dispositivos médicos es altamente competitivo y exigente, con múltiples fabricantes en Asia, Europa y América Latina que ofrecen productos similares a menor costo. Perder este contrato no solo significaría una caída significativa en los ingresos de la compañía, sino también un golpe reputacional que podría afectar futuras licitaciones con otros clientes de alto perfil. Además, un recall o una no conformidad pública podría desencadenar auditorías extraordinarias por parte de la FDA.

**Historial de cumplimiento de calidad**

En los últimos cinco años, ALROTEC ha superado con éxito tres auditorías de la FDA y dos auditorías de recertificación ISO 13485. Sin embargo, en el último año, recibió una observación menor relacionada con la documentación de controles de cambio y una advertencia formal del cliente principal por una desviación dimensional similar a la del caso actual. Aunque no se impusieron

multas, la advertencia quedó registrada como un antecedente crítico en la relación comercial y se convierte en un histórico crucial para toda decisión a futuro.

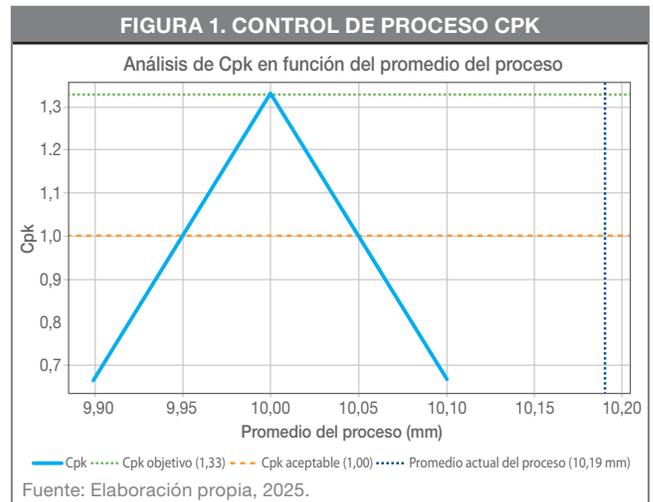
**Información técnica del caso**

- Especificación crítica del componente: 10,00 mm ± 0,20 mm
- Promedio del lote: 10,19 mm
- Desviación estándar: 0,05 mm
- Cpk estimado del proceso para esta característica: 0,83
- Historial de fallas funcionales con piezas de 10.19 mm: 2 eventos en los últimos 100.000 lotes
- Cliente principal: Hospital privado en Estados Unidos (riesgo reputacional alto)

**Implicaciones técnicas y de calidad:**

El valor promedio del lote se encuentra muy cercano (umbrales) al límite superior de especificación (USL), lo que indica una tendencia del proceso hacia ese límite.

El Cpk de 0,83 sugiere que el proceso no es capaz de mantenerse consistentemente dentro de los límites especificados, ya que un  $Cpk \geq 1,33$  es generalmente aceptado como indicador de un proceso robusto en la industria médica.



Aunque las piezas no están fuera de especificación, el historial de fallas funcionales y la sensibilidad del cliente aumentan el riesgo de rechazo o acciones correctivas severas.

FIGURA 2. IMAGEN Y GRÁFICA DE REFERENCIA



La figura 3 permite visualizar que, aunque el proceso se mantiene dentro de los límites de especificación, opera muy cerca del límite superior, lo que coincide con el bajo Cpk (0,83) y sugiere una capacidad limitada para absorber variaciones sin riesgo de no conformidad.

**Grupos de desarrollo**

La clase se divide en 4 grupos, cada uno con una misión específica dentro del caso:

**Grupo 1 - Departamento de producción**

Rol: Defensores de la continuidad operativa y cumplimiento de metas de entrega.

