

PRISMA Tecnológico

P-ISSN 2076-8133 | Volumen 16, N.º 1 | 2025 | Edición anual

Transformando la educación en ingeniería: adaptaciones necesarias en la era de la inteligencia artificial

**Entrevista a Javier Arregui
Primer consejero de la delegación de la Unión Europea en Panamá, coordinador regional para la cooperación en temas digitales y del espacio**

Indicadores operativos para un servicio periférico de autobuses utilizando sistemas automáticos de localización de vehículos

Caracterización por ultrasonido del multimaterial madera-malla-adhesivo

Indexada en:





















PRISMA Tecnológico (P-ISSN 2076-8133 | E-ISSN 2312-637X)

Es una publicación anual de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) que se realiza a través del Departamento de Editorial Universitaria, bajo el sello Editorial Tecnológica. Es una revista abierta indexada a LA TINDEX, que ofrece artículos de contenido tecnológico y científico multidisciplinarios, cuyo objetivo es divulgar conocimiento técnico-científico, comunicar temas de ingeniería y ciencias básicas y exactas, y presentar temas sociales desde una perspectiva técnica-científica, a profesionales y estudiantes de las diversas áreas de la ingeniería, así como al público nacional e internacional, de manera comprensible y amena, con claridad, amplitud y responsabilidad.

Revista PRISMA Tecnológico

El Departamento de Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica de Panamá, Jefa: Libia Bañista, Avenida Universidad Tecnológica de Panamá, Vía Puente Centenario, Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso, Edificio Orillac, Primer alto, Panamá, República de Panamá. Teléfonos: (507) 560-3703, 560-3441. Telefax: (507) 560-3442. Correo electrónico: editorial@utp.ac.pa, página web: <http://www.utp.ac.pa>, Apartado 0819-07289 El Dorado, Panamá, República de Panamá. La responsabilidad de los contenidos es de los autores de los artículos firmados y no de la Universidad Tecnológica de Panamá o sus miembros. A menos que se especifique lo contrario, la Universidad Tecnológica de Panamá ni comparte ni desapueba cualquier posición o acción propugnada en PRISMA tecnológico.

Correspondencia Editorial

Enviar a: directora del Comité Técnico, Dra. Aranzazu Berbey Álvarez, Investigadora, Vicerrectoría Académica, Universidad Tecnológica de Panamá, Avenida Universidad Tecnológica de Panamá, Vía Puente Centenario, Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso, Panamá, República de Panamá. Tel: (507) 560-3042, correo electrónico: aranzazu.berbey@utp.ac.pa

Presentación de Artículos para Evaluación y Publicación

PRISMA Tecnológico es una revista de divulgación tecnológica científica de carácter general, cuyos artículos o ensayos deben tener un carácter, forma y nivel científico, pero también deben mantener un perfil y redacción tales que permitan su lectura e interés a un público general, de personas interesadas en la tecnología y la ciencia. Los artículos no son del tipo de una revista altamente especializada o teórica. La revista está dirigida a profesionales del área tecnológica, estudiantes universitarios de carreras tecnológicas, docentes universitarios, investigadores y público en general.

PRISMA Tecnológico es una revista abierta a todos los interesados en publicar, es decir, que los autores de los artículos no tienen que ser miembros de la Universidad Tecnológica de Panamá. Además, son bienvenidos los trabajos, en particular, de los estudiantes universitarios de pregrado y postgrado con la orientación y colaboración de un profesor tutor. Cualquier aportación técnico-científica relacionada con algún área de la ingeniería en sus múltiples disciplinas es, en principio, susceptible de ser publicada en PRISMA Tecnológico.

PRISMA Tecnológico se ha diseñado con varias secciones que permiten incluir artículos de diversos tipos, desde escritos de opinión a ensayos técnicos y artículos originales con resultados de investigaciones o proyectos. Las secciones de artículos que incluye PRISMA son: Impacto, Tecnología y Sociedad, Actualidad Tecnológica, Tecnología a Fondo, Tecno I+D, Tecno-Historia. Cada artículo será evaluado por tres (3) evaluadores externos, mediante el método de "revisión por pares" para conocer su calidad técnica, la originalidad, la contribución científica, entre otros criterios relevante. La revisión por pares se rige por el método de "doble ciego" para garantizar un proceso de evaluación libre de sesgo o conflicto de interés. Los dictámenes finales serán emitidos por el Comité Editorial de Prisma Tecnológico.

Impacto: Trata de ensayos sobre una tecnología cuyo impacto en la evolución de la sociedad ha sido trascendental. Estos artículos deben incluir algo de la historia o evolución de la tecnología en cuestión, el impacto de la misma en los diversos aspectos de la sociedad, prospectiva, etc. Deben incluir aportaciones que reflejen la opinión del autor sobre el tema. La longitud máxima es de cinco (5) páginas. Se espera que sean artículos interesantes y orientados a lectores inteligentes y con formación científica, pero no expertos en un área en particular. Pueden incluir figuras y deben incluirse referencias.

Tecnología y Sociedad: Incluye artículos sobre temas de tecnología, educación o investigación, relacionados con problemáticas o realidades sociales. Deben incluir aportaciones que reflejen la opinión del autor sobre el tema. Deben tener carácter, forma y nivel científico (no tipo diario/periódico) - estar basado en estudios, datos, área de experticia del autor y deben incluir referencias. Pueden incluir figuras, tablas y gráficas y deben incluirse referencias.

Tecno-Historia: Encierra dos tipos de trabajos: biografías de científicos importantes o ensayos sobre la historia de alguna tecnología. Las biografías están limitadas a una (1) página por personaje y los ensayos a un máximo de tres (3) páginas. En ambos casos deben incluirse figuras y referencias.

Actualidad Tecnológica: Se trata de ensayos técnicos descriptivos sobre tecnologías actuales - se incluyen estudios del estado del arte, tutoriales o artículos de visión general (survey). Estos trabajos no son una publicación de investigaciones y no incluyen resultados de investigaciones. La cantidad de fórmulas matemáticas debe mantenerse al mínimo posible.

Tecnología a Fondo: Contiene artículos técnicos-científicos descriptivos sobre tecnologías que describen en forma bastante detallada, un aspecto relacionado con una tecnología, pero tratando de mantener el enfoque en la explicación de la esencia de una idea, estudio, experimento o tecnología, más que en los detalles matemáticos o de ejecución. La cantidad de fórmulas matemáticas debe mantenerse al mínimo posible.

Tecno I+D: Incluye artículos que describen los resultados originales derivados de investigaciones teóricas, experimentales y de desarrollo tecnológico, así como resultados derivados de trabajos de grado de estudiantes universitarios.

Todos los trabajos deben ser originales y no haberse publicado en ninguna otra revista o forma de publicación exclusiva. Los artículos se recibirán durante todo el año. Que un artículo sea aceptado no significa que vaya a ser publicado, ni crea ninguna obligación de la revista PRISMA Tecnológico en relación al artículo.

La guía para autores con sus especificaciones está disponible en: www.revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma

PRISMA TECNOLÓGICO

Directora del Comité Editorial
Dra. Aranzazu Berbey Álvarez
Centro Regional de Chiriquí
aranzazu.berbey@utp.ac.pa

Comité Editorial

Dra. Ana Muñoz
Universidad de Los Andes, (Venezuela)
anamunoz@ula.ve

Dr. Rolando Gittens, Ph.D.
Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta
Tecnología (INDICASAT-AIP)
rgittens@indicat.org.pa

Dr. Miguel Vargas Lombardo
Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales UTP
miguel.vargas@utp.ac.pa

Dr. Ronald Barzarte, Ph.D.
Electric Power Engineers, Inc.
rbarzarte@epeconsulting.com

Dr. José Hernández Rosas
Universidad de los Andes, (Venezuela)
epifitajh@gmail.com

Dr. Danilo Cáceres Hernández
Miembro de la IEEE, capítulo Panamá
danilo.caceres@ieee.org

Dr. Vladimir Villarreal
Centro Regional de Chiriquí UTP
vladimir.villarreal@utp.ac.pa

Dra. Nacari Marín
Centro Regional de Azuero UTP
nacari.marin@utp.ac.pa

Dr. Jesús B. Alonso Hernández
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España)
jesusalonso@ulpgc.es

Dr. Francisco Calvo-Poyo
Universidad de Granada, (España)
fcalvo@ugr.es

Dr. Juan de Dios Sanz-Bobi
Universidad Politécnica de Madrid, (España)
juan.de.dios.sanz@upm.es

Dr. Eng. Arkadiusz Kampczyk,
Department of Engineering Surveying and Civil Engineering,
Faculty of Mining Surveying and Environmental Engineering,
AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland
kampczyk@agh.edu.pl

Dr. Marek Mezitis
Riga Technical University, (Latvia)
marek@dzti.edu.lv



Mgter. Héctor Collado
Directora
Sr. Armando Pinillo
Mercadeo y Ventas

Diseño e impresión
Departamento de Comunicación Gráfica

Editorial



El año 2025 presenta nuevos desafíos en el ámbito de la ciencia, tecnología e ingeniería. En este sentido, la inteligencia artificial puede contribuir positivamente a la reducción de trabajo monótono y denso para lograr que los profesionales se concentren en aquellas tareas más complejas, demandantes y creativas, que requieran habilidades cognitivas superiores. Esto hace que sea necesario promover nuevas líneas de investigación que busquen esclarecer el impacto real de la IA en la educación superior. Entre los beneficios que puede traer la IA a la educación superior están el aprendizaje personalizado del estudiante, la evaluación y retroalimentación automatizada y en línea y las tutorías adaptativas para cada tipo de estudiante entre otros aspectos. Sin embargo, todo esto requiere que las instituciones de educación superior desarrollen estrategias para el aseguramiento de la integridad académica, la gestión de los datos personales y su privacidad y la prevención de sesgos en los algorítmicos y sus interpretaciones. La IA tiene el potencial para transformar la enseñanza y aprendizaje superior, dinamizar y optimizar las operaciones internas de las universidades y contribuir al fortalecimiento y la extensión de la investigación en las instituciones de educación superior.

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez
Universidad Tecnológica de Panamá
aranzazu.berbey@utp.ac.pa

PRISMA Tecnológico

Contenido P-ISSN | 2076-8133
Volumen 16, N.º 1 | 2025
| Edición anual

IMPACTO

ANRA: Un sistema automatizado de gestión de trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos.
Caso: FISC3-9

ENTREVISTA

Entrevista a la Dra. Erika M. Rodríguez Pinzón,
directora de la Fundación Carolina de España10-12

Entrevista a Javier Arregui
Primer consejero de la delegación de la Unión
Europea en Panamá, coordinador regional
para la cooperación en temas digitales y del espacio.....13-15

ACTUALIDAD TECNOLÓGICA

Transformando la educación en ingeniería:
adaptaciones necesarias en la era de
la inteligencia artificial16-23

TECNOLOGÍA A FONDO

Caracterización por ultrasonido del multimaterial
madera-malla-adhesivo24-30

Potencial de las arenas negras de la Riviera
Pacífica de Panamá para el desarrollo del geoturismo31-39

TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Economía plateada segura: desafíos y soluciones en
Ciberseguridad40-44

PRISMA Tecnológico

Contenido

P-ISSN | 2076-8133
Volumen 16, N.º 1 | 2025
| Edición anual

TECNOLOGÍA I+D

Indicadores operativos para un servicio periférico de autobuses utilizando sistemas automáticos de localización de vehículos45-50

Incidencia de la monotonía en las jornadas de trabajo de una empresa de tecnología51-56

Vulnerabilidad actual y futura de la seguridad hídrica, de la cuenca del río Changuinola, Panamá57-63

TECNO HISTORIA

Dr. Jacinto Convit García: médico, divulgador científico, profesor comprometido e investigador64-66

Eugenio Espejo: Médico, científico, prócer, periodista, abogado, filósofo, teólogo, escritor y traductor ecuatoriano67-69

Octavio Cordero Palacios70-71

GUÍA PARA AUTORES

Guía para Autores72-75



Universidad Tecnológica de Panamá

AUTORIDADES

Dra. Ángela B. Laguna Caicedo.
Rectora Encargada

Ing. Angelino Harris
Vicerrector Académica Encargado

Dra. Lilia E. Muñoz A.
Vicerrectora de Investigación, Postgrado
y Extensión

Ing. Alfredo Jiménez R.
Vicerrector Administrativo

Mgtr. Alex Matus M.
Vicerrector de Vida Universitaria

Mgtr. José Varcasia A.
Secretario General

Lcdo. Amilcar A. Díaz T.
Coordinador General de
los Centros Regionales

Revista indexada en

latindex

www.latindex.unam.mx

ANRA: Un sistema automatizado de gestión de trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos. Caso: FISC

Raúl I. Ramírez B. ^{ab}¹ , Angela R. Pellecchia M. ¹ , Belén Bonilla-Morales² 

¹Licenciatura en Ingeniería de Software – Universidad Tecnológica de Panamá,

²Departamento de Ingeniería de Software – Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, República de Panamá.

raul.ramirez@utp.ac.pa; angela.pellecchia@utp.ac.pa; belen.bonilla@utp.ac.pa;

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4037



Resumen: Entre los años 2015 y 2021, 19.04% de los estudiantes graduandos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Tecnológica de Panamá optaron por las modalidades teórica o teórica-práctica para el desarrollo y presentación de sus trabajos de graduación. Distintos desafíos relacionados con el proceso de presentación de estas modalidades sugieren una explicación a este porcentaje tan bajo. Con el objetivo de reducir estos desafíos e incrementar el porcentaje de estudiantes que opten por desarrollar trabajos de graduación teóricos y teórico-prácticos, en este artículo se propone el diseño y desarrollo de un software que permite gestionar estas modalidades de trabajo de graduación de tal forma que se agilicen los procedimientos relacionados y se mejore la experiencia de los estudiantes graduandos y de los demás roles involucrados. Se empleó el modelo de desarrollo en cascada para desarrollar un producto mínimo viable que cubre los requerimientos más importantes del software propuesto y se realizaron pruebas de usabilidad y funcionales para validar y verificar el prototipo. En base a los resultados de las pruebas realizadas, se determinó que el software propuesto contribuiría a que aumente el número de estudiantes que optan por una de dichas modalidades. Además, se obtuvieron altos niveles de satisfacción en el uso del prototipo, por lo que se concluye que el software propuesto tendrá una buena recepción en la comunidad universitaria y mejorará la gestión del proceso de presentación de trabajos teóricos y teórico-prácticos.

Palabras clave: automatización de procesos, modelo en cascada, sistema automatizado, trabajo de graduación teórico, trabajo de graduación teórico-práctico.

Title: ANRA: An automated system for the management of theoretical and theoretical-practical graduation projects. Case: FISC.

Abstract: Between the years 2015 and 2021, 19.04% of graduating students from the Faculty of Computer Systems Engineering at the Technological University of Panama opted for theoretical or theoretical-practical modalities for the development and presentation of their graduation projects. Various challenges related to the presentation process of these modalities suggest an explanation for this low percentage. With the aim of reducing these challenges and increasing the percentage of students who choose to develop theoretical and theoretical-practical graduation projects, this article proposes the design and development of software that allows managing these modalities of graduation work in such a way that the related procedures are streamlined, and the experience of graduating students and other roles involved is improved. The waterfall development model was employed to develop a minimum viable product that covers the most important requirements of the proposed software, and usability and functional tests were conducted to validate and verify the prototype. Based on the results of the tests carried out, it was determined that the proposed software would contribute to an increase in the number of students opting for one of these modalities. Additionally, high levels of satisfaction were obtained in the use of the prototype, so it is concluded that the proposed software will be well received in the university community and will improve the management of the presentation process for theoretical and theoretical-practical works.

Key words: Process automation, waterfall model, automated system, theoretical graduation project, theoretical-practical graduation project.

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 28 de mayo de 2024.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

En la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales (FISC) reglamenta las siguientes modalidades de trabajo de graduación: trabajo teórico, trabajo teórico-práctico, práctica profesional, cursos de postgrado, cursos en universidades extranjeras y certificación internacional.

Entre los años 2015 y 2021, 2237 estudiantes culminaron sus trabajos de graduación, según datos facilitados por la Secretaría Académica de la FISC. De estos, un 73.04% que equivale a 1634 estudiantes, eligió materias de postgrado como alternativa al trabajo de graduación, mientras que solo 426 estudiantes, un 19.04%, desarrollaron un trabajo de graduación teórico o teórico-práctico. Se entiende como trabajo teórico aquel centrado en una investigación destinada a profundizar sobre un tema en específico y trabajo teórico-práctico, una tesis caracterizada en aplicar fundamentos teóricos a la solución de un problema.

La crisis generada por la pandemia de Covid-19 condujo a la Vicerrectoría Académica de la UTP a desarrollar un documento titulado "Lineamientos para la tramitación digital y sustentación de trabajo de graduación". Este documento permitió cumplir con las exigencias del reglamento de trabajo de graduación en modalidad

virtual. La urgencia con la que se desarrolló esta guía expuso un proceso que existía hasta los inicios del año 2020, poco sistematizado y completamente manual al momento de gestionar los trámites que conllevan los trabajos de graduación. A grandes rasgos, el nuevo procedimiento establecido en esta documentación se maneja utilizando varias plataformas digitales como el correo electrónico institucional y Microsoft Teams.

Lo anterior sugiere una importante falencia en el proceso de desarrollo de las modalidades de trabajo teórico y trabajo teórico-práctico, que la Universidad debe subsanar a medida que da los primeros pasos para dejar atrás la virtualidad, no solo manteniendo las herramientas y optimizaciones de los procedimientos que surgieron y fueron de gran utilidad durante la crisis sanitaria, sino implementando otras medidas que incentiven a los estudiantes, y permitan que el proceso sea más eficiente.

Para poder mejorar el proceso de presentación de trabajos de graduación teóricos o teóricos prácticos, es importante analizar los factores que estas modalidades conllevan. Para ello se debe evaluar lo que establece el reglamento y qué implicaciones tiene cada aspecto del procedimiento.

Un aspecto importante que considerar a la hora de evaluar la realización de un trabajo teórico y teórico práctico es su viabilidad. El reglamento de trabajo de graduación de la FISC es el único medio directo y accesible para que un estudiante verifique si está calificado para presentar un trabajo de graduación. Además de consultar directamente con profesores o autoridades, no existe manera alguna de atender casos particulares que se puedan presentar debido a distintas circunstancias, y el problema recae en que muchas veces este reglamento no contempla casos de excepción o los deja abiertos “al consentimiento de la Comisión de Trabajo de Graduación”.

La elección de tema de trabajo de graduación también es importante. Los artículos 11, 12 y 32 del Reglamento de Trabajos de Graduación de la FISC, expuestos a continuación, regulan esto.

Artículo 11. El tema de Trabajo de graduación no podrá versar sobre material igual o específico que ya haya sido objeto de trabajo de graduación presentado previamente... En todo caso, los trabajos deberán mostrar aportes originales e independientes de los aportes o méritos alcanzados por el trabajo predecesor.

Artículo 12. El tema de Trabajo de Graduación teórico debe tener relación con una de las líneas de investigación propuestas por la FISC.

Artículo 32. Un tema de Trabajo de Graduación debidamente aprobado por el Vicedecanato Académico será exclusividad de su proponente por un período de hasta dos (2) años calendarios desde el momento de su inscripción. Parágrafo: El Decano podrá otorgar prórroga de hasta seis (6) meses [1].

Sin embargo, para poder velar por el cumplimiento de estos artículos, antes de presentar el anteproyecto es necesario ir a la biblioteca de la universidad y consultar los trabajos de graduación realizados, pero ¿qué sucede con los anteproyectos recién aprobados? No existe una forma rápida de conocer qué temas han sido aprobados con exclusividad en el instante preciso que se va a presentar un anteproyecto. Incluso, el proceso de

consultar los trabajos que reposan en la biblioteca tiene distintas falencias:

El sistema web para consultarlos no los tiene disponible en digital y las fechas de los que aparecen registrados en físico, datan del 2017. Por lo que es muy complejo tanto para los estudiantes, como para los profesores asesores y miembros de la comisión de trabajo de graduación determinar si realmente el tema que se está proponiendo no ha sido desarrollado anteriormente.

En esa misma línea, es muy difícil determinar si se están proponiendo aportes significativos para un trabajo de graduación existente, debido a que, según el reglamento del sistema de bibliotecas de la universidad, se establece que los trabajos de graduación solo se prestan “para consulta interna, en la Sala de Lectura” [2], lo que obliga a los estudiantes, profesores asesores y miembros de la comisión de trabajos de graduación, a asistir a la biblioteca y comparar in situ el anteproyecto que está siendo propuesto contra los existentes.

Esto es de suma importancia debido a que el tiempo máximo que puede tomar la aprobación o rechazo de un anteproyecto es de cuatro semanas, tiempo que, en caso de ser rechazado, se pudo ahorrar si se pudiese asegurar que no se está proponiendo un tema de trabajo de graduación que ha sido desarrollado antes o haya sido aprobado con exclusividad y se esté desarrollando actualmente.

Además de lo anterior, el procedimiento de presentación de un trabajo de graduación en estas modalidades se da en su mayoría de forma manual. No existe un sistema automatizado para llevar dicho proceso que cubra a la comunidad universitaria en su totalidad, entendiéndose estudiantes y profesores, lo que últimamente puede que esté influyendo en la notable minoría de estudiantes que optan por estas modalidades, debido a que para ellos el procedimiento es arcaico y tiene poca retroalimentación.

Por último, resulta complicado para los estudiantes en algunas ocasiones encontrar profesor asesor. En la actualidad no hay mecanismos de conocimiento público, más allá de consultar directamente con los profesores, para saber si un docente está facultado y tiene la disponibilidad para ser asesor de trabajos de graduación.

El presente trabajo propone a “ANRA”, un sistema que si es implementado completamente automatizará el proceso de presentación y sustentación de trabajos de graduación teóricos y teórico-prácticos en la FISC de forma que este proceso sea más eficiente y eficaz para todos los actores involucrados: Administrativos, Docentes y Estudiantes.

Además, contribuye al esfuerzo de las autoridades universitarias para potenciar la investigación científica en la facultad, facilitando la realización de trabajos teóricos y teóricos-prácticos. Las estadísticas generadas por el sistema proporcionan datos claves para respaldar y dar indicios para futuras investigaciones destinadas a potenciar la investigación en la universidad. De esta misma forma, el diseño en módulos del sistema permite su expansión para que el alcance de futuras investigaciones se extienda a otras facultades y otros centros de educación superior.

A continuación, se presentan los antecedentes y trabajos relacionados. En la siguiente sección se plantean los materiales y la metodología utilizada. Seguidamente, se destacan los resultados más relevantes del trabajo y la discusión de estos; y finalmente, se presentan las conclusiones.

2. Antecedentes y trabajos relacionados

Desde 1993, estudiantes graduandos han señalado la necesidad de sistematizar el proceso de trabajos de graduación, desde la concepción de la idea hasta la entrega de las calificaciones correspondientes. El primer trabajo que abordó el tópico propuso un sistema administrador de trabajos de graduación basado en archivos, utilizando el lenguaje de programación Foxbase+ y las técnicas de modelado propias de la década [3].

Años más tarde, se propuso un módulo de consulta web a la base de datos de trabajo de graduación de la FISC, desarrollado en Visual Basic. Como parte de este trabajo, se incluyeron ofertas de trabajos de graduación que propondrían los docentes, se aplicaron técnicas de modelado UML, se propuso un manual de usuario y se indicaron las formas de contactar a aquellos docentes que podrían ser asesores o evaluadores de tesis [4].

En el 2007, mediante otro trabajo de graduación, se estableció un módulo de captación y estadística de la base de datos de trabajos de graduación de la FISC. El aporte más significativo de este estudio es la extensión de los datos que almacenan de los docentes. Además de esto, es un sistema de base de datos desarrollado en ASP, que almacena, filtra y muestra los datos según parámetros determinados [5]. Ese mismo año, a través de otro trabajo de graduación, estudiantes propusieron un sistema de información automatizado para los trabajos de graduación de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UTP, utilizando Microsoft Access, el cual permite almacenar los datos generales de los trabajos y arrojar datos estadísticos aplicando filtros determinados [6].

En 2015, se propuso un sistema en línea para el registro y control de las opciones de trabajo de graduación. Este sistema le da control al administrador para agregar registros a la base de datos, y genera informes de propiedad intelectual. Esta propuesta plantea modelos UML y utiliza PHP y MySQL para su desarrollo [7].

En 2023, se diseñó un sistema web para la postulación y gestión de solicitudes de trabajos de graduación, siguiendo la metodología de desarrollo rápido de aplicaciones (RAD). Esta propuesta se elaboró para ser una herramienta de comunicación que enlaza a los estudiantes graduandos con los proyectos planteados por los profesores. En esta propuesta son los profesores quienes determinan qué estudiantes participan en los proyectos mediante un proceso basado en el perfil de los estudiantes [8].

Luego de revisar las propuestas similares en los últimos 27 años, revisamos sistemas disponibles similares al que se están proponiendo en este trabajo. En RWTH AACHEN UNIVERSITY se implementó un sitio web en el que se listan los proyectos en curso que pueden ser utilizados como trabajos de graduación, una breve descripción de estos, las tareas que se deben realizar como parte del proyecto, el perfil del estudiante que buscan y cómo contactar a la organización de este [9].

Thesis Apps proporcionó un sistema mediante el cual se puede publicar y consultar el texto de los trabajos de graduación y las formas de contacto de los autores. La característica más relevante es la posibilidad de agregar la información en distintos formatos incluyendo videos y audios [10]. Finalmente, la propuesta más significativa la planteó Creatrix Campus, su sistema administrador de tesis permite llevar el proceso administrativo, obtener aprobaciones, consultar el repositorio de trabajos existentes, entre otras funcionalidades [11].

3. Materiales y métodos

Para el desarrollo del proyecto, se siguió el modelo de desarrollo de software en cascada. A continuación, se presenta cómo las etapas del modelo en cascada fueron ejecutadas y cuáles fueron las herramientas o técnicas empleadas para cada una. Se utilizó la metodología en cascada debido a la limitada variabilidad de los requerimientos, al reducido número de miembros del equipo de trabajo y al alcance claro planteado para el proyecto.

3.1 Análisis de requerimientos

En palabras de John Johnson, "Primero resuelve el problema, después escribe el código". Para entender mejor el problema qué se busca resolver con esta propuesta de sistema, se emplearon las técnicas de entrevista y revisión de documentos para comprender las necesidades de los clientes.

Esta fase se inició con el posicionamiento y la sentencia del problema, luego se describieron a los usuarios mediante perfiles de usuario, y definición de personas, explicando su entorno, lo que incluye el procedimiento de presentación de trabajos de graduación en la FISC, y estableciendo con claridad y prioridad sus necesidades. Seguidamente se planteó la visión general del sistema, sus supuestos y dependencias, los requerimientos funcionales mediante historias de usuario; los requerimientos no funcionales mediante una adaptación del documento de especificaciones suplementarias, y finalmente se definieron escenarios de uso que brindan un mejor entendimiento de cómo se requiere que funcione el sistema.

En la tabla 1, se plantean las principales acciones por usuario que se pueden realizar con el sistema propuesto.

Tabla 1. Principales acciones de los usuarios del sistema.

Usuario	Acciones de usuario
Toda la comunidad universitaria	Conocer el procedimiento que conlleva la realización de un trabajo de graduación teórico o teórico práctico.
Público en general	Consultar los temas aprobados y reservados con exclusividad para el desarrollo de trabajos de graduación.
	Buscar y consultar los trabajos de graduación que se han realizado.
Estudiantes	Entregar el anteproyecto para su aprobación.
	Consultar el estado del anteproyecto de trabajo de graduación.
	Entregar el trabajo final para la evaluación.
	Solicitar sustentación de trabajo de graduación.
	Proponer miembros para el tribunal examinador.
	Cargar resultados del trabajo de graduación finalizado.
	Solicitar cambio de tema de trabajo de graduación.
	Solicitar cambio de asesor.
	Solicitar cancelación de tema de trabajo de graduación.
Solicitar extensión del tiempo de aprobación del tema de trabajo de graduación.	
Profesores	Aceptar solicitud para evaluar un trabajo de graduación.
	Solicitar la suspensión o cancelación del trabajo de graduación.
	Evaluar los trabajos de graduación.
Decano	Aprobar evaluación de trabajo de graduación
	Aprobar solicitudes relacionadas a trabajos de graduación
Vicedecano Académico y Decano	Dar visto bueno del anteproyecto de trabajo de graduación.
	Aprobar solicitud de sustentación de trabajo de graduación.
Vicedecanato Académico	Verificar entrega de anteproyecto.
Comisión de trabajo de graduación (Jefe de Departamento)	Revisar el anteproyecto.

3.2 Arquitectura

La arquitectura del sistema automatizado de gestión de trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Tecnológica de Panamá: ANRA, se presenta mediante una adaptación del modelo de 4 + 1 vistas basada en dos vistas estándares, donde cada vista se enfoca en un conjunto específico de conceptos, y adiciona una tercera vista, la vista de datos.

La vista física: comprende un mapeado del software sobre el hardware, mediante el diagrama de despliegue.

La vista de desarrollo: muestra la organización estática de módulos en el entorno de desarrollo, mediante el diagrama de componentes.

La vista de datos: muestra el modelo de la base de datos para el sistema automatizado ANRA.

La vista de desarrollo muestra el sistema desde la perspectiva del programador, centrándose en la estructura interna de la aplicación y cómo se organizan los componentes y módulos de software para lograr los objetivos funcionales. Para representar

esta vista en UML se utiliza el diagrama de componentes, como muestra la figura 1.

A continuación, se presenta la descripción de los componentes:

El componente <Vista> Administración de Usuario contiene todas las interfaces relacionadas con el acceso al sistema, incluyendo iniciar sesión, registrar usuario y modificar usuario. Este componente utiliza la interfaz del componente Usuarios, quien utiliza los componentes de seguridad y base de datos para asegurar las funcionalidades relacionadas a la gestión de los usuarios.

El componente <Vista> Presentación de información utiliza las interfaces de los componentes Trabajo de Graduación y Profesor, que a su vez se conectan con el componente de la base de datos del sistema ANRA-DB, para proporcionar a los usuarios información sobre los trabajos de graduación realizados y reservados con exclusividad necesarios para el proceso que involucra proponer un tema de trabajo de graduación.

El componente <Vista> Gestión de Trabajo de Graduación contiene todas las interfaces de usuario relacionadas al procedimiento de presentación de trabajo de graduación. Este componente utiliza interfaces de los componentes Trabajo de Graduación, Estudiante, Profesor y Administrativo, que a su vez utilizan el componente <DataBase> ANRA-DB para permitir que todos los usuarios lleven el proceso de forma digital, incluyendo la presentación del anteproyecto, la solicitud de sustentación y sus respectivas verificaciones, revisiones, evaluaciones y aprobaciones.

De forma similar el componente <Vista> Manejo de Solicitudes, utiliza a los componentes Trabajo de Graduación, Estudiante, Profesor y Administrativo, que a su vez utilizan el componente <DataBase> ANRA-DB para permitir que el profesor asesor o los estudiantes realicen solicitudes alternas al flujo normal de presentación de trabajo de graduación, cancelar el trabajo de graduación, cambiar el tema de trabajo de graduación, cambiar el profesor asesor y extender el período de aprobación del tema de trabajo de graduación.

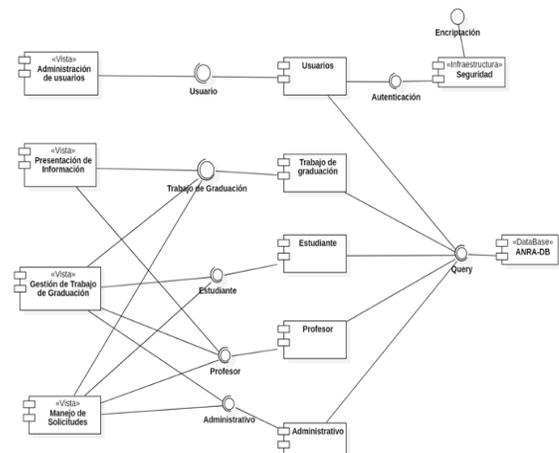


Figura 1. Diagrama de componentes UML.

3.3 Diseño

En esta etapa se empezó con un prototipo de baja fidelidad, utilizando la aplicación Freeform [12], que sirvió para probar conceptos y validar ideas, como se ejemplifica en la figura 2, para la funcionalidad relacionada con la visualización de los trabajos de graduación completados o en desarrollo de un estudiante.

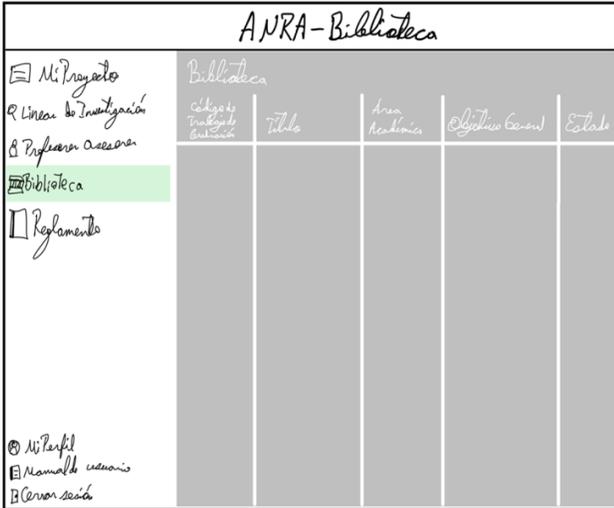


Figura 2. Prototipo de baja fidelidad: interfaz de visualizar biblioteca.

Este prototipo fue transformado a una versión de alta fidelidad, utilizando la aplicación Figma [13], como se presenta en la figura 3. Esta versión se utilizó para realizar pruebas de usabilidad, que se condujeron a través de Microsoft Teams [14], en las que, siguiendo la propuesta de Nielsen [15], participaron cinco estudiantes de la FISC.

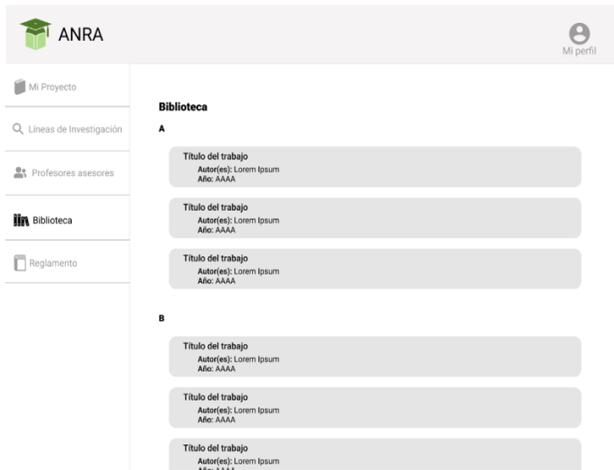


Figura 3 Prototipo de alta fidelidad: interfaz de visualizar biblioteca.

Posteriormente se le efectuaron cambios de acuerdo con los resultados de estas pruebas y se obtuvo un producto mínimo viable implementado durante la codificación del sistema, como muestra la figura 4.



Figura 4. Producto mínimo viable: interfaz de visualizar biblioteca.

3.4 Desarrollo

Durante el desarrollo del sistema, la visión planteada en las etapas anteriores se convierte en código funcional, a través de un producto mínimo viable. Materializando la especificación de requerimientos y las guías de diseño establecidas, se utilizó Visual Studio Code [16] para desarrollar el código del sistema escrito en PHP, CSS, utilizando el marco de trabajo Bootstrap [17], y JavaScript. Se utilizó MySQL Workbench [18] para gestionar la base de datos y Docker [19] para estandarizar el ambiente de desarrollo, y en conjunto con GitHub [20] permitió trabajar colaborativamente y gestionar los cambios al código de forma eficiente. Finalmente, se utilizó Composer [21] para administrar las dependencias en PHP y utilizar PHPMailer [22] y DomPDF [23], que permiten las notificaciones por correo electrónico y generar los formularios requeridos por la FISC, respectivamente.

Finalmente, se puede destacar que además de la documentación interna del código, se siguieron las siguientes convenciones nominales como parte de las buenas prácticas de programación: camelCase (Vistas) [24], PascalCase (Controladores y Modelos) [25], kebab-case (Archivos css) [26], y snake_case (Atributos en la Base de Datos) [27]

En las figuras 5 y 6 se muestran las pantallas de inicio y de visualización de un trabajo de graduación del sistema ANRA, respectivamente.



Figura 5. Pantalla de Inicio del sistema propuesto.



Figura 6. Pantalla de visualización de trabajo de graduación.

3.5 Pruebas

Las pruebas de software son la forma más precisa de evaluar y verificar que un producto software está haciendo lo que debe hacer, y no haciendo lo que no debe hacer. Para el sistema propuesto en este trabajo, se efectuaron pruebas unitarias a los métodos del código del producto mínimo viable del sistema, relacionados a las funcionalidades: solicitar sustentación de trabajo de graduación (efectuado por los usuarios estudiantes), y evaluar trabajo de graduación (efectuado por los usuarios profesores, que pertenecen al tribunal examinador de cada trabajo de graduación). De igual forma, se efectuaron pruebas funcionales a estas dos funcionalidades para verificar los requerimientos planteados.

Las pruebas unitarias se diseñaron e implementaron utilizando PHP Unit [28], mediante el gestor de dependencias Composer. Las pruebas funcionales se ejecutaron con Selenium IDE [29] y se documentaron utilizando SpiraTeam [30].

4. Resultados y discusión

Siguiendo la metodología de desarrollo de software en cascada, se codificó un producto mínimo viable del sistema automatizado propuesto para la gestión de trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Tecnológica de Panamá. Durante la validación del prototipo funcional, el 88% de los participantes indicaron que el sistema propuesto u otro similar, incentivaría el desarrollo de trabajos teóricos o teórico-prácticos

en la facultad, lo cual sugiere que el sistema contribuiría a que aumente el número de estudiantes que optan por una modalidad teórica o teórica-práctica en la FISC. Adicionalmente, el 100% de los participantes indicaron que recomendarían el sistema a otros miembros de la comunidad universitaria, lo que invita a considerar que el sistema propuesto tendrá una buena recepción en la comunidad universitaria y mejorará la gestión del proceso de presentación de trabajos teóricos y teórico-prácticos.

Como muestra la figura 7, todos los usuarios completaron las tareas propuestas, lo que se traduce en un 100% de eficacia. La facilidad de uso de la tarea 1 se ponderó en un 100%, la tarea 2 en un 94%, la tarea 3 en un 96%, y la tarea 4 en un 82%. Uno de los participantes indicó que le dio una ponderación baja a la facilidad de uso de la tarea 4 debido a que "No entendía muy bien por qué se envía el (formulario de registro de) tema y luego se envía el anteproyecto". La satisfacción del usuario en las tareas se ponderó con un 100%, 88%, 96%, y 84% respectivamente.

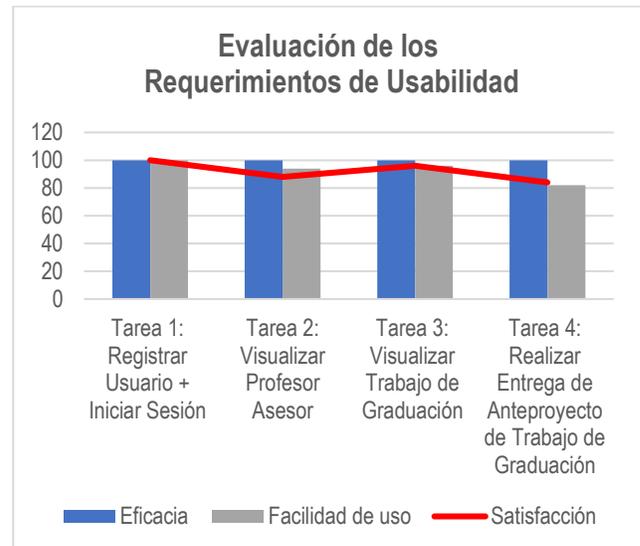


Figura 7. Gráfico: evaluación de los requerimientos de usabilidad.

Durante la verificación del producto mínimo viable se pudo observar cómo los defectos se manifestaban en fallas, y estas fallas, abrían el compás para implementar cambios de distintos tipos. Por ejemplo, se pudo realizar un cambio correctivo en la funcionalidad de evaluar trabajo de graduación, para evitar el ingreso de puntajes no numéricos que afectarían la calificación final de los estudiantes.

Muchas veces existió una inclinación por hacer cambios en el código para que las pruebas fuesen exitosas, lo que nos llevó a apreciar de primera mano la importancia de las pruebas de software; sin embargo, todas las fallas detectadas fueron documentadas y los cambios efectuados. Gracias al alcance de este trabajo de graduación existe una gran oportunidad para aplicar otros cambios preventivos, correctivos y perfectivos en base a los resultados de las pruebas, durante la fase de mantenimiento en futuros trabajos. Estos cambios permitirán el

desarrollo continuo de un mínimo producto viable más eficiente en base a las funcionalidades especificadas en este trabajo.