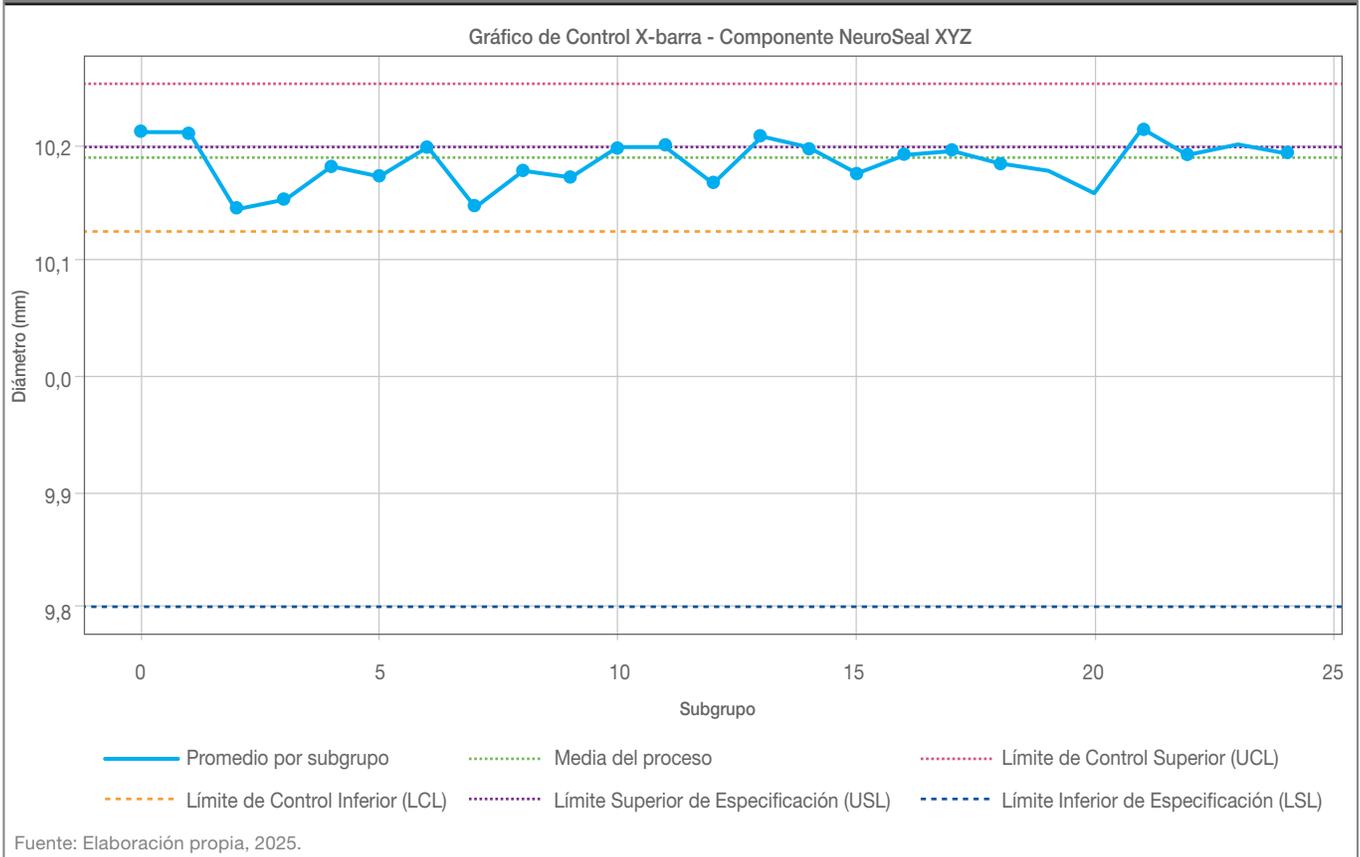
*Postura inicial esperada:*

Las piezas están dentro de especificación, por lo tanto, el lote es técnicamente aceptable.

Se han invertido recursos en este lote y detenerlo causará retrasos con el cliente.

Cualquier análisis adicional generará cuellos de botella.

FIGURA 3. CONTROL DEL PROCESO DEL DISPOSITIVO



*Preguntas guía para el grupo:*

¿Qué datos pueden usar para justificar la aceptación del lote?

¿Hay evidencia histórica de que estas piezas generen fallos funcionales?

¿Cómo podrían mejorar el control para evitar estar tan cerca del USL en el futuro?