5. Conclusiones

En este proyecto se diseñó un sistema automatizado que permite gestionar los trabajos de graduación teóricos y teóricos-prácticos de forma tal que se agiliza su seguimiento y evaluación en la FISC. Las métricas de satisfacción, eficacia y facilidad de uso arrojaron niveles altos durante la validación del prototipo; además, los usuarios indicaron que el sistema propuesto u otro similar, incentivaría el desarrollo de trabajos teóricos o teórico-prácticos, y que recomendarían el sistema a otros miembros de la comunidad universitaria.

Se identificaron las limitantes del sistema propuesto y se recomendó realizar pruebas de usabilidad con profesores y administrativos para extender la validación de los requerimientos y obtener una visión más completa en cuanto a la experiencia de usuario, aumentando la fiabilidad de la extrapolación de los datos obtenidos.

Por último, gracias a la arquitectura planteada para ANRA, el compás para expandir su alcance queda abierto. De forma puntual, en términos de futuros trabajos, se podría incluir a las demás facultades de la universidad e incluso implementar inteligencia artificial para verificar automáticamente las entregas de los anteproyectos de trabajo de graduación.

Referencias

- [1] Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, «Reglamento de Trabajo de Graduación,» 12 Noviembre 2018. [En línea]. Available: https://fisc.utp.ac.pa/sites/fisc.utp.ac.pa/files/documentos/2019/pdf/reglamento_trabajo_graduacion_2018_junta_facultad_12-11-2018.pdf.
- [2] Universidad Tecnológica de Panamá, «Reglamento de Sistema de Bibliotecas,» 28 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://sistemadebibliotecas.utp.ac.pa/reglamento-de-sistema-de-bibliotecas>.
- [3] E. R. Padilla Pérez y A. T. Quintero, «Sistema administrador de trabajos de graduación,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 1993.
- [4] D. Y. De Gracia Stone, S. d. C. Vallejo y M. Prado Amaya, «Módulo de consulta web a la base de datos de trabajo de graduación de la FISC,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2006.
- [5] C. Rodes Nicolaou y E. Samaniego González, «Módulo de captación y estadística de la base de datos de trabajos de graduación de la FISC,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2007.
- [6] I. Urieta Marín y K. L. Pérez, «Diseño e implantación de un sistema de información automatizado para los trabajos de graduación de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2007.
- [7] F. Chen, S. Núñez y G. G. Garrido Mendoza, «Sistema en línea para el registro y control de las opciones de trabajo de graduación,» Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2015.
- [8] K. Morales, J. González, M. S. Torres Ortega, Y. Moreno y N. Ibarra, «Plataforma web para la postulación y gestión de solicitudes de trabajos de graduación de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá (GraduWebUTP),» *Jornada de Iniciación Científica 2023*, 27 Septiembre 2023.
- [9] RWTH AACHEN UNIVERSITY, «Open Theses - RWTH AACHEN UNIVERSITY E.ON ERC ACS - English,» 17 Abril 2023. [En línea]. Available: <https://www.acs.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-ACS/Studium/Wissenschaftliche-Arbeiten/~fyix/Offene-Arbeiten/?lidx=1>.
- [10] Thesis Apps, «ACS Thesis app,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.thesisapps.com/>.
- [11] Creatrix Campus, «Thesis Management System,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.creatrixcampus.com/thesis-management-system>.
- [12] Apple Inc., «Apple launches Freeform: a powerful new app designed for creative brainstorming and collaboration,» Apple Inc., 13 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.apple.com/newsroom/2022/12/apple-launches-freeform-a-powerful-new-app-designed-for-creative-collaboration/>.
- [13] «Figma: The Collaborative Interface Design Tool,» 12 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.figma.com>.
- [14] Microsoft, «Microsoft Teams,» 1 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-teams/group-chat-software>.
- [15] J. Nielsen, «Why You Only Need to Test with 5 Users,» *Nielsen Norman Group logoNielsen Norman Group*, p. 1, 18 Marzo 2000.
- [16] Microsoft, «Visual Studio Code - Code Editing. Redefined,» 3 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://code.visualstudio.com/>.
- [17] M. Otto y J. Thornton, «Bootstrap,» 2023. [En línea]. Available: <https://getbootstrap.com/>. [Último acceso: 2023].
- [18] Oracle, «MySQL Workbench,» 27 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.mysql.com/products/workbench/>.
- [19] Docker Inc., «Docker,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.docker.com/>.
- [20] GitHub, «GitHub,» 2023. [En línea]. Available: <https://github.com/>.
- [21] J. Boggiano y N. Adermann, «Composer,» 06 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://getcomposer.org/>.
- [22] PHPMailer, «PHPMailer,» 2023. [En línea]. Available: <https://github.com/PHPMailer/PHPMailer>.
- [23] dompdf, «dompdf,» 2023. [En línea]. Available: <https://dompdf.github.io/>.
- [24] M. D. D. J. L. C. M. David W. Binkley, «To CamelCase or under_score,» *IEEE Pres*, p. 177, 2019.
- [25] R. Howell, «CIS 300 Programming Style Requirements,» 2008. [En línea]. Available: <https://people.cs.ksu.edu/~rhowell/300s12/style.ht>. [Último acceso: 2023].
- [26] H. P.-M. H. Fujita, «Generating Program Identifier Dictionary for Maintaining Legacy Systems,» *IOS Press*, vol. 337, p. 3, Septiembre 2021.
- [27] J. A. Giménez, «Buenas prácticas en el diseño de bases de datos,» *Arandu UTIC*, 2021. [En línea]. Available: <http://www.utic.edu.py/revista.ojs/index.php/revistas/article/view/86>.
- [28] S. Bergmann, «Welcome to PHPUnit!,» 2 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://phpunit.de/>. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [29] Software Freedom Conservancy, «Selenium IDE,» 7 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.selenium.dev/documentation/ide/>.
- [30] Inflectra Corporation, «SpiraTeam,» 12 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.inflectra.com/SpiraTeam>.

Dra. Erika M. Rodríguez Pinzón, directora de la Fundación Carolina de España

¹Dra. Aránzazu Berbey Álvarez , ²Armando Pinillo 

¹Universidad Tecnológica de Panamá. República de Panamá, Centro Regional de Chiriquí, Provincia de Chiriquí; ²Universidad Tecnológica de Panamá.

Ciudad Capital, Editorial Tecnológica

aranzazu.berbey@utp.ac.pa; armando.pinillo@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4114



Socióloga (2001) y doctora en Relaciones Internacionales por la Universidad Autónoma de Madrid (2015), con diploma de Estudios Avanzados en Teoría Política, Teoría de la Administración y Gestión Pública (2007). Diplomada en Derecho y Ciencias Políticas por el Centro de Estudios Políticos y Constitucionales del Ministerio de la Presidencia de España (2006). También ha sido investigadora visitante en las Universidades de Copenhague, Carleton y Nacional de Colombia.

Ha sido investigadora asociada del Instituto Complutense de Estudios Internacionales y profesora de Sociología del Desarrollo Internacional en la misma universidad. Además, es asesora especial del Alto Representante de la Unión Europea para las relaciones con América Latina (*ad honorem*); *Non Resident Sennior Fellow* del *Adrienne Arsht Latin America Center* del *Atlantic Council* (*ad honorem*) y coordinadora académica de *Gate Center*.

A lo largo de más de 20 años, ha ejercido como consultora senior en programas de cooperación de numerosos organismos internacionales y agencias de desarrollo, entre ellos, FIIAPP, AECID, CAF Banco de Desarrollo, UNODC, PNUD, OEA, OEI, SEGIB y la Unión Europea, entre otros. Ha analizado políticas públicas y programas multilaterales en más de veinte países, especializándose en la región latinoamericana.

Ha desarrollado una larga experiencia como analista política "latinoamericanista" para diversos laboratorios de ideas. Ha escrito informes y análisis para la Fundación Carolina, el Instituto de Estudios Estratégicos del Ejército de España, el Consejo Empresarial Alianza por Iberoamerica y el Real Instituto Elcano, entre muchos otros. Además, escribe una tribuna de opinión en el diario *El Español*.

Entre 2016 y 2019 fue concejal del Ayuntamiento de Madrid, portavoz de Economía y Hacienda, vicepresidenta de la Comisión de Servicios Sociales, presidenta de la Comisión de Cuentas y de vigilancia de la contratación y miembro del Consejo Rector de la Agencia Tributaria de Madrid.



Figura 1. Dra. Erika Rodríguez Pinzón. Directora de la Fundación Carolina de España

En el ámbito filantrópico fue vicepresidenta y presidenta de la ONG Alianza por la Solidaridad y patrona de *Action Aid International*.

Además, ha sido reconocida en 2023 y 2024 como una de las mujeres líderes del Top100 de España de la revista *MagasIn*, en la categoría de académicas; con la Medalla al Mérito del Consejo de Bogotá en 2018 por su trabajo en favor de la igualdad y con el reconocimiento 10 colombianos en España en 2019.

La Fundación Carolina (FC) tiene el propósito fomentar las relaciones culturales y la cooperación en materia educativa y científica entre España y los países de la Comunidad Iberoamericana de Naciones y con otros con especiales vínculos históricos, culturales y geográficos, haciendo énfasis en el ODS 4 sobre educación. En este sentido, la construcción del Espacio Iberoamericano del Conocimiento (EIC) juega un papel clave. Coméntenos brevemente, algunos casos de éxitos de colaboración en docencia, investigación, extensión, cooperación y desarrollo sostenible con las universidades panameñas. ¿Qué nuevas iniciativas han visionado o considerado para las universidades panameñas para el fortalecimiento y expansión de la cooperación dentro del EIC? Háblenos sobre estas iniciativas, instrumentos, metodologías, para la internacionalización de los sistemas iberoamericanos de educación superior.

La principal herramienta vinculada a la construcción del Espacio Iberoamericano del Conocimiento es el programa de becas de doctorado y estancias cortas postdoctorales, en colaboración con las universidades latinoamericanas y españolas y dirigidas a profesorado universitario de las instituciones americanas asociadas a la FC. Esas modalidades de becas se pusieron en marcha en el año 2003 y tienen por objeto que docentes de esas universidades cursen el doctorado en España, en las becas doctorales y, en el caso de las estancias cortas, que los docentes doctores de esas universidades puedan desarrollar una investigación en España con una duración de hasta tres meses. Debemos destacar que son becas cofinanciadas con la institución americana, que invierte de esa forma en su capital humano. A nuestro juicio son herramientas de internacionalización y fomentan el intercambio y la colaboración académica al más alto nivel, entre docentes, posibilitando el establecimiento de redes académicas. Como resultado de estas becas se han firmado acuerdos entre universidades americanas y españolas, se han puesto en marcha proyectos de investigación y se han publicado artículos.

Son 15 los docentes panameños que se han beneficiado de estas ayudas, procedentes de tres universidades panameñas, entre ellas la UTP

En la actualidad colaboramos con dos universidades del país, la Universidad Tecnológica de Panamá y la UDELAS. Estos acuerdos se encuentran en fase de renovación por otros cinco años.

Como directora de la FC he visitado recientemente Panamá y he trasladado a sus autoridades educativas nuestro interés en potenciar estas líneas de colaboración y en estudiar la posibilidad de otras iniciativas que fomenten la investigación.

La formulación del conocimiento experto es parte integral del quehacer propio y distintivo de la FC. En este sentido, la tendencia actual se enfoca en el desarrollo y expansión de las carreras STEAM debido a la proyección de estas en los actuales y futuros empleos. ¿Qué estrategias nos podría recomendar a las universidades para lograr mayor interés y atracción hacia las carreras STEM en Panamá? En Panamá, la proporción de investigadoras mujeres fue del 52% del total de investigadores, según informe de la ONU 2020. Sin embargo, la representación tanto de mujeres rurales y sobre todo indígenas cae dramáticamente en la ciencia. ¿Qué estrategias, alianzas o acciones nos podría recomendar a las universidades y otras entidades de investigación para empoderar a las mujeres indígenas, hombres y mujeres de áreas rurales en las STEAM?

Las estrategias para fomentar el estudio en áreas STEAM, especialmente en mujeres, deben comenzar en la educación básica, en la que se recibe en las escuelas y colegios. Si se consigue acercar las ciencias, las ingenierías, las matemáticas, al día a día de los niños y niñas, cuando lleguen a la universidad no les será algo ajeno ni complicado. Una vez se alcanzan los niveles universitarios, las estrategias deben pasar por acciones que favorezcan la incorporación de las mujeres a estas áreas de conocimiento. Hay que trabajar en la divulgación científica y en visibilizar a otras mujeres que obtuvieron logros importantes a nivel mundial y de las que se habla en contadas ocasiones.

Desde la Fundación Carolina, tomamos conciencia de la necesidad de apostar por el talento femenino en áreas STEM y, en colaboración con la Fundación Repsol, en 2019 pusimos en marcha un programa de becas dirigido exclusivamente a la formación de postgrado de mujeres tituladas superiores en las áreas STEM. Así, damos cumplimiento a distintos mandatos en el ámbito iberoamericano, como los adoptados en la Declaración de Antigua Guatemala sobre igualdad de género, movilidad estudiantil y universidades; y, en particular, en la III Reunión de Ministros y Ministras y Altas Autoridades de Ciencia, Tecnología e Innovación, reunida en La Antigua Guatemala en octubre de 2018. Con este programa se pretende fomentar y garantizar el acceso e igualdad de oportunidades para las mujeres en la carrera científica, tecnológica y académica, así como contribuir a la disminución de la brecha existente entre hombres y mujeres en la formación y el desarrollo profesional en estas áreas de conocimiento.

Sus publicaciones en Google Scholar researchgate evidencian su quehacer intelectual en materia de democracia, política, relaciones internacionales, desarrollo sostenible, cooperación y sostenibilidad. En su artículo titulado: América Latina, el desafío de un nuevo modelo de inserción internacional (2024), indica que «la clave de la inserción internacional de América Latina en los próximos años estará determinada por la transición energética hacia fuentes renovables, la lucha contra el cambio climático y la electromovilidad». En este sentido, ¿Qué estrategias, alianzas, acciones de cooperación recomienda como hoja de ruta para lograr que esa inserción de América latina en el ámbito global sea cada vez más efectiva y por ende lograr un rol más asertivo, activo y comprometido con estos desafíos globales?

En primer lugar, América Latina necesita articular espacios de diálogo y de acción regionales. Nos enfrentamos a cambios en el balance de poder, a una crisis sistémica de los sistemas multilaterales globales, a un auge de las agendas particulares nacionales, todos ellos desafíos que confrontan a América

Latina como región y que deben ser enfrentados de esa forma. No se trata de forzar un proceso de gran escala que ha fracasado sistemáticamente sino de aprovechar los espacios subregionales, de potenciar los diálogos entre administraciones públicas, las alianzas de los actores públicos y privados y canalizarlos hacia la búsqueda de representación global de los intereses y aportes de la región.

Asimismo, es necesario seguir trabajando en las capacidades institucionales, base fundamental para superar todas las demás brechas estructurales

Finalmente, potenciar el talento humano de la región, ese es el mayor activo con el que cuenta y la clave para poder afrontar todos los desafíos. No es fácil, esto supone evitar activamente que la pobreza, la inseguridad y la desigualdad de oportunidades dejen a miles de jóvenes, niños y niñas atrás. Hay que garantizar que la región disfrute del desarrollo pleno de todos y cada uno de sus habitantes. La frustración de expectativas y la pérdida de talento humano son un precio que no se puede permitir

Puede compartirnos alguna experiencia profesional suya en el ámbito de la academia, desarrollo sostenible, colaboración internacional, carrera profesional o internacionalización que le haya resultado especialmente memorable en su CV o darnos algún mensaje que considere de vital importancia.

Más que una experiencia particular creo que uno de los mayores aprendizajes de mi carrera ha sido la creación de redes. Las alianzas, los espacios de aprendizaje compartido, la colaboración y coordinación. Creo que hay que dejar de lado las visiones egoístas y particularistas y en todos los aspectos de la vida abogar por la colaboración. Es la única forma en la que podemos maximizar el uso de los recursos, conseguir resultados sostenibles, además de hacer más agradable la experiencia vital y profesional.



Figura 2. Dra. Rodríguez Pinzón

Javier Arregui Primer consejero de la delegación de la Unión Europea en Panamá, coordinador regional para la cooperación en temas digitales y del espacio

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá. Centro Regional de Chiriquí

aranzazu.berbey@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4115



Javier Arregui es Primer Consejero de la Embajada de la Unión Europea en Panamá. Actualmente se desempeña como coordinador de la región América Latina y Caribe para la cooperación en temas digitales y del espacio y su actividad se encuentra fuertemente vinculada al programa Copernicus.

Javier Arregui es Ingeniero Superior en Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid, Master en Arquitectura de Redes por la Escuela Nacional Superior de Telecomunicaciones de París y diplomado en Estudios Avanzados en Ciencia Política por la Universidad Pompeu Fabra (UPF) de Barcelona. Trabajó durante diez años en el sector de las telecomunicaciones en Francia y España en las áreas de investigación en teletráfico en redes de transmisión digital, estándares y desarrollo de negocios. Fue profesor asociado en la Universidad Pompeu Fabra en Políticas Públicas de Telecomunicaciones. Posteriormente entró al servicio de la Comisión Europea en Bruselas, Bélgica, donde cuenta con veinte años de experiencia repartidos entre las políticas internas – mercado interior de equipos radioeléctricos, gestión del espectro - y externas - resolución de obstáculos técnicos al comercio, negociación de tratados comerciales y aprovisionamiento en materias primas críticas para la transición ecológica y digital.



Figura 1. Javier Arregui. Primer Consejo de la Embajada de la UE en Panamá

El Centro Copernicus para América Latina y el Caribe (CopernicusLAC Panamá) es un centro regional que mejorará la resiliencia de los países de América Latina y el Caribe, apoyando su capacidad de gestión de datos espaciales y su uso estratégico en una región particularmente vulnerable a los fenómenos meteorológicos y a las amenazas geológicas y geomorfológicas inducidas por el cambio climático. Coméntenos brevemente qué nuevas iniciativas se tienen contempladas para el año 2025.

El cambio climático es una realidad tangible que conlleva un aumento de la frecuencia y el impacto de los eventos meteorológicos extremos, como las inundaciones vividas en

Noviembre de 2024 en Panamá y en Costa Rica, durante las cuales se activó el servicio de emergencias de Copernicus¹.

La observación de la tierra desde el espacio es una herramienta esencial para anticipar y reaccionar frente a tales eventos, y la Unión Europea pone a disposición de todos los interesados los datos del programa espacial Copernicus.

El Centro Copernicus LAC de Panamá va a jugar un papel central en la prevención y reducción de riesgos de desastres naturales en toda la región de Latinoamérica y el Caribe, acercando a la región los datos, la tecnología y el conocimiento necesario para utilizarla, y ofreciendo servicios específicamente adaptados a sus necesidades.

2025 será el año en que la presencia física y operativa del centro, que por el momento viene operando sobre una infraestructura virtual, se haga realidad en Panamá. Será un momento muy especial, que nos permitirá poner de manifiesto la cercanía de Copernicus a los ciudadanos de Panamá y de toda la región.

Por otra parte, en 2025 estarán disponibles los primeros servicios específicamente desarrollados para prevenir desastres naturales en la región. Esto va a incluir servicios para prevenir y reducir consecuencias de incendios forestales, sequías, inundaciones, corrimientos de tierras y otros fenómenos. Y seguiremos con el programa de formación de capacidades técnicas en el uso de datos geoespaciales y de estímulo al emprendimiento.

La adaptación al cambio climático es uno de los desafíos globales que enfrentan los países del mundo. En este sentido, resulta vital las actividades del programa Copernicus con respecto al acceso a datos para la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y la Cartografía de Riesgo y Recuperación. Comentemos brevemente las expectativas de este programa para Panamá y LATAM. ¿Qué estrategias, alianzas, acciones de cooperación recomienda como hoja de ruta para lograr que las universidades, instituciones, centros de investigación logren el aprovechamiento efectivo de esta gran oportunidad?

Me gustaría recordar primero que la Unión Europea pone los datos de Copernicus a disposición de todos los usuarios de manera completa, abierta y gratuita – las barreras para utilizarlos son realmente muy bajas.

Dicho esto, es en efecto importante que las diversas categorías de actores que van a beneficiarse de y a contribuir al uso de las herramientas del programa Copernicus – ministerios y servicios públicos, pero también el sector privado y las universidades – se apropien del conocimiento y tengan oportunidad efectiva de usar y mejorar esas herramientas. La

Agencia Espacial Europea, el socio implementador de la Unión Europea y de Panamá en este proyecto, está haciendo un estupendo trabajo de divulgación del potencial del uso de datos espaciales para la reducción de riesgos ligados a emergencias, pero también para optimizar agricultura y ganadería, monitorear la cubierta forestal y la biodiversidad, supervisar flujos de transporte y reforzar su vigilancia.

Las formaciones, los talleres y los foros de usuario que está ofreciendo están dirigidas a todos los actores interesados, lo cual incluye al personal académico, expertos e investigadores. Parte del objetivo de estas acciones es así crear lazos entre los diferentes actores. Además, en otros países como Colombia y Guatemala se han formalizado recientemente comunidades nacionales de usuarios de Copernicus, que intercambian experiencias y colaboran de manera voluntaria. Vamos a evaluar esas experiencias y en su caso podremos proponer a los actores panameños – públicos y privados – constituir una plataforma similar.

El ODS 4 corresponde a Educación y calidad. Este objetivo persigue promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. En esta línea de acción, el Campus virtual Copernicus cuenta con cursos como: e Introducción a la teledetección, Teledetección en la preparación ante incendios forestales, Teledetección aplicada a los riesgos de desastres y Herramientas digitales para la Observación de la Tierra. ¿Qué nuevos cursos o acciones de capacitación se tiene proyectadas para el año 2025? ¿Cuál es el perfil general del usuario para acceder a los nuevos cursos?

Como hemos indicado antes, en 2025 vamos a seguir con las formaciones orientadas al uso de datos geoespaciales, y podremos enriquecerlas con las primeras experiencias del uso de los servicios creados específicamente para la región, esto es los orientados a emergencias hídricas, geológicas, y a la evaluación de vulnerabilidades del territorio. El ámbito del centro es toda la región de Latinoamérica y el Caribe e intentamos mantener un equilibrio en la participación de sus representantes, por lo demás intentamos que todos aquellos usuarios con un interés legítimo – incluyendo a docentes universitarios, estudiantes e investigadores - puedan participar, ya sea de forma presencial o en línea.

Puede compartírnos alguna experiencia profesional suya en el ámbito de la academia, desarrollo sostenible, colaboración internacional, carrera profesional o internacionalización que le haya resultado especialmente memorable en su CV o darnos algún mensaje que considere de vital importancia.

Animo a los jóvenes de cualquier edad a aprovechar la llegada de Copernicus a la región para formarse, utilizar las herramientas, emprender y ayudarnos a mejorarlas para contribuir a la calidad de vida de toda la región.



Figura 2. Satélite Fuente: Programa Copernicus (UE).

Referencia

[1] https://www.eeas.europa.eu/delegations/panam%201/a-uni%20B3n-europea-activa-sistema-satelital-de-mapeo-de-inundaciones-para-apoyar-panam%201_es?s=249

Transformando la educación en ingeniería: adaptaciones necesarias en la era de la inteligencia artificial

Gabriel Montúfar 

Facultad de Ingeniería, Universidad de Panamá, República de Panamá, Ciudad de Panamá.

gabriel.montufar@up.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4071



Resumen: *La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación de ingeniería representa un cambio transformador que requiere una actualización profunda de los currículos académicos. Este artículo explora las adaptaciones necesarias para preparar a los futuros ingenieros en un entorno dominado por la IA, analizando los desafíos y oportunidades que esta tecnología presenta tanto para estudiantes como para docentes. La metodología se basa en una revisión exhaustiva de la literatura existente, el análisis de estudios de caso y la evaluación de informes relevantes. Se destaca la urgencia de incorporar conocimientos avanzados en IA y ciencia de datos, así como la importancia de desarrollar habilidades críticas y éticas. Además, se examina cómo la IA está redefiniendo el rol del docente, facilitando un aprendizaje más personalizado y efectivo. Los hallazgos subrayan la necesidad de un esfuerzo coordinado entre universidades, gobiernos e industria para garantizar que la educación en ingeniería siga siendo relevante y prepare adecuadamente a los estudiantes para los retos de un mundo tecnológicamente avanzado.*

Palabras clave: inteligencia artificial, educación en ingeniería, actualización curricular, innovación tecnológica, ética en la ingeniería

Title: transforming engineering education: necessary adaptations in the era of artificial intelligence

Abstract: *The integration of artificial intelligence (AI) into engineering education represents a transformative change that requires a profound update of academic curricula. This article explores the adaptations needed to prepare future engineers in an AI-dominated environment, analyzing the challenges and opportunities that this technology presents for both students and educators. The methodology is based on a thorough review of existing literature, analysis of case studies, and evaluation of relevant reports. The urgency of incorporating advanced*

knowledge in AI and data science is highlighted, as well as the importance of developing critical and ethical skills. Furthermore, it examines how AI is redefining the role of the educator, facilitating more personalized and effective learning. The findings underline the need for a coordinated effort between universities, governments, and industry to ensure that engineering education remains relevant and adequately prepares students for the challenges of a technologically advanced world.

Keywords: artificial intelligence, engineering education, curriculum update, technological innovation, engineering ethics

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 20 de agosto de 2024.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

La educación en ingeniería ha sido tradicionalmente un campo en constante evolución, adaptándose a las demandas tecnológicas y sociales de cada época. Desde la Revolución Industrial hasta la era digital, los programas educativos han tenido que responder a nuevos desafíos, integrando conocimientos y habilidades que preparen a los estudiantes para un entorno profesional en constante cambio. Sin embargo, la llegada de la inteligencia artificial (IA) ha marcado un punto de inflexión sin precedentes en esta evolución, generando una disrupción que exige una reconfiguración profunda de la educación en ingeniería [1], [2].

La inteligencia artificial no solo está transformando industrias enteras, sino que también está redefiniendo las competencias necesarias para los futuros ingenieros. Hoy en día, la capacidad de desarrollar y aplicar algoritmos de aprendizaje automático, analizar grandes volúmenes de datos, y entender las implicaciones éticas de estas tecnologías, se ha vuelto tan crucial como el conocimiento de las ciencias básicas y la ingeniería tradicional [3], [4]. Este cambio de paradigma plantea una pregunta esencial: ¿cómo deben adaptarse los programas de pregrado en ingeniería para preparar a los estudiantes ante esta nueva realidad?

Este artículo busca explorar las adaptaciones necesarias en la educación de ingeniería ante la irrupción de la IA, analizando tanto los desafíos como las oportunidades que esto conlleva. Abordaremos la obsolescencia acelerada del conocimiento, la necesidad de actualizar el currículo académico, y la transformación del rol del docente. Además, se destacarán las ventajas que la IA puede ofrecer al proceso educativo, tales como la personalización del aprendizaje y la automatización de tareas repetitivas, y cómo estas pueden potenciar tanto las capacidades de los estudiantes como las de los educadores [5].

En última instancia, este análisis pretende ofrecer una visión integral de cómo la educación en ingeniería puede y debe evolucionar para seguir siendo relevante y eficaz en una era donde la inteligencia artificial es no solo una herramienta, sino un componente fundamental del ejercicio profesional.

2. Materiales y métodos

Este artículo se basa en una revisión exhaustiva de la literatura existente, análisis de estudios de caso y la evaluación de informes y documentos relevantes en el campo de la educación en ingeniería y la inteligencia artificial (IA). Se empleó una metodología cualitativa para identificar y sintetizar las principales adaptaciones necesarias en los programas de pregrado en ingeniería ante la integración de la IA [6].

Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos académicas como IEEE Xplore, Scopus y Google Scholar, utilizando palabras clave como "educación en ingeniería", "inteligencia artificial", "currículo de ingeniería", y "formación tecnológica". Los artículos seleccionados incluyen revisiones sistemáticas, estudios de caso, y artículos de investigación empírica publicados en los últimos diez años [7].

Se revisaron informes de organismos educativos y tecnológicos como la UNESCO, ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), y la World Economic Forum, que discuten las tendencias y futuras necesidades en la formación de ingenieros frente al avance de la IA [8].

Se analizaron estudios de caso de universidades que han comenzado a integrar IA en sus planes de estudio de ingeniería. Estos casos proporcionaron ejemplos prácticos de cómo las instituciones educativas están respondiendo a la necesidad de formar ingenieros en el contexto de la IA. Entre los criterios de selección se utilizaron los siguientes:

Relevancia Temporal: Se priorizaron artículos y documentos publicados en la última década para asegurar la pertinencia y actualidad de la información.

Rigor Académico: Solo se incluyeron estudios revisados por pares y documentos de fuentes institucionales reconocidas para garantizar la calidad y fiabilidad de los datos.

Aplicabilidad Práctica: Se seleccionaron estudios que no solo discuten teorías, sino que también proporcionan ejemplos prácticos o recomendaciones aplicables al rediseño de currículos de ingeniería [13].

Además, se utilizaron las siguientes categorías para organizar el análisis:

- Actualización del Currículo en Ingeniería
- Transformación del Rol del Docente
- Impacto en el Desempeño y Capacidades del Estudiante
- Desafíos Éticos y Sociales en la Formación en Ingeniería
- Ventajas de la IA en la Educación de Ingeniería

En cuanto a los estudios de casos, se analizaron varios ejemplos prácticos de universidades que han comenzado a integrar IA en sus planes de estudio de ingeniería. Estos estudios de caso permitieron ilustrar cómo las instituciones están respondiendo a la necesidad de preparar a los ingenieros para un entorno dominado por la IA.

Respecto a la literatura gris, se incluyeron informes de organismos educativos y tecnológicos como la UNESCO, ABET y el World Economic Forum. Estos documentos fueron seleccionados debido a su relevancia para el análisis de tendencias y necesidades futuras en la educación de ingeniería [36], [37], [38].

Los artículos y documentos seleccionados fueron leídos y codificados para identificar temas recurrentes, como la necesidad de nuevos contenidos curriculares, el impacto de la IA en las habilidades de los ingenieros, y los desafíos enfrentados por los docentes.

Los datos cualitativos fueron sintetizados para extraer patrones y tendencias que permitieran elaborar una visión coherente sobre cómo la IA está modificando la educación en ingeniería. Se empleó una estrategia de triangulación para validar los hallazgos a través de múltiples fuentes [10], [28].

Con base en el análisis realizado, se desarrollaron recomendaciones para la adaptación de los programas de ingeniería, destacando las ventajas y desafíos de la integración de la IA en la educación.

Aunque se realizó una búsqueda exhaustiva, el análisis está limitado a las fuentes accesibles a través de las bases de datos seleccionadas y los estudios de caso disponibles.

Este artículo se centra en la educación de pregrado en ingeniería y no aborda de manera exhaustiva cómo la IA podría impactar otros niveles de educación o disciplinas [16].

3. Resultados y discusión

En esta sección se presentan y analizan los principales hallazgos derivados de la revisión de la literatura y los estudios de caso relacionados con la adaptación de la educación en ingeniería en el contexto de la inteligencia artificial (IA). Los resultados se dividen en varios subapartados que abordan temas clave como la necesidad de una actualización del currículo en ingeniería, la transformación del rol del docente, el impacto de la IA en el desempeño y las capacidades de los estudiantes, los desafíos éticos y sociales que surgen en este nuevo entorno educativo, y las ventajas que la IA ofrece en la formación de ingenieros. A lo largo de la discusión, se subraya la importancia de estos cambios para asegurar que los futuros ingenieros estén adecuadamente preparados para los retos y oportunidades de un mundo cada vez más dominado por la tecnología.

3.1. Actualización del Currículo en Ingeniería

La revisión de estudios recientes y casos prácticos de instituciones educativas de vanguardia muestra un consenso en la necesidad de reformar profundamente los planes de estudio de ingeniería [31], [32], [33], [34], [35]. Las universidades que han liderado este cambio han incorporado cursos específicos sobre inteligencia artificial (IA), aprendizaje automático, ciencia de datos y tecnologías emergentes desde los primeros años del programa. Además, se ha observado un creciente énfasis en la enseñanza de la programación avanzada y en el manejo de grandes volúmenes de datos, habilidades que son fundamentales en el contexto de la IA [12].

La incorporación de la IA en el currículo no es simplemente una adición de nuevos contenidos; representa un cambio en la forma en que se concibe la educación en ingeniería. La formación tradicional, centrada en la memorización de conceptos y en la resolución de problemas mediante técnicas predefinidas, debe evolucionar hacia un modelo que promueva el pensamiento crítico, la innovación y la adaptabilidad. En este sentido, la IA no

solo debe ser vista como una materia adicional, sino como un eje transversal que influya en todas las áreas de estudio [9]. Las instituciones que no adapten sus currículos corren el riesgo de formar ingenieros desactualizados y no preparados para enfrentar los desafíos tecnológicos y éticos del futuro [14].

3.2 Transformación del Rol del Docente

La implementación de herramientas de IA en el aula está transformando el rol del docente de manera significativa [35]. En los casos estudiados, los docentes han pasado de ser meros transmisores de conocimiento a convertirse en facilitadores y guías del aprendizaje [18]. Las plataformas de IA permiten personalizar el contenido y el ritmo de enseñanza para cada estudiante, lo que libera tiempo para que los docentes se concentren en desarrollar habilidades críticas y resolver problemas complejos. Asimismo, la IA está siendo utilizada para automatizar la corrección de tareas rutinarias, la evaluación de pruebas y el seguimiento del progreso académico, lo que reduce la carga administrativa sobre los docentes [30].

Las técnicas de inteligencia artificial más usadas en la educación actualmente son:

- Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS)

Los sistemas de tutoría inteligente son plataformas que emplean algoritmos de aprendizaje automático para ofrecer tutorías personalizadas. Se adaptan al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante, proporcionando apoyo específico y retroalimentación en tiempo real. Un ejemplo destacado es el uso de plataformas como Carnegie Learning, que aplica ITS para ayudar a los estudiantes a dominar matemáticas y otros temas [5].

- Aprendizaje Adaptativo

Las técnicas de aprendizaje adaptativo utilizan IA para modificar dinámicamente el contenido que se presenta a los estudiantes según su rendimiento y progreso [12]. Herramientas como DreamBox o Knewton analizan el nivel de conocimiento de los estudiantes y ajustan el material para abordar sus debilidades específicas, maximizando la eficacia del aprendizaje.

- Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN)

El procesamiento del lenguaje natural se usa para analizar, comprender y responder a las consultas de los estudiantes. Aplicaciones como ChatGPT permiten responder preguntas, generar explicaciones detalladas y asistir a los estudiantes a lo largo del proceso de aprendizaje [9]. Esta tecnología también se utiliza para la corrección automática de ensayos y trabajos, evaluando aspectos tanto gramaticales como de contenido.

- Plataformas de Aprendizaje Personalizado

Estas plataformas usan técnicas de IA para personalizar la experiencia educativa, proporcionando diferentes niveles de contenido basado en la habilidad del usuario. Ejemplos incluyen plataformas como Edmodo o Coursera, que utilizan algoritmos de recomendación para sugerir materiales, videos o ejercicios específicos para cada estudiante según su rendimiento [11].

- Análisis de Datos y Predicción de Desempeño

La IA se usa para analizar grandes volúmenes de datos relacionados con el rendimiento de los estudiantes, permitiendo a los educadores identificar patrones que predicen el éxito o el fracaso académico. Esto ayuda a intervenir tempranamente en

estudiantes que presentan dificultades. Por ejemplo, herramientas como Learning Analytics permiten anticipar el rendimiento y adaptar estrategias pedagógicas [10].

- Automatización de Evaluaciones

La automatización de la corrección de pruebas y tareas, utilizando algoritmos de IA, permite reducir la carga administrativa sobre los docentes y aumentar la eficiencia. Herramientas como Gradescope emplean visión artificial y aprendizaje automático para corregir exámenes y proporcionar retroalimentación inmediata [30].

- Simuladores y Realidad Virtual con IA

Los simuladores educativos impulsados por IA, combinados con realidad virtual, permiten que los estudiantes participen en experiencias prácticas seguras. Esto es particularmente útil en áreas como la ingeniería y la medicina, donde la práctica con entornos reales podría ser costosa o arriesgada. Un ejemplo es Labster, una plataforma que proporciona simulaciones de laboratorio en un entorno virtual [21].

- Chatbots y Asistentes Virtuales

Los chatbots educativos, basados en IA, como Jill Watson de Georgia Tech, actúan como asistentes virtuales para responder preguntas frecuentes de los estudiantes, ayudar con tareas simples y guiar en el uso de plataformas educativas [18]. Estos asistentes están disponibles las 24 horas, proporcionando soporte continuo.

Este cambio en el rol del docente es crucial para el éxito de la educación en la era de la IA. La personalización del aprendizaje es uno de los mayores beneficios que la IA ofrece, pero también requiere que los docentes adopten nuevas competencias, especialmente en el uso de estas tecnologías y en la gestión de entornos de aprendizaje más dinámicos [20]. Además, los docentes deben ser capaces de fomentar una cultura de aprendizaje continuo, donde los estudiantes sean proactivos en la adquisición de conocimientos. Sin embargo, es necesario que las instituciones apoyen a los docentes en esta transición, proporcionándoles formación continua y recursos para integrar efectivamente la IA en sus prácticas pedagógicas [25], [29].

3.3 Impacto en el Desempeño y Capacidades del Estudiante

Los estudiantes que han sido expuestos a la IA en su proceso educativo muestran una notable mejora en su desempeño académico y en el desarrollo de habilidades prácticas [32]. En particular, las herramientas de IA han permitido a los estudiantes acceder a contenidos adaptados a sus necesidades individuales, recibir retroalimentación inmediata y participar en simulaciones avanzadas que replican situaciones del mundo real [10]. Esto no solo ha mejorado su comprensión teórica, sino que también ha fortalecido su capacidad para innovar y resolver problemas complejos, habilidades que son cada vez más demandadas en el mercado laboral [24].

La capacidad de la IA para personalizar el aprendizaje es una ventaja competitiva significativa en la formación de ingenieros. Al permitir que cada estudiante avance a su propio ritmo y enfoque su aprendizaje en áreas específicas de interés o necesidad, la IA no solo mejora los resultados académicos, sino que también

fomenta un mayor compromiso y motivación. Sin embargo, este enfoque también presenta desafíos, como la necesidad de garantizar que todos los estudiantes tengan acceso equitativo a estas tecnologías y que las diferencias en la alfabetización digital no creen nuevas brechas educativas [11]. Además, es esencial que los programas educativos no se limiten a enseñar el uso de herramientas de IA, sino que también capaciten a los estudiantes para comprender y cuestionar las implicaciones éticas y sociales de la IA en sus futuras carreras [19].

3.4. Desafíos Éticos y Sociales en la Formación en Ingeniería

Los hallazgos subrayan la creciente necesidad de integrar una formación ética sólida en los programas de ingeniería, especialmente en lo que respecta a la IA [10]. Los estudios revisados señalan que los ingenieros del futuro no solo deben ser competentes en el uso de tecnologías avanzadas, sino que también deben estar preparados para enfrentar los desafíos éticos y sociales asociados con estas tecnologías [15]. Esto incluye el desarrollo de un pensamiento crítico respecto al impacto de la IA en el empleo, la privacidad, la seguridad y la equidad social [22].

La ética en la formación en ingeniería es más relevante que nunca en la era de la IA. A medida que los ingenieros se convierten en los creadores y usuarios de tecnologías que tienen un impacto profundo en la sociedad, es crucial que estén equipados para tomar decisiones informadas y responsables. La formación ética no debe ser vista como un complemento opcional, sino como una parte integral del currículo que prepara a los estudiantes para evaluar críticamente el impacto de sus acciones en el mundo real [17]. Este enfoque también requiere una colaboración más estrecha entre disciplinas, integrando la ingeniería con las ciencias sociales y las humanidades para ofrecer una perspectiva más holística [26].

3.5. Ventajas de la IA en la Educación de Ingeniería

Las instituciones que han implementado IA en sus procesos educativos reportan mejoras significativas en la calidad del aprendizaje [23], [31], [32], [33], [34], [35]. La IA está siendo utilizada para crear simulaciones avanzadas y entornos de aprendizaje virtual que permiten a los estudiantes experimentar y practicar en escenarios controlados, lo que enriquece su comprensión teórica y su competencia práctica [21]. Además, la automatización de tareas administrativas y repetitivas ha permitido a los docentes y estudiantes concentrarse en aspectos más creativos e innovadores del aprendizaje. La figura 1 es un diagrama de Venn que muestra la intersección de varias áreas clave relacionadas con la educación asistida por inteligencia artificial.

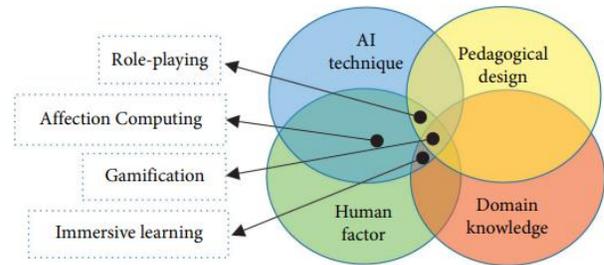


Figura 1. Jerarquía de la inteligencia artificial en la implementación educativa.

Fuente: Zhai et al. 2021.