**Grupo 2 – Departamento de calidad**

Rol: Guardianes del cumplimiento normativo y del diseño robusto del producto.

*Postura inicial esperada:*

Aunque están dentro del límite, estar en el borde del USL implica mayor riesgo funcional.

La empresa debe garantizar no solo conformidad, sino capacidad del proceso (Cp Índice de Capacidad del Proceso, Cpk Índice de Capacidad del Proceso Ajustado) y robustez.

Podría estar en juego la seguridad del paciente y la reputación empresarial.

*Preguntas guía para el grupo:*

¿Qué indicadores pueden usar para rechazar el lote desde el punto de vista estadístico?

¿Cómo comunicarían ese riesgo al resto de la organización?

¿Qué acciones preventivas proponen para que esto no se repita?

**Grupo 3 – Auditoría interna**

Rol: Evaluadores independientes. Su recomendación será clave para la decisión final.

*Postura inicial esperada:*

Analizarán datos objetivos de producción, calidad, riesgo, trazabilidad y posibles impactos regulatorios.

Su informe debe ser documentado, argumentado y técnico.

*Preguntas guía para el grupo:*

¿Qué evidencia necesitan recolectar para emitir una recomendación imparcial?

¿Pueden recomendar el uso de herramientas como AMEF, estudios de capacidad o análisis de riesgo?

¿Qué criterio usarán para decidir entre aprobar o rechazar?

**Grupo 4 – Gerencia general**

Rol: Toma de decisiones estratégicas y visión empresarial.

*Postura inicial esperada:*

Deben ser completamente imparciales con los grupos.

No pueden poner en riesgo la relación con un cliente clave ni comprometer la seguridad del producto.

Deben balancear entre resultados financieros, cumplimiento regulatorio y reputación.

Están abiertos a propuestas intermedias o soluciones que aseguren cumplimiento sin pérdida de confianza.

*Preguntas guía para el grupo:*

¿Qué riesgos asumen si aprueban el lote? ¿Y si lo rechazan?

¿Cuál sería una decisión equilibrada que proteja a la empresa y al paciente?

¿Cómo comunicarán su decisión a todas las partes interesadas?

**ANEXOS Y/O EVIDENCIAS**

Se establecen tres evidencias a considerar para el caso: 1. Memorando de producción, 2. Correo del cliente y 3. extracto de la norma ISO.

Se recomienda colocar gafetes a los involucrados para generar un efecto de pertenencia, punto 4 como referencias.

**1. MEMORANDO INTERNO**

De: **Ing. Matías Vargas A., Jefe de Producción**

Para: Comité de Calidad y Dirección Técnica

Asunto: Justificación para la liberación del lote #NS-0625 del componente NeuroSeal XYZ

Fecha: 27 de junio de 2025

**Resumen:**

El presente memorando tiene como objetivo justificar la liberación del lote #NS-0625 del componente NeuroSeal XYZ, el cual ha generado inquietudes debido a que su promedio dimensional se encuentra en el límite superior de especificación (10,19 mm). A continuación, se presentan los argumentos técnicos y operativos que respaldan esta decisión.

### 1. Cumplimiento con especificaciones técnicas

El lote cumple con la especificación crítica de  $10,00 \text{ mm} \pm 0,20 \text{ mm}$ , sin registrar ninguna pieza fuera de los límites establecidos (LSL: 9,80 mm, USL: 10,20 mm).

El promedio del lote (10,19 mm) se encuentra dentro del rango permitido, y la desviación estándar (0,05 mm) indica una variabilidad controlada.

### 2. Historial funcional y evidencia de desempeño

En los últimos 100.000 lotes, solo se han registrado 2 eventos funcionales asociados a piezas de 10.19 mm, lo que representa una tasa de falla de 0.002%, estadísticamente insignificante.

No se ha demostrado una relación causal directa entre el valor dimensional y el fallo funcional.

### 3. Impacto operativo y reputacional

El rechazo del lote implicaría una interrupción en la cadena de suministro, afectando los tiempos de entrega comprometidos con el cliente.