La IA ofrece ventajas innegables en la educación de ingeniería, al proporcionar herramientas que mejoran la calidad y la eficacia del aprendizaje [27]. Las simulaciones y los entornos virtuales no solo facilitan la comprensión de conceptos complejos, sino que también permiten a los estudiantes experimentar con soluciones innovadoras en un entorno seguro. Sin embargo, es importante que estas herramientas se utilicen como un complemento a la enseñanza tradicional, asegurando que los estudiantes también desarrollen habilidades prácticas en situaciones reales. Además, se debe prestar atención a los posibles riesgos, como la dependencia excesiva de las herramientas de IA o la falta de una comprensión profunda de los fundamentos técnicos, que podrían limitar la capacidad de los estudiantes para enfrentar desafíos inesperados en el mundo real [16].

Los resultados de este análisis destacan la importancia de una transformación integral en la educación de ingeniería para adaptarse a la era de la inteligencia artificial. Es imperativo que las universidades actualicen sus currículos, capaciten a sus docentes y aseguren que los estudiantes no solo adquieran conocimientos técnicos avanzados, sino que también estén preparados para abordar los desafíos éticos y sociales que la IA plantea [10]. Solo a través de una adaptación continua y consciente a estos cambios, la educación en ingeniería podrá seguir siendo relevante y efectiva en la preparación de los ingenieros del futuro. La figura 2 traza la cantidad de documentos publicados relacionados con la inteligencia artificial en la educación desde el año 1976 hasta el 2024.

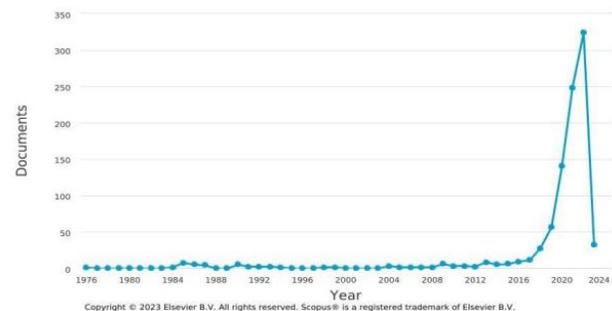


Figura 2. Evolución histórica de la IA en la educación.

Fuente: Navarro et al. 2023.

3.6. Adaptaciones Identificadas en la Literatura Revisada

A lo largo de la literatura revisada, se identifican varias adaptaciones implementadas por distintas instituciones y sugeridas por diferentes estudios:

Actualización del Currículo Académico: Un consenso predominante entre los estudios revisados es la necesidad de reformar profundamente los programas de ingeniería para incluir cursos específicos sobre IA, ciencia de datos y tecnologías emergentes. Universidades de vanguardia han comenzado a ofrecer cursos desde los primeros años del programa que abordan la programación avanzada, el aprendizaje automático y el análisis de grandes volúmenes de datos. Esta adaptación no solo consiste en agregar nuevos contenidos, sino también en modificar la forma de enseñar para promover el pensamiento crítico y la innovación, en lugar de la memorización de conceptos [12], [31].

Transformación del Rol del Docente: Otro cambio significativo observado es la transformación del rol del docente. La implementación de herramientas de IA permite a los educadores personalizar el aprendizaje para cada estudiante, lo cual transforma a los docentes en facilitadores y guías más que en transmisores de conocimiento. Esta adaptación ha sido sugerida por varios estudios como una forma de liberar tiempo para que los docentes se concentren en el desarrollo de habilidades críticas y la resolución de problemas complejos [18], [29].

Enfoque en Habilidades Éticas y Sociales: Los estudios revisados subrayan la importancia de incluir una formación ética sólida en el currículo de ingeniería. Los ingenieros del futuro deben estar preparados para abordar los desafíos éticos que plantea la IA, tales como el impacto en el empleo, la privacidad y la seguridad social. Esto ha sido propuesto principalmente por organismos internacionales, como la UNESCO, y estudios enfocados en la educación ética y social [15], [17].

Automatización de Tareas Administrativas: La IA también se ha utilizado para automatizar tareas administrativas, como la evaluación de pruebas y la corrección de tareas. Esto permite a los docentes y estudiantes enfocarse más en actividades creativas e innovadoras [30], [35].

Las adaptaciones mencionadas han mostrado resultados positivos en términos del desempeño académico de los estudiantes y la calidad de la enseñanza. Por ejemplo, la personalización del aprendizaje, facilitada por la IA, ha mejorado notablemente la comprensión teórica y el compromiso de los estudiantes [10], [32]. Sin embargo, se ha destacado la importancia de acompañar estas adaptaciones con esfuerzos para garantizar el acceso equitativo a las nuevas tecnologías y reducir la brecha digital entre los estudiantes [11], [16].

3.7. Aplicación de Herramientas de IA en Casos Concretos

La implementación de la inteligencia artificial (IA) en la educación de ingeniería ha tomado diferentes formas dependiendo de las herramientas específicas y el contexto educativo. En esta sección, se presentan ejemplos concretos de

cómo la IA se ha utilizado para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y la gestión académica.

Un ejemplo destacado es el uso de plataformas de aprendizaje personalizadas basadas en IA, como sistemas de tutoría inteligente que permiten adaptar el contenido y ritmo de aprendizaje según las necesidades individuales de cada estudiante. Esto ha resultado en una mejora significativa en el desempeño académico, especialmente en áreas como la programación y el análisis de datos, donde los estudiantes requieren diferentes niveles de apoyo [12], [32].

Otra aplicación es el uso de asistentes de IA para la automatización de tareas administrativas. Por ejemplo, herramientas de evaluación automática permiten corregir exámenes y tareas con mayor rapidez y precisión, lo cual libera tiempo para que los docentes se enfoquen en actividades más complejas como el desarrollo de habilidades críticas y la resolución de problemas [30]. Además, estos sistemas proporcionan retroalimentación instantánea a los estudiantes, lo cual contribuye a un proceso de aprendizaje más dinámico y eficiente [10].

También se han implementado simuladores avanzados impulsados por IA para replicar situaciones del mundo real. Estos simuladores son utilizados en áreas como la ingeniería mecánica y la robótica, permitiendo a los estudiantes realizar prácticas en entornos virtuales que replican condiciones reales de trabajo [21]. Esto no solo fortalece las competencias técnicas de los estudiantes, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades blandas como la toma de decisiones y la resolución de problemas bajo presión [24].

3.8. Sección de Resultados Cuantitativos: Uso de IA Generativa en la Educación Superior

En esta sección se presentan los resultados cuantitativos obtenidos sobre la percepción y el uso de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IA Gen) en el ámbito de la educación superior, basados en una encuesta realizada a 1217 participantes de 76 países [39].

- Nivel de Conocimiento y Uso de Herramientas de IA Generativa

Los resultados muestran que la gran mayoría de los participantes (81.76%) afirmó tener conocimiento sobre herramientas de IA Generativa, mientras que un 14.95% indicó no estar familiarizado con ellas y un 3.29% no estaba seguro). En cuanto a la familiaridad con herramientas específicas, se destacó que ChatGPT era la herramienta más conocida, con un 71.8% de los participantes indicando alta familiaridad, seguida por GrammarlyGo (48.5%) y Bard (30.6%) [39], [5], [21].

- Propósito de Uso de la IA Generativa

Los participantes señalaron varios propósitos para el uso de herramientas de IA Generativa en el ámbito educativo:

Recuperación de información: Un 44.3% de los encuestados utiliza estas herramientas para buscar información.

Parfraseo de contenido: 39.4% reportó usar estas herramientas para parafrasear textos.

Aprendizaje autodirigido: Un 28.5% de los encuestados emplea la IA Generativa para el aprendizaje independiente.

Percepción sobre el Uso de IA Generativa como Plagio o Trampa Académica

Los resultados muestran que existe una división en cuanto a la percepción del uso de IA Generativa en la educación superior:

45.4% de los encuestados considera que el uso de estas herramientas por parte de estudiantes constituye una forma de trampa académica.

Entre aquellos que han utilizado herramientas de IA Generativa, un 54.5% afirmó que no las emplearía para cometer plagio en el futuro.

- Correlación entre Dimensiones Culturales y Percepción del Uso de IA Generativa

Se encontró una correlación significativa entre la evitación de la incertidumbre y la percepción del uso de IA Generativa como trampa académica [25], [26], [29]. Específicamente, los encuestados de culturas caracterizadas por una alta evitación de la incertidumbre eran 3.67 veces más propensos a clasificar el uso de estas herramientas como trampa académica, en comparación con otras culturas.

- Preocupaciones sobre la IA Generativa

Los participantes también expresaron diversas preocupaciones sobre el uso de la IA Generativa:

Un valor medio de 4.181 indicó un alto nivel de preocupación sobre la precisión factual de los resultados generados por las herramientas [30], [31].

La media para la preocupación sobre el plagio y la deshonestidad académica asociada con el uso de estas herramientas fue de 4.002.

Estos resultados cuantitativos refuerzan la necesidad de una discusión sobre la implementación responsable de la IA Generativa en la educación superior, con un énfasis en políticas que equilibren los beneficios potenciales con la preservación de la integridad académica [32], [35].

En la presente investigación, se analizaron los beneficios potenciales y las adaptaciones necesarias para la integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación en ingeniería. Sin embargo, es necesario reconocer que existen diversas críticas y preocupaciones relacionadas con la aplicación de estas tecnologías.

Un grupo significativo de críticos ha expresado preocupaciones sobre cómo la IA podría deshumanizar el proceso educativo y reducir el rol de los docentes a meros facilitadores de contenidos automatizados [41]. Estas preocupaciones se centran particularmente en la utilización de sistemas automatizados de vigilancia y evaluación, que podrían afectar la autonomía del docente y limitar las relaciones sociales en el aula [41].

Por otro lado, si bien la IA tiene el potencial de personalizar el aprendizaje y mejorar la eficiencia del sistema educativo, también existe el riesgo de que estas tecnologías faciliten el plagio y promuevan conductas poco éticas por parte de los estudiantes. Estos riesgos se relacionan con la capacidad de los sistemas generativos de IA, como ChatGPT, para producir respuestas automáticas que podrían ser usadas sin el debido proceso de aprendizaje [39]. Este dilema enfatiza la necesidad de implementar pautas y directrices claras que regulen el uso responsable de estas herramientas tecnológicas.

A pesar de las preocupaciones mencionadas, también existen estudios que respaldan los hallazgos de esta investigación, argumentando que la IA puede ser una herramienta valiosa para enriquecer la educación en ingeniería, particularmente en términos de personalización del aprendizaje y optimización del tiempo de los docentes. La IA puede complementar las capacidades humanas, permitiendo a los educadores enfocarse en tareas de mayor valor pedagógico, como la enseñanza crítica y la orientación personalizada [40].

En síntesis, los hallazgos de este estudio sugieren la necesidad de un enfoque balanceado para la implementación de la IA en la educación superior [1], [2], [3], [4]. Si bien existen ventajas claras, como la personalización del aprendizaje y el apoyo a los docentes, también es crucial reconocer y abordar los desafíos éticos y sociales que plantea el uso de estas tecnologías. Se recomienda que las universidades adopten políticas que aseguren la equidad y minimicen los riesgos de discriminación, al mismo tiempo que se fomente un uso ético y transparente de la inteligencia artificial en el ámbito educativo [1], [2].

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio subrayan la necesidad urgente de reformar los programas de ingeniería para integrar de manera efectiva la inteligencia artificial (IA) y la ciencia de datos en el currículo desde los primeros años. Las universidades deben priorizar la actualización de sus planes de estudio para incluir cursos específicos sobre IA, aprendizaje automático y análisis de grandes volúmenes de datos, que no solo aborden conocimientos técnicos, sino que también promuevan el pensamiento crítico y la innovación [1], [12], [31].

Asimismo, se requiere una transformación significativa en el rol del docente, que debe evolucionar de un transmisor de conocimientos a un facilitador del aprendizaje apoyado en herramientas de IA. Estas herramientas permiten personalizar el ritmo y el contenido del aprendizaje, liberando tiempo para que los docentes se concentren en desarrollar habilidades críticas en los estudiantes y resolver problemas complejos [18], [29]. Para ello, es fundamental que las instituciones brinden formación continua a los docentes y recursos adecuados para la integración de estas tecnologías en sus prácticas pedagógicas [25].

La IA tiene el potencial de mejorar notablemente el desempeño académico de los estudiantes al personalizar el aprendizaje y proporcionar acceso a simulaciones avanzadas que replican situaciones del mundo real [10], [21], [32]. No obstante, la implementación de estas tecnologías debe ser equitativa y acompañada de una sólida formación ética, asegurando que los ingenieros del futuro sean conscientes de las implicaciones sociales y éticas de su trabajo [15], [17]. Además, es crucial fomentar un uso responsable y transparente de la IA, evitando riesgos como la deshumanización del proceso educativo o la creación de nuevas brechas educativas [16], [41].

Para que la educación en ingeniería siga siendo relevante y eficaz en la era de la IA, es necesario un esfuerzo conjunto entre universidades, gobiernos e industrias. La colaboración debe enfocarse en garantizar que los estudiantes adquieran tanto competencias técnicas avanzadas como habilidades éticas y

sociales, permitiéndoles liderar y adaptarse a un mundo tecnológicamente avanzado [15]. Estas medidas asegurarán que los futuros ingenieros estén preparados para enfrentar los retos del entorno laboral actual y contribuir positivamente a la sociedad.

Referencias

- [1] Tahiri, M., Alaoui Ismaïli, B., & Bakkali, S. (16 de diciembre de 2023). Aplicaciones de la IA en la educación superior: una revisión de la literatura sobre educación en ingeniería de países en desarrollo. IEEEE. <https://dx.doi.org/10.1109/CiSt56084.2023.10409934>
- [2] Barkaoui, A., Ouldassine, R., Bettabi, S., Jamart-Gregoire, B., & Ezbakhe, A. (16 de julio de 2024). Un enfoque simplificado y adaptativo para acreditar un programa del sistema educativo francés por ABET-EAC. *Frontiers in Education*. <https://dx.doi.org/10.3389/feduc.2024.1405653>
- [3] Kaynak, O. (19 de enero de 2023). Educación en Ingeniería en la Era de la Industria 5.0. IEEEE. <https://dx.doi.org/10.1109/sami58000.2023.10044508>
- [4] Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., & Istenic, A. (2021). Revisión de la inteligencia artificial (IA) en la educación de 2010 a 2020. *Journal of Educational Technology & Society*, 24(1), 250-266. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- [5] Timms, M. J. (2016). Liberando la inteligencia artificial en la educación: Cobots educativos y aulas inteligentes. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 701-712. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0095-y>
- [6] Salehi, H., & Burgueño, R. (2018). Métodos emergentes de inteligencia artificial en la ingeniería estructural. *Engineering Structures*, 171, 170-189. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.05.084>
- [7] Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles de la inteligencia artificial en la ingeniería y gestión de la construcción: Una revisión crítica y tendencias futuras. *Automation in Construction*, 122, 103517. <https://www.sciencedirect.com/article/abs/pii/S0926580520310979>
- [8] Alam, A. (2021). Posibilidades y aprehensiones en el panorama de la inteligencia artificial en la educación. *International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)*. https://www.researchgate.net/publication/358420024_Possibilities_and_Apprehensions_in_the_Landscape_of_Artificial_Intelligence_in_Education
- [9] Andreoli, S., Batista, A., Fucksman, B., & Gladko, L. (2022). Inteligencia artificial y educación. *Academia.edu*. https://www.academia.edu/92185199/Sart_IA_y_educacion_C3%B3n_Un_marco_para_el_an%C3%A1lisis_y_la_creacion_C3%B3n_de_experiencias_en_el_nivel_superior_inteligencia_artificial_en
- [10] Gómez-Díaz, M. S., & Hernández-Palafox, F. (2023). Impacto de la educación: Perspectivas y desafíos. *TecnoTrend, Universidad La Salle Bajío*. <https://tecnotrend.lasallebajio.edu.mx/uploads/a08n15/felipe.pdf>
- [11] Bolaño-García, M., & Duarte-Acosta, N. (2024). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Colombiana de Cirugía*. <https://www.revistacirugia.org/index.php/cirugia/article/view/2365>
- [12] Coto Jiménez, M. (2021). Consideraciones para la incorporación de la Inteligencia Artificial en un programa de pregrado de Ingeniería Eléctrica. *Actualidades Investigativas en Educación*. <https://revistas.ucr.ac/index.php/aie/article/view/46761/47943>
- [13] Sánchez, J. S. P., & Pardo, I. D. T. (2023). Personalización de recursos para la enseñanza de matemáticas universitarias usando inteligencia artificial. *Revista Iberoamericana de Investigación en Educación y Pedagogía*. <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/riep/article/view/7904>
- [14] Gallent-Torres, C., & Zapata-González, A. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *Revista Electrónica de Educación*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/916/91676028011/91676028011.pdf>
- [15] Tramallino, C. P., & Zeni, A. M. (2024). Avances y discusiones sobre el uso de inteligencia artificial (IA) en educación. *Educación*. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1019-94032024000100029&script=sci_arttext
- [16] Gómez, J. S. (2023). El futuro de la educación superior. Una mirada desde la inteligencia artificial. *Fedumar Pedagogía y Educación*. Disponible en: <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/fedumar/article/view/3693>
- [17] Aguilar, G. M. F., & Gavilanes, D. C. A. (2023). Inteligencia artificial y la educación universitaria: Una revisión sistemática. *Magazine de las Ciencias*. Disponible en: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/2935>
- [18] Huerta, S., & Zavala, J. Z. (2022). Inteligencia artificial y la educación virtual, una legislación necesaria. Una visión desde Latinoamérica. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9113860>
- [19] Lara, R. A. M., Criollo, L. R. S., & Calderón, C. J. C. (2023). La inteligencia artificial; análisis del presente y futuro en la educación superior. *Revista Científica*. Disponible en: <https://revosta-gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/98>
- [20] Mena-Guacas, A. F., & Vázquez-Cano, E. (2024). La inteligencia artificial y su producción científica en el campo de la educación. *Formación Universitaria*. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062024000100155&script=sci_arttext
- [21] Sambola, D. M. (2023). Inteligencia artificial en la educación: estado del arte. Wani. Disponible en: <http://repositorio.bicu.edu.ni/1305/>
- [22] Giró Gràcia, X., & Sancho-Gil, J. M. (2022). La Inteligencia Artificial en la educación: Big data, cajas negras y solucionismo tecnológico. *Universidad de Extremadura*. Disponible en: <https://dehesa.unex.es/handle/10662/13941>
- [23] Navarro, J. R. S., Pérez, Y. S., & Bravo, D. D. P. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación contemporánea. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9010092>
- [24] Mejías, M., & Coronado, Y. C. G. (2022). Inteligencia artificial en el campo de la enfermería. Implicaciones en la asistencia, administración y educación. *Salud, Ciencia y Tecnología*. <https://www.medigraphic.com/pdfs/salcietec/sct-2022/sct221cc.pdf>
- [25] Del Puerto, D. A., & Esteban, P. G. (2022). La Inteligencia Artificial como recurso educativo durante la formación inicial del profesorado. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/3314/331470794017/331470794017.pdf>
- [26] Macías Moles, Y. (2021). La tecnología y la Inteligencia Artificial en el sistema educativo. *Repositori Universitat Jaume I*. https://issuu.com/ginatal/docs/la_tecnologia_y_la_ia_en_el_sistema_educativo
- [27] Khadzhieva, L. K., Ovseenko, G. A., & Rasulov, Y. S. (2024). Personalized training of students of higher professional educational institutions under the program «Artificial Intelligence + Education». *Educational Innovations*. <https://dx.doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.05.06.032>
- [28] Lara, R. A. M., Criollo, L. R. S., & Calderón, C. J. C. (2023). La inteligencia artificial; análisis del presente y futuro en la educación superior. *Revista Científica*. Disponible en <https://revosta-gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/98>
- [29] Aguilar, G. M. F., & Gavilanes, D. C. A. (2023). Inteligencia artificial y la educación universitaria: Una revisión sistemática. *Magazine de las Ciencias*. Disponible en <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/2935>
- [30] García, O. C. (2023). Inteligencia Artificial en Educación Superior: Oportunidades y Riesgos. *Revista de investigación en Tecnología Educativa*. Disponible en <https://revistas.um.es/riite/article/view/591581>
- [31] Chen, K. (2023). Reforma educativa: exploración de las matemáticas de ingeniería desde la perspectiva de la inteligencia artificial. *Educación de adultos y superior*. <https://www.clausiuspress.com/article/9679.html>
- [32] Zhou, R., Zhi, P., Xu, X., Liu, Z., Li, X., & Zhou, Q. (2022). Inteligencia artificial en la educación en ingeniería en el caso del plan de estudios de vehículos autónomos. *2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 341-348. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9922348>
- [33] Wang, H. (2023). Optimización de la trayectoria docente del curso de programación de inteligencia artificial en el contexto de nuevas construcciones de ingeniería. *Matemáticas Aplicadas y Ciencias No Lineales*. <https://sciendo.com/article/10.2478/amns.2023.2.00263>
- [34] Wan, C., Hu, Z., & Hu, J. (2022). Reforma y práctica del curso de introducción a la inteligencia artificial en las universidades locales. *Revista Internacional de Educación y Humanidades*, 6(1). <https://drpress.org/ojs/index.php/ijeh/article/view/3061>
- [35] Bates, T., Cobo, C., Mariño, O., & Wheeler, S. (2020). ¿Puede la inteligencia artificial transformar la educación superior? *Revista Internacional de Tecnología Educativa en Educación Superior*, 17(1), 1-18. <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-020-00218-x>
- [36] Drach, I., Petroye, O., Borodiyenko, O., Reheilo, I. Y., Bazeliuk, O., Bazeliuk, N. V. y Slobodianiuk, O. M. (2023). El uso de la inteligencia artificial en la educación superior. *Universiteti i liderstvo*, 15, 66-82. <https://ul-journal.org/index.php/journal/article/view/213>
- [37] Marzouk, O. A. (2021). Acreditación de programas de inteligencia artificial

desde las perspectivas ABET omaní e internacional. En A. E. Hassanien y K. A. Al-Sharhan (Eds.), *Tecnologías emergentes en informática: conferencia internacional de 2020 sobre tecnologías emergentes en informática* (pp. 379-390). Springer. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3920409

- [38] Aper, J. P. (2024). Artificial Intelligence and Higher Education: A Brave New World? [Artículo de revista]. https://www.researchgate.net/publication/380980856_Artificial_Intelligence_and_Higher_Education_A_Brave_New_World
- [39] Yusuf, A., Román-González, M., & Pervin, N. (2024). La IA generativa y el futuro de la educación superior: ¿Una amenaza para la integridad académica o una reforma? Evidencia desde perspectivas multiculturales. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. https://www.researchgate.net/publication/379245634_Generative_AI_and_the_future_of_higher_education_a_threat_to_academic_integrity_or_reformation_Evidence_from_multicultural_perspectives/link/6601175aa4857c79627be2de/download?_tp=eyJjb250ZXh0ljp7ImZpcnN0UGFnZS16InB1YmV2F0aW9uIn19
- [40] Popenici, S. (2023). La crítica de la IA como base para su uso prudente en la educación superior. *Journal of Educational Technology*. https://www.researchgate.net/publication/372194610_The_critique_of_AI_as_a_foundation_for_judicious_use_in_higher_education
- [41] Selwyn, N. (2022). Constructive criticism? Working with (rather than against) the AIED backlash. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-023-00344-3>

Caracterización por ultrasonido del multimaterial madera-malla-adhesivo

Javier Ramón Sotomayor Castellanos¹ , Israel Macedo Alquicira² 

¹y ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

¹ maderas999@yahoo.com, ² macedoisrael@gmail.com

DOI: 10.33412/pri.v16.1.3972



Resumen: La hipótesis de la investigación propone que la densidad, la velocidad del ultrasonido y el módulo dinámico de la madera sólida se incrementan como efecto de su transformación en un multimaterial constituido con madera-malla-adhesivo. Para verificar esta propuesta, el objetivo de la investigación fue determinar estos tres parámetros en probetas de pequeñas dimensiones de *Pinus pseudostrobus*, *Tabebuia rosea* y *Quercus scytophylla*. Con madera de las mismas especies se prepararon dos grupos de probetas, uno de madera sólida y otro de multimaterial. Se determinó su contenido de humedad y su densidad, también se realizaron mediciones de la velocidad del ultrasonido y se calcularon los módulos dinámicos. Se analizaron los resultados probeta por probeta de una misma especie, su anisotropía y se calcularon las correlaciones estadísticas entre las variables de respuesta. Igualmente, se analizó el efecto de las mallas en los resultados promedio. La densidad, la velocidad del ultrasonido y el módulo dinámico de la madera sólida aumentan por la elaboración del multimaterial. En cambio, en el multimaterial, disminuye su variabilidad y anisotropía. La malla y el adhesivo funcionan como componentes estabilizadores en el multimaterial, por lo que en este disminuye la magnitud de la velocidad longitudinal, pero aumenta la tangencial. La densidad no es un buen predictor de la velocidad del ultrasonido. En cambio, es un predictor moderado del módulo dinámico.

Palabras clave: Anisotropía, contenido de humedad, densidad, módulo dinámico, velocidad del ultrasonido.

Title: Characterization by ultrasound of the wood-mesh-adhesive multimaterial.

Abstract: The research hypothesis proposes that the density, the speed of the ultrasound and the dynamic modulus of solid wood increase as an effect of its transformation into a multimaterial made up of wood-mesh-adhesive. To verify this proposal, the objective of the research was to determine these three parameters in small specimens of *Pinus pseudostrobus*, *Tabebuia rosea* and *Quercus scytophylla*. With wood of the same species, two groups of test tubes were prepared, one of solid wood

and the other of multimaterial. Its moisture content and density were determined, ultrasound velocity measurements were also made and dynamic moduli were calculated. The results were analyzed specimen by specimen of the same species, its anisotropy and the statistical correlations between the response variables were calculated. Likewise, the effect of the meshes on the average results was analyzed. The density, the speed of the ultrasound and the dynamic modulus of solid wood are increased by the processing of the multimaterial. On the other hand, in the multimaterial, its variability and anisotropy decrease. The mesh and the adhesive function as stabilizing components in the multimaterial, so the magnitude of the longitudinal velocity decreases in it, but the tangential velocity increases. Density is not a good predictor of ultrasound speed. Instead, it is a moderate predictor of the dynamic modulus.

Key words: Anisotropy, density, dynamic modulus, moisture content, ultrasound speed.

Tipo de artículo: investigación.

Fecha de recepción: 13 de diciembre de 2023.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

En tecnología de la madera, una propuesta contemporánea es la modificación de sus propiedades intrínsecas aplicando procesos de densificado, plastificado y/o de preservación para optimizar su aprovechamiento industrial [1]. Este enfoque tiene por objetivo mejorar sus propiedades tecnológicas y reducir su heterogeneidad, anisotropía y tendencia al deterioro. La anisotropía de la madera se define como la variabilidad en la magnitud de sus propiedades físicas, en función de la dirección de medición o de observación. Las direcciones radial, tangencial y longitudinal son privilegiadas en relación con el plano leñoso. Esta propiedad se manifiesta igualmente en las diversas escalas de observación de la organización jerárquica de la madera. Todas estas son características naturales de la materia prima que se obtiene de una amplia biodiversidad de especies forestales [2].

Una segunda tendencia es el desarrollo de compuestos y de madera de ingeniería con la finalidad de transitar del uso de la madera como materia prima, a su empleo como material de ingeniería [3]. Estos materiales tienen características físicas y mecánicas bien definidas tales como su densidad, sus coeficientes de hidroscofia, su módulo de elasticidad, así como su resistencia a la ruptura. De tal forma, que se pueden comercializar en el mercado como productos industriales o insumos normalizados para el cálculo ingenieril y en el diseño arquitectónico, así como en las industrias que requieren que la madera y sus materiales derivados estén caracterizados [4]. Esta estrategia permite al ingeniero y arquitecto disponer de un material que puede competir con otros insumos en el mercado [5].

En esta investigación se presenta la caracterización mecánica de un multimaterial compuesto de madera sólida, malla y adhesivo. Este multimaterial puede tener aplicaciones como sustituto y/o complemento de elementos estructurales y arquitecturales [6]. Se elaboró con las maderas *Pinus*

pseudostrobus, *Tabebuia rosea* y *Quercus scytophylla*, las cuales son utilizadas en la industria de transformación como materia prima para elaborar madera aserrada y tableros contrachapados y aglomerados de fibra y astilla [7] [8]. Sin embargo, existe poca información acerca de su transformación en un multimaterial con vocación constructiva.

En [9] [10] se reportan estudios con ultrasonido de multimaterial madera-malla-adhesivo con un acomodo paralelo de sus láminas. Los autores citados determinaron densidades, velocidades del ultrasonido y módulos dinámicos para madera sólida, madera laminada y multimaterial de *P. pseudostrobus*. No obstante, los resultados de la presente investigación son originales e inéditos.

La hipótesis de la investigación propone que la densidad, la velocidad del ultrasonido y el módulo dinámico de la madera sólida se incrementan como efecto de su transformación en un multimaterial madera-malla-adhesivo. Para verificar esta propuesta, el objetivo de la investigación fue determinar estos tres parámetros en probetas de pequeñas dimensiones de *P. pseudostrobus*, *T. rosea* y *Q. scytophylla* y de multimaterial elaborado con estas mismas especies.

2. Materiales y métodos

Se prepararon seis grupos de 17 probetas cada uno. Tres de ellos son de madera sólida de *P. pseudostrobus*, *T. rosea* y *Q. scytophylla* con dimensiones de 10 m × 150 mm × 150 mm en las direcciones radial (R), tangencial (T) y longitudinal (L), respectivamente. Los otros tres grupos están formados por probetas de multimaterial madera-malla-adhesivo, las cuales están constituidas por dos placas de madera de las mismas especies, con dimensiones de 20 mm × 150 mm × 150 mm (figura 1). Estas dos placas están unidas ortogonalmente en las direcciones tangencial y longitudinal con una combinación de dos componentes de adhesivo de poliuretano repartidos 200 kg m⁻². Entre las dos placas se posicionó una malla de acero galvanizado en el plano longitudinal-tangencial. Los tres materiales se consolidaron con presión de 250 kg m⁻² y temperatura de 90 °C durante 1 h.

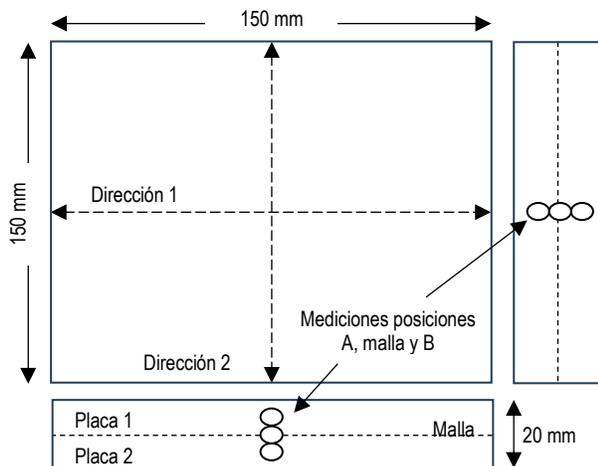


Figura 1. Probeta de multimaterial.

Los taxones botánicos de las maderas se determinaron en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Para cada muestra se determinó su contenido de humedad (CH) [11] y su densidad (ρ_{CH}) [12]. Se realizaron mediciones de la velocidad del ultrasonido [13] en las direcciones tangencial y longitudinal de la madera sólida. Las pruebas de ultrasonido consistieron en suministrar un impulso ultrasónico en transmisión directa en dirección tangencial y/o longitudinal de la probeta. El tiempo de transmisión del ultrasonido se midió directamente con el aparato *SylvatestDuo*® (Frecuencia de 22000 Hz) posicionado en un dispositivo diseñado especialmente para pruebas no destructivas (figura 2).



Figura 2. Pruebas de ultrasonido.

Dado que en el multimaterial las direcciones tangencial y longitudinal de la madera se combinan, las velocidades del ultrasonido se midieron en las posiciones A y B de las placas de madera y paralelamente al plano correspondiente a la malla (figura 1). Igualmente, se midieron las velocidades del ultrasonido a través de la malla en su dirección paralela al plano principal. A partir de la ecuación de onda (1) [14]:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1)$$

Donde:

u = Vector desplazamiento

x = Coordenada espacial

t = Coordenada temporal

v = velocidad de onda

Los módulos dinámicos se calcularon con (2) [15]:

$$E_{us} = \rho_{CH} \times v_{us}^2 \quad (2)$$

Donde:

E_{us} = Módulo dinámico (N m⁻²)

ρ_{CH} = Densidad (kg m⁻³)

v_{us} = Velocidad del ultrasonido (m s⁻¹)

2.1. Diseño experimental

Se estudiaron seis unidades experimentales, tres de la madera sólida y tres del multimaterial, y cada unidad se formó por grupos de 17 probetas. La transformación de madera sólida de cada especie en multimaterial se considera el factor de variación. Las variables de respuesta fueron la densidad (ρ_{CH}), la velocidad del ultrasonido (v_{us}) y el módulo dinámico (E_{us}). Así, se formaron 18 muestras independientes y homogéneas (2 tipos de material: madera sólida y multimaterial por tres especies: *P. pseudostrobus*, *T. rosea* y *Q. scytophylla* por tres variables de respuesta). De tal forma, se diseñó un experimento homogéneo, aleatorio y balanceado [16].

La estrategia experimental consistió en medir la velocidad del ultrasonido en las posiciones A, malla y B del multimaterial (Figura 1). De esta forma se pudo analizar de manera local el efecto de la matriz malla-adhesivo sobre el ultrasonido en las placas de madera. Sin embargo, para observar el efecto integral, se tomaron como valores el promedio de estas tres mediciones.

Para cada muestra se calcularon su media (μ), su desviación estándar (σ) y su coeficiente de variación ($CV = \sigma/\mu$). Se realizaron pruebas de normalidad de la distribución de las muestras calculando el sesgo estandarizado (SE) y el apuntamiento estandarizado (AE) con el criterio de demarcación de aceptar distribuciones uniformes para valores al interior del intervalo $[-2 < SE \text{ y/o } AE < +2]$. Para los datos de las velocidades del ultrasonido, se realizaron pruebas de verificación y análisis de varianza y de grupos homogéneos con la hipótesis nula: $H_0: \mu_1 = \mu_2$ donde los subíndices 1 y 2 se refieren a las muestras en contrastación. Las pruebas estadísticas se realizaron para un nivel de confianza de 95%. Así, el criterio de demarcación fue aceptar diferencias significativas para valores de $P_{(\alpha = 0,05)} < 0,05$. Para observar el efecto del tratamiento en cada una de las placas que forman el multimaterial, se realizaron las mismas pruebas anteriores, pero para las mediciones correspondientes a las direcciones 1 y 2 (figura 1).

3. Resultados y discusión

Los resultados y su discusión detallan el análisis estadístico que corroboró la normalidad de la distribución de las muestras, así como una distinción entre las mediciones efectuadas en madera sólida en comparación con la laminada. Asimismo, se analizan detalladamente los hallazgos obtenidos en relación con la densidad, la velocidad del ultrasonido y el módulo dinámico.

3.1. Análisis estadístico

Las pruebas de normalidad para las mediciones del ultrasonido en las direcciones 1 y 2 verifican la distribución normal de las muestras de las tres especies. En el mismo contexto, la

verificación de la varianza y su análisis indican que no existen diferencias estadísticamente significativas. Con excepción de *P. pseudostrobus*, el análisis Anova indica que no hay diferencias significativas y como consecuencia sus grupos son homogéneos.

Como corolario, la prueba de grupos homogéneos no distingue las medidas entre las direcciones 1 y 2, las cuales corresponden a las direcciones tangencial y longitudinal de la madera de las placas, e indica que las propiedades de anisotropía de la madera se equilibran. Debido a este efecto, el multimaterial se puede considerar un material isotrópico en el plano tangencial-longitudinal y en su plano espejo longitudinal-tangencial. Esto significa una mejora tecnológica si los requisitos de diseño demandan un material con características invariantes en función de la dirección de observación, es decir, un material isotrópico.

Para las tres especies, las velocidades medidas en la madera sólida, comparadas con las del multimaterial, los valores del sesgo y del apuntamiento estandarizado refieren distribuciones normales. Asimismo, la verificación de la varianza señala que no existen diferencias estadísticamente significativas, resultado que sugiere repetitividad en las magnitudes de las mediciones. En cambio, el análisis de varianza muestra que para cada uno de estos pares de muestras existen diferencias estadísticas, lo que se traduce en la diferenciación de sus grupos homogéneos. Estos resultados indican que la transformación de madera sólida en multimaterial modifica las velocidades del ultrasonido, lo que denota que el multimaterial posee propiedades acústicas diferenciadas de la madera con la que está fabricado. Esta modificación es útil para diseñar elementos funcionales donde las propiedades acústicas son específicas para una madera, pero diferentes para sus derivados.

3.2. Densidad

Las magnitudes de las densidades de las maderas sólidas (Tabla 1) son del mismo orden que las reportadas por [7] [8] para estas maderas. Dada la novedad del multimaterial, sus densidades no pueden ser comparadas con datos de la bibliografía. La densidad de la madera sólida es un predictor moderado de la densidad del multimaterial (Figura 3), posiblemente, porque durante su elaboración la distribución del adhesivo no fue uniforme. En la figura 3 y en las subsecuentes por motivos de escala no se observan todos los puntos experimentales. La densidad del multimaterial elaborado con *P. pseudostrobus* aumenta 9% respecto a la de la madera sólida; la de *T. rosea* aumenta 8% y la de *Q. scytophylla* se incrementa 8%. Dado que el peso de la malla es el mismo y se puede considerar similar en las probetas, estos incrementos se explican por la masa de la malla y del adhesivo presente en el multimaterial. En el mismo orden, los coeficientes de variación disminuyen 38%, 26% y 21%.

Esta disminución en la variabilidad natural de la densidad de la madera representa una mejora tecnológica y propone al multimaterial como una madera de ingeniería con aplicaciones para la industria de la construcción donde el diseño y cálculo ingenieril requieren materiales homogéneos y caracterizados a partir de resultados de laboratorio.

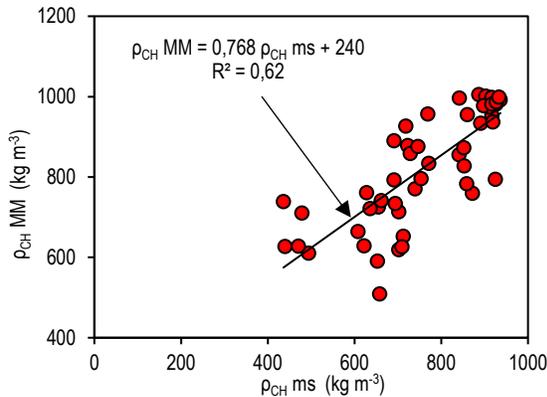


Figura 3. Correlación de la densidad del multimaterial (ρ_{CH} MM) en función de la densidad de la madera sólida (ρ_{CH} ms) de *P. pseudostrobus*, *T. rosea* y *Q. scytophylla*.

3.3. Velocidad del ultrasonido

Las magnitudes de las velocidades del ultrasonido de las maderas sólidas (tabla 1) son del mismo orden que las reportadas para estas especies por [17]. Dada la novedad del multimaterial, sus velocidades del ultrasonido no pueden ser comparadas con datos de la bibliografía. Los resultados indican que las densidades no son buenos predictores de las velocidades del ultrasonido (figura 4). Sin embargo, se observan dos nubes de datos bien diferenciadas para la madera sólida y para el multimaterial de las tres especies. La velocidad del ultrasonido del multimaterial elaborado con *P. pseudostrobus* aumenta 33% respecto a la de la madera sólida; la de *T. rosea* aumenta 27% y la de *Q. scytophylla* se incrementa 36%. Es decir, la densidad y la velocidad del ultrasonido de la madera sólida se incrementan como efecto de su transformación en un multimaterial madera-malla-adhesivo.

Tabla 1. Resultados de densidad y pruebas de ultrasonido.

	ρ_{CH} (kg m ⁻³)	v_{US} (m s ⁻¹)	E_{US} (MN m ⁻²)
<i>Pinus pseudostrobus</i>			
Madera sólida			
μ	608	3232	6325
σ	101	368	1368
CV	(17)	(11)	(22)
Multimaterial			
μ	664	4402	12865
σ	68	189	1590
CV	(10)	(4)	(12)
<i>Tabebuia rosea</i>			
Madera sólida			
μ	775	3076	7358
σ	79	182	1180
CV	(10)	(6)	(16)

	Multimaterial		
μ	835	3913	12817
σ	63	218	1738
CV	(8)	(6)	(13)
<i>Quercus scytophylla</i>			
Madera sólida			
μ	908	3188	9247
σ	26	161	974
CV	(3)	(5)	(11)
Multimaterial			
μ	980	4346	9247
σ	22	205	974
CV	(2)	(5)	(11)

ρ_{CH} = Densidad; v_{US} = Velocidad del ultrasonido; E_{US} = Módulo dinámico; μ = Media; σ = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación en porciento y entre paréntesis.