Se ha reforzado el control de calidad con inspección 100% para este lote, asegurando que no existan piezas fuera de tolerancia.

### 4. Plan de acción proactivo

Se ha iniciado una revisión del proceso para re-centrar la media hacia el valor nominal (10,00 mm) y mejorar el Cpk.

Se propone una reunión técnica con el cliente para presentar los datos y reforzar la confianza en el sistema de calidad de ALROTEC.

Atentamente,

**Ing. Matías Vargas A**

Jefe de Producción

ALROTEC Medical S.A.

## 2. CORREO DE ADVERTENCIA DEL CLIENTE

De: Sarah Thompson, Directora de Calidad Global

Para: Gerencia de Calidad – ALROTEC Medical S.A.

Asunto: Advertencia formal sobre lote #NS-0625 –

Posible acción de recall

Fecha: 27 de junio de 2025

Estimados,

Tras la recepción del informe dimensional correspondiente al lote #NS-0625 del componente NeuroSeal

XYZ, hemos identificado que el promedio del lote (10.19 mm) se encuentra nuevamente en el límite superior de especificación (USL = 10,20 mm). Esta situación ya había sido objeto de observación en una entrega anterior, y fue tolerada bajo el compromiso de implementar acciones correctivas inmediatas.

Dado el uso crítico del componente en procedimientos neuroquirúrgicos, y considerando que ya se han registrado eventos funcionales asociados a esta condición dimensional, nos preocupa seriamente la repetición del patrón. Como cliente, tenemos la responsabilidad de garantizar la seguridad del paciente y la integridad de nuestros productos.

Por lo tanto, les notificamos formalmente que:

Este lote será retenido en cuarentena hasta que se complete una revisión técnica conjunta.

En caso de confirmarse cualquier desviación funcional o riesgo clínico, nos reservamos el derecho de iniciar un proceso de recall preventivo, lo cual será reportado a las autoridades regulatorias correspondientes.

Solicitamos un informe técnico detallado en un plazo no mayor a 48 horas, incluyendo análisis de capacidad del proceso, historial de control estadístico y medidas correctivas implementadas.

Apreciamos la relación comercial con ALROTEC, pero reiteramos que la conformidad técnica no es suficiente si el desempeño funcional está en riesgo. Esperamos su pronta respuesta y colaboración para resolver esta situación de forma transparente y efectiva.

Atentamente,

**Sarah Thompson**

Directora de Calidad Global

NeuroSurgical Devices Inc.

## 3. EXTRACTO DE NO CONFORMIDAD ASOCIADA A ISO 13485

Sistema de Gestión de Calidad – ISO 13485:2016

Organización: ALROTEC Medical S.A.

Fecha de detección: 27 de junio de 2025

Detectado por: Auditoría interna / Comité de Calidad

Referencia del producto: NeuroSeal XYZ – Lote #NS-0625

Descripción de la no conformidad:

Se detectó que el lote #NS-0625 del componente NeuroSeal XYZ presenta un promedio dimensional de 10,19 mm, valor que se encuentra en el límite superior

de especificación (USL = 10,20 mm). Aunque las piezas cumplen con los requisitos dimensionales establecidos, esta condición ha sido identificada previamente como un riesgo funcional por el cliente principal, quien emitió una advertencia formal en 2024.

Requisito de la norma incumplido:

ISO 13485:2016 – Sección 8.2.2 y 8.3.1: Seguimiento y medición del producto / Control de productos no conformes

“La organización debe asegurarse de que los productos que no cumplen con los requisitos sean identificados y controlados para evitar su uso o entrega no intencionada.”

Clasificación de la no conformidad:

Mayor – Riesgo potencial para la seguridad del paciente y la conformidad regulatoria, con impacto en la relación contractual con el cliente.

Evidencia objetiva:

Informe dimensional del lote #NS-0625.

Historial de advertencia del cliente (correo fechado 15/08/2024).

Cpk del proceso: 0,83 (por debajo del mínimo aceptable de 1,00).

Registro de 2 fallas funcionales asociadas a piezas de 10,19 mm.

Acción inmediata recomendada:

Retención del lote en cuarentena.

Evaluación funcional adicional.

Comunicación formal con el cliente.

Revisión del plan de control y ajuste del proceso para recentrar la media.

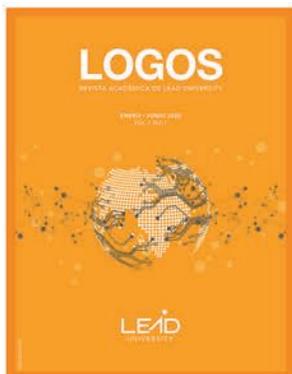
#### 4. GAFETES PARA INTEGRANTES DEL CASO



---

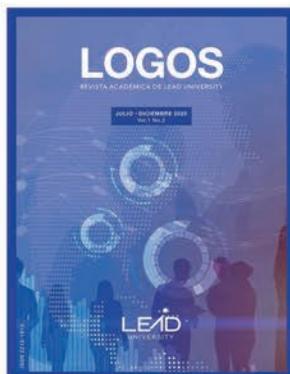
## REVISTA ACADÉMICA LOGOS

Primera revista académica de una universidad privada cosechada a nivel nacional e internacional en el repositorio de acceso abierto Kimuk.



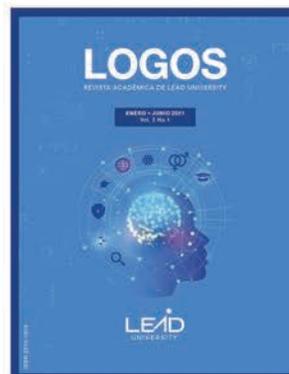
**VOL. 1 No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



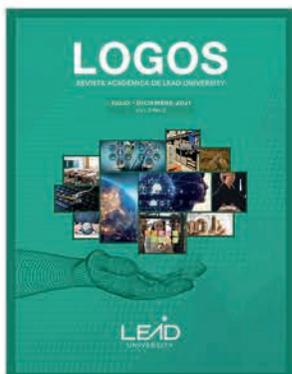
**VOL. 1 No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



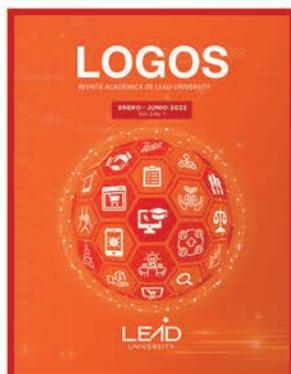
**VOL. 2 No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



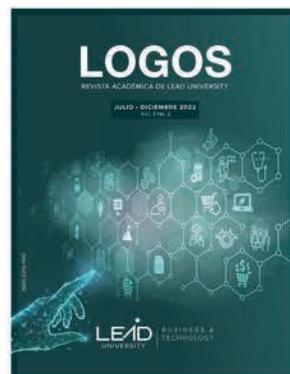
**VOL. 2 No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



**VOL. 3 No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



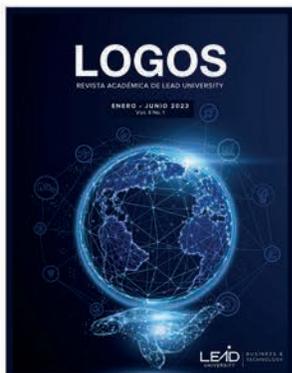
**VOL. 3 No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*

---

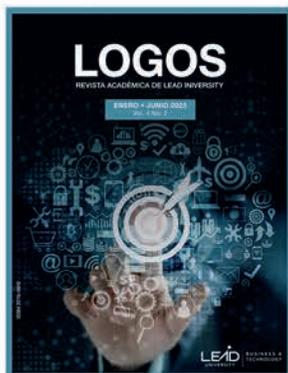
---

## REVISTA ACADÉMICA LOGOS



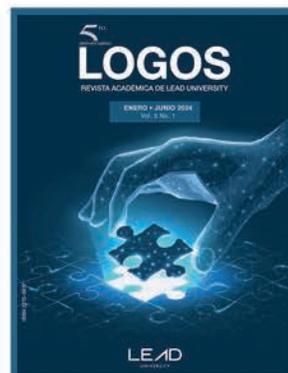
**VOL. 4 No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