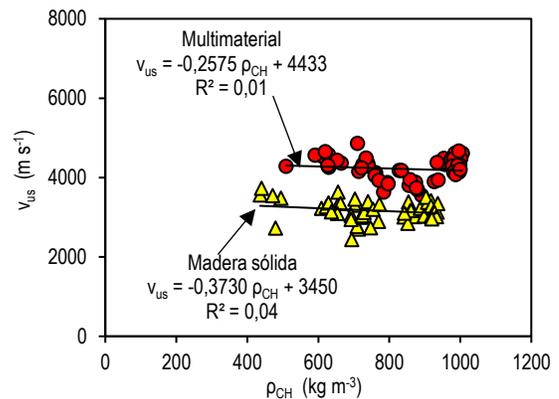


Figura 4. Correlaciones de las velocidades del ultrasonido (v_{US}) en función de las densidades (ρ_{CH}) de *P. pseudostrobus*, *T. rosea* y *Q. scytophylla*.

En el mismo orden de ideas, los coeficientes de variación de las velocidades del multimaterial disminuyen 62%, 6% y 7% respecto a los de la madera sólida de las tres especies (Tabla 1). Estos resultados sugieren que la variabilidad natural de la madera disminuye como efecto de la elaboración del multimaterial, lo que se traduce en una mejora tecnológica.

Como consecuencia del acomodo ortogonal de las dos placas, la velocidad del ultrasonido medido, en las direcciones longitudinal y tangencial del multimaterial, se equilibra al rotar las probetas. En la figura 5 se presentan las mediciones de las placas 1 y 2 y de la malla situada entre ellas. En la misma figura se presentan los promedios de las mediciones del ultrasonido realizadas en las posiciones A y B en cada una de las placas 1 y 2 de *Q. scytophylla*. Las velocidades en la parte superior de las figuras corresponden a las direcciones longitudinales de las placas y de la malla. En su caso, las velocidades en la parte inferior se refieren a las direcciones tangenciales. Esos resultados fueron similares a los de *P. pseudostrobus* y *T. rosea*. Así, estos hallazgos sugieren que este efecto es independiente de la

especie y permite homogeneizar las magnitudes de las velocidades del ultrasonido en el multimaterial.

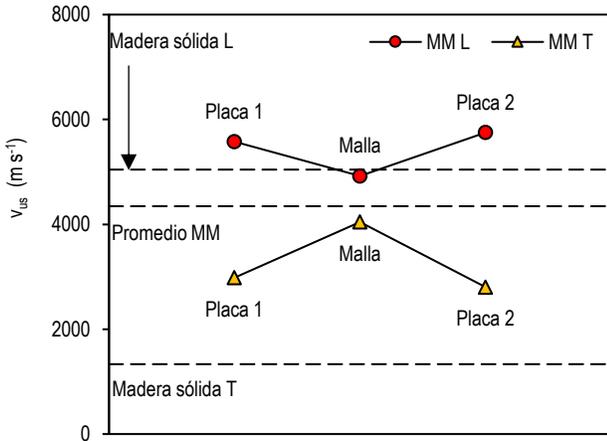


Figura 5. Velocidad del ultrasonido (v_{us}) en *Q. scytophylla*. MM = Multimaterial; T = Dirección tangencial; L = Dirección longitudinal.

Así, en la Figura 5, las mediciones de la parte superior son mayores pero próximas al promedio de las velocidades de la madera sólida en la dirección longitudinal y la velocidad del ultrasonido a través de la malla es menor, lo que hace que disminuyan los valores promedio (Tabla 1). A manera de un efecto de espejo, las velocidades en la parte inferior son mayores al promedio de las del ultrasonido de la dirección tangencial de la madera sólida (Figura 5). En este caso las mediciones en la malla son mayores que las de las placas.

Las diferencias entre especies y entre probetas son ocasionadas por la variabilidad natural de los caracteres anatómicos de la madera, como son el porcentaje de madera tardía presente en una capa de crecimiento anual, la desviación local de la fibra y el ángulo de los anillos de crecimiento de la sección transversal a la dirección del ultrasonido [18].

Las relaciones de anisotropía de la velocidad del ultrasonido entre las direcciones longitudinal y radial son para *P. pseudostrobus* 4,2; para *T. rosea* 3,2 y para *Q. scytophylla* 3,8; estos parámetros disminuyen respectivamente a 1,04, 1,05 y 1,07, lo que significa una disminución promedio de 72%. Este fenómeno se puede observar en la Figura 6 correspondiente a *T. rosea*. El valor promedio de la madera sólida en la dirección longitudinal es mayor que el correspondiente al multimaterial, el cual a la vez es mayor que el de la dirección radial. Esos resultados fueron similares a los de *P. pseudostrobus* y *Q. scytophylla*. Así, el multimaterial equilibra las diferencias entre las velocidades longitudinal y tangencial de la madera sólida y se prospecta como un material menos variable y más homogéneo en lo que respecta a su capacidad para transmitir una onda mecánica, en este caso, de ultrasonido.

Como resultado, las velocidades promedio del multimaterial son mayores que las de la dirección tangencial de la madera sólida pero menores a las correspondientes a la dirección longitudinal [19].

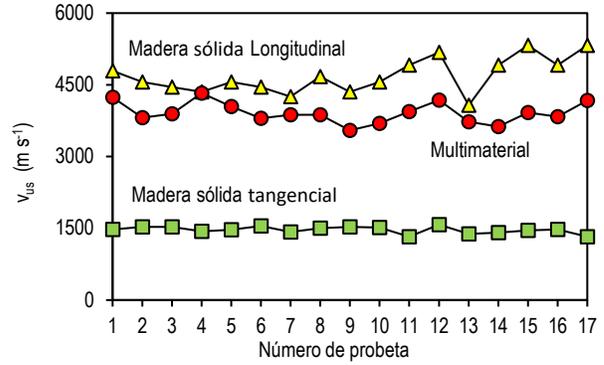


Figura 6. Velocidad del ultrasonido (v_{us}) para *T. rosea*.

Dado que las relaciones de anisotropía indican la preponderancia de la velocidad en la dirección longitudinal, respecto a la tangencial, este análisis explica el aumento aparente de la velocidad del ultrasonido en el multimaterial respecto a la madera sólida. Estos resultados indican una ganancia tecnológica ya que el multimaterial equilibra la transmisión del ultrasonido, reduce la anisotropía propia de la madera sólida y aumenta la capacidad de transmisión del ultrasonido en las direcciones ortogonales que forman el plano longitudinal-tangencial. Este fenómeno ha sido reportado por [9] para multimaterial de *P. pseudostrobus* y sus efectos en el módulo dinámico.

3.4. Módulo dinámico

Las magnitudes de módulos dinámicos de las maderas sólidas (Tabla 1) son del mismo orden que las reportadas por [20] para estas maderas. Dada la novedad del multimaterial, sus módulos dinámicos no pueden ser comparados con datos de la bibliografía. Las densidades son predictores moderados de los módulos dinámicos (Figura 7). Sin embargo, sus coeficientes de determinación R^2 son similares. Este análisis integra el incremento en las magnitudes de la densidad y la velocidad del ultrasonido (Ecuación 2), así como la disminución de la variabilidad representada por los coeficientes de variación.

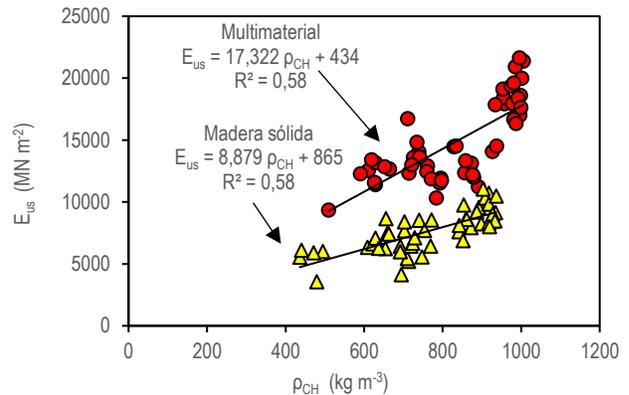


Figura 7. Correlaciones de los módulos dinámicos (E_{us}) en función de las densidades (ρ_{CH}) de *P. pseudostrobus*, *T. rosea* y *Q. scytophylla*.

El módulo dinámico del multimaterial elaborado con *P. pseudostrabus* aumenta 103% respecto al de la madera sólida; el de *T. rosea* aumenta 74% y el de *Q. scytophylla* se incrementa 101%. En el mismo orden, los coeficientes de variación disminuyen 43%, 15% y 4%. De tal manera que el multimaterial mejora la resistencia de la madera con la cual está elaborado y al mismo tiempo disminuye su variabilidad. Así, estos parámetros representan los valores promedio de las mediciones realizadas y, con los ajustes requeridos por la normatividad, pueden ser utilizados, para fines prácticos, por el ingeniero y arquitecto que requieren valores para cálculo y diseño de edificación y reparación de estructuras de madera [21].

Conclusiones

En la presente investigación se estudiaron 51 probetas de madera sólida y 51 de multimaterial madera-malla-adhesivo elaboradas con maderas de *P. pseudostrabus*, *T. rosea* y *Q. scytophylla*. Se determinaron sus densidades, velocidades del ultrasonido y módulos dinámicos. Se analizaron los resultados probetas por probeta de una misma especie, su anisotropía y se calcularon las correlaciones estadísticas entre los parámetros estudiados.

Como efecto de la elaboración del multimaterial, la densidad, la velocidad del ultrasonido y el módulo dinámico de la madera sólida aumentan; en cambio, su variabilidad y anisotropía disminuyen. La malla y el adhesivo funcionan como componentes estabilizadores, por esto en el multimaterial disminuye la magnitud de la velocidad longitudinal, pero aumenta la tangencial.

La densidad no es un buen predictor de la velocidad del ultrasonido. En cambio, es un predictor moderado del módulo dinámico.

El uso de un material que combina madera, malla y adhesivo se considera como una alternativa a la madera sólida en proyectos de construcción y arquitectura. Hay muchas oportunidades para investigar cómo se comportan los materiales laminados y multimateriales que se asemejan a la madera sin perder sus características estéticas, ecológicas y sostenibles.

Agradecimientos:

La investigación estuvo patrocinada por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.

Referencias

- [1] D. Sandberg, A. Kutnar, & G. Mantanis, "Wood modification technologies - a review". *iForest*, vol. 10, pp. 895-908. 2017. <http://dx.doi.org/10.3832/ifor2380-010>
- [2] M. H. Ramage, H. Burridge, M. Busse-Wicher, G. Fereday, T. Reynolds, D. U. Shah, G. Wu, Y. Yu, P. Fleming, D. Densley-Tingley, J. Allwood, P. Dupree, P. F. Linden, & O. Scherman, "The wood from the trees: The use of timber in construction". *Renewable and Sustainable Energy Review*, vol. 68, pp. 333-359. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>
- [3] G. A. Ormondroyd, M. Spear, & S. F. Curling, "Modified wood: Review of efficacy and service life testing". *Constructions Materials, Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Paper 1400072*. 2015. <http://dx.doi.org/10.1680/coma.14.00072>
- [4] F. Asdrubali, B. Ferracuti, L. Lombardi, C. Guattari, L. Evangelisti, & G. Grazieschi, "A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden materials for building applications". *Building and Environment*, vol. 114, pp. 307-332. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.033>
- [5] T. Żmijewski, & D. Wojtowicz-Jankowska, "Timber - Material of the Future - Examples of Small Wooden Architectural Structures". *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 245, 082019. 2017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/8/082019>
- [6] D. Kohl, T. H. N. Long, & S. Böhm, "Wood-Based Multi-Material Systems for Technical Applications – Compatibility of Wood from Emerging and Developing Countries". *Procedia Manufacturing*, vol. 8, pp. 611-618. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.07>
- [7] J. C. Tamarit Urias, & J. L. López Torres, "Xilotecología de los principales árboles tropicales de México". Puebla, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2020.
- [8] J. A. Silva Guzmán, F. J. Fuentes Talavera, R. Rodríguez Anda, P. A. Torres Andrade, M. A. Lomelí Ramírez, J. Ramos Quirarte, C. Waitkus, & H. G. Richter, "Fichas de propiedades tecnológicas y usos de maderas nativas de México e importadas". Guadalajara, México. Comisión Nacional Forestal. 2010.
- [9] I. Macedo Alquicira, J. R. Sotomayor Castellanos, & F. J. Castro Sánchez, "Laminated wood and multimaterial wood – adhesive meshes replacements of solid wood in restoration of historical buildings". *Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* vol. XLII XLII 2/W15, pp. 711-718. 2019. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-711-2019>
- [10] I. Macedo Alquicira, & J. R. Sotomayor Castellanos, "Velocidades del ultrasonido y módulos dinámicos de madera sólida, laminada y multimaterial de *Pinus pseudostrabus* Lindl.". XXVII Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica. Pachuca, México. Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica. 2021. https://somim.org.mx/memorias/memorias2021/articulos/A2_9.pdf
- [11] International Organization for Standardization. ISO 13061-1:2014, "Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 1: Determination of moisture content for physical and mechanical tests". Geneva, Switzerland. International Organization for Standardization. 2014.
- [12] International Organization for Standardization. ISO 13061-2:2014, "Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests". Geneva, Switzerland. International Organization for Standardization. 2014.
- [13] J. R. Sotomayor Castellanos, K. Adachi, R. Iida, & T. Hayashi, "Verificación con ultrasonido del tratamiento de densificado en ocho maderas mexicanas". *Ingeniería Mecánica*. vol. 24, e620. 2021. <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/648/1149>
- [14] M. A. Meyers, "Dynamic Behavior of Materials". Hoboken, USA. John Wiley & Sons. 1994.
- [15] U. Dackermann, R. Li, J. Elsener, & K. Crews, "A comparative study of using static and ultrasonic material testing methods to determine the anisotropic material properties of wood". *Construction and Building Materials*, vol. 102, pp. 963-976. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.195>
- [16] H. Gutiérrez Pulido, & R. De la Vara Salazar, "Análisis y diseño de experimentos". México, México. McGrawHill. 2012.
- [17] J. R. Sotomayor Castellanos, I. Macedo Alquicira, & H. L. Chávez García, "Variabilidad en las densidades, las velocidades del ultrasonido y los módulos dinámicos en tres maderas mexicanas y tres maderas japonesas". *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 38, pp. 282-299. 2020. https://www.researchgate.net/publication/346543381_Variabilidad_en_las_densidades_las_velocidades_del_ultrasonido_y_los_modulos_dinamicos_en_tres_maderas_mexicanas_y_tres_maderas_japonesas
- [18] G. Manzo, J. Tippner, & P. Zatloukal, "Relationships between the Macrostructure Features and Acoustic Parameters of Resonance Spruce for Piano Sound". *Applied Sciences*, vol. 11, pp. 1749-1753. 2021. <https://doi.org/10.3390/app1104>
- [19] E. Baradić, C. Fuentealba, & M. Yáñez, "Elastic constants of Chilean *Pinus radiata* using ultrasound". *Maderas. Ciencia y tecnología*, vol. 23, pp. 1-10. 2021. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-221x2021000100427>
- [20] J. R. Sotomayor Castellanos, "Módulos de elasticidad e índices de calidad de maderas mexicanas. Síntesis de datos del Laboratorio de Mecánica de la Madera". *Investigación e Ingeniería de la Madera*, vol. 15, pp. 4-64. 2019.

https://www.researchgate.net/publication/335665376_Modulos_de_elasticidad_e_indices_de_calidad_de_maderas_mexicanas_Sintesis_de_datos_del_Laboratorio_de_Mecanica_de_la_Madera

- [21] J. Jaskowska-Lemańska, & E. Przesmycka, "Semi-Destructive and Non-Destructive Tests of Timber Structure of Various Moisture Contents". *Materials*, vol. 14, pp. 96-118. 2021. <https://doi.org/10.3390/ma14010096>

Potencial de las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá para el desarrollo del geoturismo

Yinela Y. Solís M.^a^{1,2} , Ernesto Martínez^b^{1,2} ,
Rita Rodríguez^{1,2} , Eufemia Lam^{1,2} ,
Hillary Sandoval^{1,2} , Ana Sánchez^{1,2} 

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá, República de Panamá. ²Grupo de Investigación Propuesta de Geoparque Puente de las Américas

^{1,2}{yinela.solis, ernesto.martinez, rita.rodriguez1, eufemia.lam, hillary.sandoval, ana.sanchez17}@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v16.1.3870



Resumen: Las arenas negras de Panamá se encuentran en los cauces de ríos y las zonas costeras, la mayor concentración está en la “Riviera Pacífica de Panamá”. En geología la arena negra o ferrífera, es arena con altas concentraciones de minerales pesados. El objetivo de la investigación fue caracterizar las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá incentivando estudios que se puedan desarrollar para aumentar el geoturismo en la zona. Se revisaron investigaciones sobre el valor de la arena negra para fomentar el geoturismo, los orígenes de estas arenas e investigaciones previas sobre la Riviera Pacífica de Panamá. A través de análisis geoespacial se analizó el impacto del geoturismo en la zona. En el laboratorio se estudió una muestra de arena de Playa Gorgona a la que se realizó ensayos de granulometría, magnetismo y caracterización en microscopio de luz polarizada. Los resultados indicaron que las arenas tienen un aporte continental, debido al transporte fluvial de ríos en el Complejo Volcánico El Valle, resultado de la erosión de la Cordillera Central. Se concluyó que la muestra está compuesta por fragmentos de minerales como: cuarzo, magnetita, piroxenos, entre otros, rocas como andesitas y restos de conchas recientes. Las playas de arenas negras identificadas tienen un valor paisajístico y geológico que representan un recurso patrimonial con un alto potencial para el desarrollo del geoturismo, pero su aprovechamiento requiere mayores investigaciones y un enfoque multidisciplinario que conecte la geología con la educación, el turismo y la sostenibilidad.

Palabras clave: Arenas ferríferas, desarrollo sostenible, geositio, geoturismo, magnetita.

Title: Potential of the black sands of the Pacific Riviera of Panama for the development of geotourism.

Abstract: The black sands of Panama are found in river beds and coastal areas, the greatest concentration is in the “Pacific Riviera of Panama”. In geology, black or ferrous sand is sand with high concentrations of heavy minerals. The objective of the research is to characterize the black sands of the Pacific Riviera of Panama, encouraging studies that can be developed to increase geotourism in the area. Research on the value of black sand to promote geotourism, the origins of these sands, and previous research on the Pacific Riviera of Panama were reviewed. Through geospatial analysis, the impact of geotourism in the area was analyzed. In addition, a sand sample from Gorgona Beach was studied in the laboratory, with granulometry, magnetism and characterization tests carried out under a polarized light microscope. The results indicated that the sands have a continental contribution, due to the fluvial transport of rivers in the El Valle Volcanic Complex, a result of the erosion of the Central Mountain Range. It is concluded that the sample is composed of fragments of minerals such as: quartz, magnetite, pyroxenes, among others, rocks such as andesites and remains of recent shells. The black sand beaches identified have a landscape and geological value that represent a heritage resource with a high potential for the development of geotourism, but their use requires further research and a multidisciplinary approach that connects geology with education, tourism and sustainability.

Key words: Ferrous sand, sustainable development, geosite, geotourism, magnetite.

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 4 de octubre de 2023.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

Las arenas negras de Panamá se encuentran en los cauces de ríos y zonas costeras, ver figura 1. La mayor concentración observable está en las playas de la “Riviera Pacífica de Panamá” donde los colores negros y grises de todo tipo predominan, ante las comunes arenas blancas.

En geología se define la arena negra o ferrífera, como un tipo de arena constituido por altas concentraciones de minerales pesados, mayormente de magnetita[1], [2], [3], [4]. En ocasiones pueden aparecer otros minerales como: ilmenita, titanita, sílice y manganeso que son minerales formados a partir de actividad volcánica[1], [5], [6], [7], [8], [9], [10].

En la actualidad existe crecimiento del turismo consciente o alternativo[11]. Los turistas realizan preguntas que requieren manejo de terminologías científicas por los guías[12], [13], [14], [15].



Figura 1. Arena negra de la Riviera Pacífica de Panamá.

Los paquetes turísticos convencionales no ofrecen información de tipo científica, ni detallada de los fenómenos geológicos o geográficos que ocurren en los entornos turísticos. Este nuevo segmento puede ser cubierto por la línea del geoturismo[16], [17], [18], [19], [20], [21].

La Declaración de Arauca indica que el geoturismo debe definirse como un turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes[18], [22], [23].

Aunque el geoturismo se puede practicar en cualquier sitio con rasgos geológicos interesantes, ha encontrado una puesta en valor para el desarrollo sostenible en los territorios declarados como Geoparques Mundiales de la UNESCO o territorios que tienen aspiraciones en formar parte de esta lista[24]. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), otorga designaciones conocidas como “Sitios UNESCO”, que son: sitios de Patrimonio de la Humanidad (desde 1972), Reservas de la Biosfera (desde 1971) y Geoparques Mundiales (desde 2015). Los países que cuentan con esta convalidación son reconocidos mundialmente lo que trae prestigio, alta visibilidad y valor agregado, asociado a la calidad[25]. Al mismo tiempo, se promueve el desarrollo sostenible del territorio, cumpliendo con la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas[26].