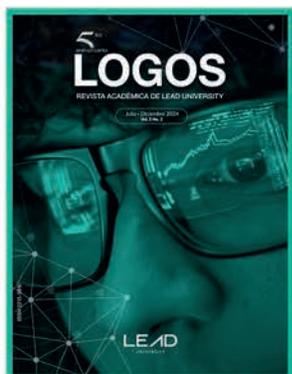
**VOL. 4 No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



**VOL. 5 No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



**VOL. 5 No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*



**VOL. 6 No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su smartphome para acceder a la revista*

---

---

## DEBATES DE POLÍTICA PÚBLICA



**SERIE DEBATES  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**PROPUESTA PARA UNA MEJOR REGULACIÓN  
DEL SECTOR ELÉCTRICO EN COSTA RICA**

*Uri Weinstok*



**SERIE DEBATES  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**EFECTOS Y DEFECTOS DE LA REGULACIÓN  
DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS EN COSTA RICA.  
NUEVOS DESAFÍOS ANTE NUEVOS PARADIGMAS**

*Dennis Meléndez Howell, Marlon Yong Chacón, José Eduardo Angulo Aguilar*



**SERIE DEBATES  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 3**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**¿ES NECESARIA UNA INTERVENCIÓN  
EN EL MERCADO DE MEDICAMENTOS DE COSTA RICA?**

*Diego Petrecolla, Uri Weinstok*

---

## COMPENDIOS DE POLÍTICA PÚBLICA



**COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 1**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**ACCIONES DE POLÍTICA PÚBLICA  
PARA LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA  
POST COVID-19**



**COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 2**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA POST INGRESO  
DE COSTA RICA A LA ORGANIZACIÓN PARA LA  
COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE)**



**COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 3**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA  
SOBRE LA FACILITACIÓN DE COMERCIO**



**COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 4**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA.  
DESAFÍOS COSTA RICA DIGITAL 2021**



**COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 5**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA. LA RECONFIGURACIÓN  
DE LAS CADENAS DE VALOR: EL PAPEL Y LAS  
IMPLICACIONES DEL NEARSHORING PARA LA REGIÓN**



**COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 6**

*Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista*

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA.  
COSTA RICA: UN AÑO DESPUÉS  
DE SU INCORPORACION A LA OCDE**

## COMPENDIOS DE POLÍTICA PÚBLICA



COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 7

Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA  
EL MERCADO DEL ARROZ: REGULACIÓN ACTUAL  
Y ACCIONES PARA SU APERTURA**



COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 8

Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA  
BENEFICIOS Y OPORTUNIDADES  
DE LA ATRACCIÓN DE NÓMADAS DIGITALES**



COMPENDIO  
DE POLÍTICA PÚBLICA No. 9

Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista

**DIÁLOGOS DE POLÍTICA PÚBLICA  
¿QUÉ SE ESPERA SOBRE LA EVOLUCIÓN  
DEL TIPO DE CAMBIO?**

## INVESTIGACIONES



SERIE INVESTIGACIONES No. 1

Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista

**COSTA RICA: UN PROCESO DE APERTURA INCONCLUSO.  
ANÁLISIS DE ECONOMÍA POLÍTICA DE LA APERTURA  
COMERCIAL Y EPISODIOS REVELADORES**

Ricardo Monge González, Luis Rivera Valerio



SERIE INVESTIGACIONES No. 2

Lea el código QR con la cámara de su  
smartphone para acceder a la revista

**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:  
ALINEAMIENTOS Y AVANCE DE EMPRESAS  
CON PRESENCIA EN COSTA RICA**

Roxana Viquez S., Irene Viquez S.



Julio • Diciembre 2025  
**Vol. 6 No. 2**

[www.lead.ac.cr](http://www.lead.ac.cr) / [library@ulead.ac.cr](mailto:library@ulead.ac.cr) / +506 4000-LEAD