Con el alto valor del patrimonio geológico de Panamá, la Universidad Tecnológica de Panamá, impulsa el Proyecto Geoparque Puente de las Américas[27], [28]. Donde reafirma la importancia que tiene el conocimiento de la ciencia geológica en el uso de los recursos de la Tierra[19], [27], [29]. En este territorio, se realizan actividades para desarrollo económico, conservación, concientización, cuidado del ambiente, educación, entre otras que promueven un desarrollo sostenible[27]. Existiendo así una base para crear un nuevo segmento en el mercado turístico de las playas y realizar las investigaciones necesarias para verificar si sus características geológicas tienen el potencial para el desarrollo del geoturismo. Los sitios de interés geológico con valor científico pueden utilizar las áreas para el desarrollo de investigaciones científicas, laboratorios naturales para la geoeducación y el desarrollo del territorio[17], [30].

Basados en el inventario preliminar sobre puntos de interés geológicos desarrollados por el Grupo de Investigación: Propuesta de Geoparque Puente de las Américas de la Universidad Tecnológica de Panamá, dentro de los sitios por estudiar se encuentran las playas con arenas negras que se ubican en la Riviera Pacífica de Panamá. Estas zonas hasta la fecha no están clasificadas como geositios, principalmente por la falta de investigaciones científicas.

Considerando lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá incentivando estudios y actividades que se puedan desarrollar para aumentar el geoturismo en la zona.

2. Metodología

A continuación, se detallan los recursos y procedimientos de la recolección de datos empleados en este artículo, así como la identificación y desarrollo de los principales análisis.

2.1 Revisión literaria:

Revisión de diferentes artículos científicos e investigaciones publicadas referentes a:

- El valor de la arena negra para fomentar el geoturismo en diferentes países y el análisis del enfoque que puede emplearse como un caso de estudio en el área de la Riviera Pacífica de Panamá para valorizar el turismo sostenible de las comunidades circundantes.
- Los diferentes orígenes de las arenas negras, sus características y definición para generar hipótesis del origen de los depósitos que se encuentran en el área.
- Investigaciones previas sobre las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá.

2.2 Visitas a campo

Para la caracterización de las arenas en la zona de estudio, se llevó a cabo una inspección de campo en las playas Punta Barco, El Palmar, Playa Gorgona y Los Panamá, ubicadas en la provincia de Panamá Oeste, así como en la playa Bijao, en la provincia de Coclé. Durante el muestreo, se recolectaron especímenes representativos y se realizó una fotodocumentación detallada del fenómeno, con el objetivo de registrar sus características composicionales.

2.3 Análisis geoespacial

Se evaluó el impacto potencial del geoturismo en la zona mediante el uso de herramientas SIG avanzadas en ArcGIS Pro 3.1.0. Se aplicaron geoprocursos utilizando la herramienta buffer, estableciendo un radio de influencia de 2 km para analizar la relación espacial con elementos clave del entorno. Este análisis permitió obtener datos estadísticos de las comunidades cercanas, centros educativos, información hidrológica de las cuencas, la extensión del recorrido de las arenas negras hasta la línea de costa y la distancia a la carretera Panamericana.

2.4 Análisis de laboratorio y caracterización geológica

Se realizaron ensayos a una muestra colectada en Playa Gorgona la que se clasificó por el método de granulometría

(ASTM C136/ C136M – 19) para diferenciar el tamaño y estimar la estabilidad a la meteorización de los minerales que la componen. Para clasificar el tamaño de la arena se siguieron los criterios indicados por la American Geologists (Escala Wentworth modificada).

Se utilizó el método magnético para demostrar la presencia de minerales ferromagnéticos en las arenas negras[31].

La muestra se analizó macroscópicamente describiendo los granos minerales retenidos en el tamiz #200, según color, brillo, dureza y raya[32].

La estructura macroscópica de las muestras fue analizada mediante lupa de mano, permitiendo una descripción preliminar de sus características texturales. Para el estudio microscópico, se examinó una porción representativa de la muestra Playa Gorgona, bajo un microscopio de luz polarizada, registrándose imágenes con una cámara AmScope Serie MU, utilizando un objetivo de 4x/0.1 en nicoles cruzados. Este análisis permitió la identificación de las propiedades ópticas y la morfología de los minerales presentes en las arenas según la AGI Grafic, empleando las interacciones de la luz con los cristales. Los minerales se clasificaron en opacos, translúcidos o transparentes según su respuesta cromática bajo polarización cruzada.

3. Resultados

En esta sección se explora el valor de la arena negra para el geoturismo, hipótesis, ubicación y análisis geoespacial de la Riviera Pacífica. Además de la descripción química y caracterización geológica.

3.1 Valor de la arena negra para el geoturismo

La explotación de arenas negras se da en depósitos asociados a las playas y dunas, aunque existen depósitos muy finos en ambientes lacustres y depósitos profundos y pocos profundos estos se relacionan a antiguos sistemas costeros[33].

En Panamá existió una mina de arenas negras marinas que permitió la extracción de mineral de hierro, frente a la playa de Gorgona en depósitos poco profundos en los años 1971-1972, donde operaba Hierro Panamá S.A., una empresa conjunta al 50% entre Sumitomo Corporation de Japón y Minera Chame S.A. de Panamá[34]. El proceso de extracción utilizado era mediante electroimanes que la recogían y almacenaban para exportarla. Se produjeron 200.000 toneladas de concentrado de magnetita e ilmenita con 64% de Fe y 6% de TiO₂ y se exportaron 75.000 toneladas. Sin embargo, la planta localizada en Isla Bona se cerró debido a un accidente, dejando graves daños[34].

En 1993, el Ministerio de Comercio e Industrias, estableció un área de reserva minera sobre una zona de 61 000 hectáreas localizada en los distritos de Chame, Capira, San Carlos, Antón y Farallón[35]. Esto motiva a buscar formas sostenibles de emplear este recurso mineral para el desarrollo sostenible de las comunidades.

Aunque las arenas negras son utilizadas en ocasiones para ser explotadas como depósitos de hierro; debido a su rareza en el mundo actual se les ha dado un elevado valor turístico. Su origen relacionado con una historia geológica particular no visible, las marca como un punto a promocionar en nuevas ofertas

turísticas diferenciales e innovadoras que busquen enseñar a las próximas generaciones el respeto y admiración hacia la naturaleza[16]. Sus usos van más allá de solo un efecto visual, investigaciones han demostrado que tienen propiedades medicinales y funcionan como un exfoliante natural.

Un ejemplo de la actividad turística que existe son las costas de Hawái que contienen las playas de arenas negras más visitadas en el planeta, como la playa Punaluu, donde turistas van cada día a capturar hermosas fotografías y a tomar un poco de sol[36]. Otro sitio son las playas de Jeju en Corea del Sur, donde en el verano se pueden ver a las personas sumergidas en las arenas debido a que se les atribuye efectos positivos para calmar dolores musculares[37].

Otra evidencia del uso de las arenas negras para el geoturismo se aprecia en Tenerife, Islas Canarias, donde han identificado la necesidad de diversificar su oferta debido a los síntomas de agotamiento del producto de sol y playa; por tanto, ha requerido poner en marcha nuevos productos, servicios y experiencias turísticas[16], [38]. Tienen senderos turísticos en playas de arenas oscuras, presentando uno de los senderos más completos y mejor señalizados en todo el Atlántico, donde se pueden observar las vibrantes arenas negras tanto en la costa como alrededor del volcán que les dio origen.

Brasil, Colombia, Guatemala y Costa Rica, también se han sumado al desarrollo de estudios de zonas para impulsar el geoturismo, un tema que ha aumentado la cantidad de publicaciones científicas en los últimos años en diferentes países[39][19]. Tal es el caso de la tesis desarrollada en los alrededores del municipio de Bahía Solano, en el Departamento del Chocó, sobre la costa pacífica colombiana, donde se encuentran recursos naturales con un enorme potencial de ser explotados de manera no extractiva mediante el geoturismo, considerando su importancia geológica, se hace referencia a que el Chocó hace parte de lo que geológicamente se conoce como el "Bloque Panamá-Chocó" y uno de los recursos presentados son las playas de arenas negras[40].

Se determina que los destinos turísticos con el modelo tradicional de sol y playa presentan síntomas de agotamiento, y grandes potencias han optado por nuevos modelos y ofertas con enfoques más holísticos, renovados, en contacto con la naturaleza y con nuevas vivencias incluyendo el aprendizaje. El destino analizado está enfocado en turismo de sol, playa y turismo náutico, demandado principalmente por el turista panameño. Habiéndose registrado un descenso de más del 30% en los últimos 10 años de las llegadas desde el extranjero, según el Plan Maestro de Desarrollo Turístico Sostenible; se demuestra la necesidad de la creación de nuevos atractivos turísticos[41].

Fundamentado en la revisión realizada y en la tendencia a un turismo enfocado en relatar un contexto geológico (geoturismo), se evidencia que es importante promover los estudios geológicos en la zona descrita con el objetivo de que sirvan de base científica para resaltar la singularidad de la zona y poder promocionarla como destino para el geoturismo[42]. Por tanto, se propone el paso de un recurso como las arenas negras que se presentan en las playas de la Riviera Pacífica de Panamá a un atractivo turístico.

3.2 Hipótesis del origen de las arenas negras

Las arenas son producto de procesos erosivos de las rocas, y su transporte[43]. Por tanto, los granos de arena pueden ser redondos, finos o angulares, con formas y tamaños que pueden ofertar una valiosa información geológica. Lo que contribuye a saber si el lugar de su formación se produce de manera lejana o cercana a la costa. Cuando se encuentran granos muy angulares significa que se originaron muy cerca de la orilla y que no han pasado miles o millones de años rodando, en otras palabras, son arenas jóvenes y los granos son relativamente duros. El tema de la forma y redondez o angulosidad de los granos va a evidenciar la energía del oleaje[44]. En general, en una misma playa podemos encontrar granos gruesos en donde rompen las olas y más finos en la parte alta[33].

La composición de la arena sugiere la extensión del transporte y el clima de la región donde ocurrió la erosión por lo que un depósito rico en minerales alterables indica un clima muy seco, mientras que otro pobre en tales minerales señala que la descomposición fue intensiva y ligera[3], [45].

Los depósitos de arenas negras cuentan con varios factores que dan paso a su formación como: un perfil de playa amplio, una configuración costera definida, una geología favorable y condiciones hidrodinámicas recurrentes como tormentas fuertes, vientos de alta velocidad, corrientes costeras persistentes y oleajes intensos.

La considerable cantidad de arenas negras presentes en la Riviera Pacífica de Panamá se puede explicar basado en lo estudiado en otras latitudes como:

- El desgaste de las rocas de origen volcánico que están compuestas por minerales pesados que debido a la desintegración forman la arena que se ha transportado durante algún tiempo por los ríos hasta llegar a las costas y depositarse en las desembocaduras, en las playas y en los fondos marinos poco profundos creando depósitos e incluso llegando a compactarse. Por otro lado, también están las partículas que vienen y van con los oleajes debido a la dinámica natural de los océanos[3], [46].
- La erosión de la capa basáltica que se extiende por la plataforma continental por efecto del desgaste de las corrientes oceánicas y el movimiento de las olas pudo haber ocasionado la desintegración del macizo durante miles de años. Generando finas partículas que se precipitaron y se fueron depositando en el mar poco profundo. Luego fueron arrastradas por la fuerza de las olas fuera de la costa a las playas donde pueden observarse. Este fenómeno se da de manera marcada en épocas de verano, donde el color negro es más intenso, debido al alto poder del oleaje que arrastra más material arenoso desde el mar[33].

3.3 Ubicación de playas con arenas negras

En el área del Proyecto Geoparque Puente de las Américas, se identificó la presencia de arena negra en la zona promovida por la Autoridad de Turismo de Panamá como la “Riviera Pacífica de Panamá”[41]. Esta región es una franja de aproximadamente 60 kilómetros, que se extiende desde Punta Chame, provincia de Panamá Oeste hasta la Boca de Rio Hato en la provincia de

Coclé, como se aprecia en la figura 2. La zona cuenta con playas y depósitos de placeres marinos poco profundos de arenas con minerales pesados[34].

Algunos sitios donde se observa el fenómeno geológico son las playas: Coronado, Punta Chame, Gorgona, El Palmar, los Panamá y en las playas Chumico Redondo, Playa Blanca y Punta Barco donde esta anomalía se muestra de manera parcial.

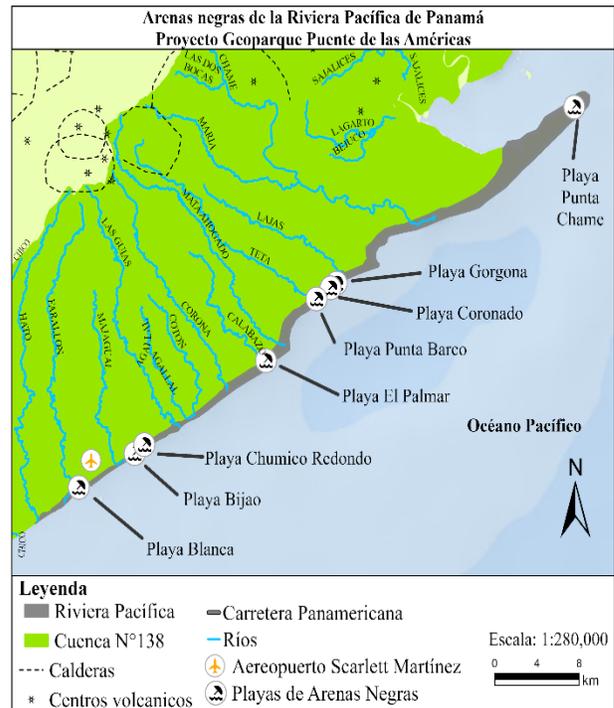


Figura 2. Mapa de la Riviera Pacífica de Panamá e incidencia de arenas negras.

3.4 Análisis geoespacial de la Riviera Pacífica

Realizando un análisis espacial con el apoyo de los sistemas de información geográfica, se registraron 52 comunidades que podrían generar diferentes tipos de actividades geoturísticas para su desarrollo sostenible.

Dependiendo de la playa que se elija visitar, el viaje en automóvil desde la Ciudad de Panamá es de una a dos horas. Desde la carretera Panamericana la distancia promedio para llegar a las playas es de dos kilómetros, exceptuando la playa de Punta Chame que se encuentra a 3.5 kilómetros.

Además, se lograron identificar según base de datos del Ministerio de Educación, 12 planteles educativos en el área de estudio; y existen espacios públicos para agregar carteles con información y crear senderos donde se expongan los atractivos geológicos de la Riviera Pacífica de Panamá, siguiendo modelos ya utilizados en otras áreas como Islas Canarias y brindarles a los moradores un atractivo turístico innovador y diferente.

3.5 Descripción de las arenas negras del estudio

En la siguiente sección se presenta la composición química y caracterización geológica de las arenas negras del área de estudio.

3.5.1 Composición química

En el año 2001, la arena de la zona se estudió para evaluar las propiedades de las magnetitas como agentes naturales anticorrosivos para la fabricación de pinturas; para realizar la caracterización las muestras se evaluaron mediante técnicas de absorción atómica, difracción de rayos X, espectroscopia Mössbauer y análisis fisicoquímico de propiedades[2], [47].

En la tabla 1, se pueden apreciar los componentes que forman la arena del área de playa Coronado, la cual muestra un elevado contenido de hierro (Fe), seguido de elementos como el aluminio (Al) ya en menor proporción con respecto al primero, otros como titanio (Ti), magnesio (Mg), silicatos (SiO₂), manganeso (Mn), vanadio (V), calcio (Ca), están en porcentajes apreciables y los que se encuentran en menor cantidad son cobre (Cu), zinc (Zn), cromo (Cr), níquel (Ni), siendo este último el que está en menor proporción.

Tabla 1. Composición química de la arena negra de Playa Coronado

Elemento	%	Elemento	%
Hierro (Fe)	64,950	Vanadio (V)	0,168
Aluminio (Al)	1,117	Calcio (Ca)	0,115
Titanio (Ti)	0,769	Cobre (Cu)	0,098
Magnesio (Mg)	0,589	Zinc (Zn)	0,054
Silicatos (SiO ₂)	0,47	Cromo (Cr)	0,022
Manganeso (Mn)	0,174	Níquel (Ni)	0,005

Fuente: [28]

Se señala que la composición mineralógica de las playas varía de un punto a otro, incluso en la misma playa como se muestra en la figura 3, por tanto, se requieren estudios en las demás zonas identificadas para obtener mayores detalles para su clasificación.



Figura 3. Arenas negras presentes en Playa Grande, San Carlos.

3.5.2 Caracterización geológica

Luego de revisada la información bibliográfica, los levantamientos realizados, los ensayos de laboratorio y las observaciones realizadas en las distintas playas, se deduce que las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá tienen un aporte predominantemente continental, debido al transporte fluvial, con la identificación de 14 ríos que desembocan en el área, naciendo en la zona montañosa del Complejo Volcánico El Valle, ver mapa de la figura 2. A lo largo de la cuenca hidrográfica 138 (Río Chame), se aprecia la zona de deposición, tanto en las escorrentías, como en los ríos donde existen rastros de las arenas negras. Visualizando en mayor acumulación mineral magnetitas y cuarzo que se muestran en la figura 4.



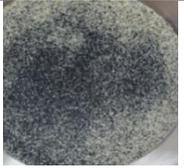
Figura 4. Arena negra presente en las orillas de los ríos.

Esto ofrece indicios que los minerales encontrados en la zona son el resultado de la erosión de la Cordillera Central en la zona ligada principalmente al Complejo Volcánico El Valle. Por ello, se realizaron estudios macroscópicos y microscópicos, con la muestra colectada en Playa Gorgona y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Análisis macroscópico de la muestra: está compuesta por fragmentos de minerales (cuarzo, magnetita, piroxenos, entre otros) rocas (andesitas) y restos de conchas recientes con tamaños máximos de 0.600 mm, según la American Geologists (Escala Wentworth modificada) clasificada como arena muy fina; como se aprecia en la tabla 2.

Los fragmentos retenidos en el tamiz #200 representan un 45% de la muestra total y un 43% corresponden a magnetita (Fe₃O₄), con brillo metálico, color negro de hierro, raya negra, fuertemente magnético y con una dureza de 6 ver tabla 2(f).

Tabla 2. Analisis macroscópico de las arenas de la Riviera Pacífica de Panamá

Peso total de la muestra: 235 g	
Muestra	Caracterización
 (a)	Tamiz # 30. Abertura del tamiz: 0.600mm. Retenido: 2 g. Descripción: La porción de muestra retenida en el tamiz #30 presenta fragmentos de conchas recientes, rocas y minerales como cuarzo y magnetita.
 (b)	Tamiz # 40. Abertura del Tamiz: 0.425 mm. Retenido: 10 g. Descripción: El material retenido en tamiz #40 presenta fragmentos de rocas y minerales de cuarzo.
 (c)	Tamiz # 50. Abertura del Tamiz: 0.297 mm. Retenido: 19 g. Descripción: Para el tamiz #50 la porción de muestra retenida presenta minerales de cuarzo y poca cantidad de magnetita.
 (d)	Tamiz # 60. Abertura del Tamiz: 0.250 mm. Retenido: 33 g. Descripción: Se presenta claramente minerales de magnetita en 40% y 60% de cuarzo retenidos en el tamiz #60.
 (e)	Tamiz # 100. Abertura del Tamiz: 0.150 mm. Retenido: 39 g. Descripción: La porción de muestra retenida en el tamiz #100 presenta claramente minerales de magnetita en 75% y 25% de cuarzo.
 (f)	Tamiz # 200. Abertura del Tamiz: 0.075 mm. Retenido: 106 g. Descripción: Para el tamiz #200 se presenta claramente minerales de magnetita en 95% y 5% de cuarzo.

- **Análisis microscópico:** en función de la forma del grano, se clasifica la arena, según la AGI Grafic, como arena de esfericidad de 2.5 (esféricos) y redondez entre 0.5 (muy angulares) y 1.5 (angulares), ver figura 5; esto evidencia que la fuente del origen del material se ubica en la Cordillera Central (Complejo Volcánico El Valle) a tan solo 25 km desde la costa. En función del contenido mineralógico, los fragmentos opacos de minerales observados corresponden a un 50% de magnetita (Fe_3O_4) cuya cristalografía es cúbica generalmente, en cristales de hábito octaédrico.

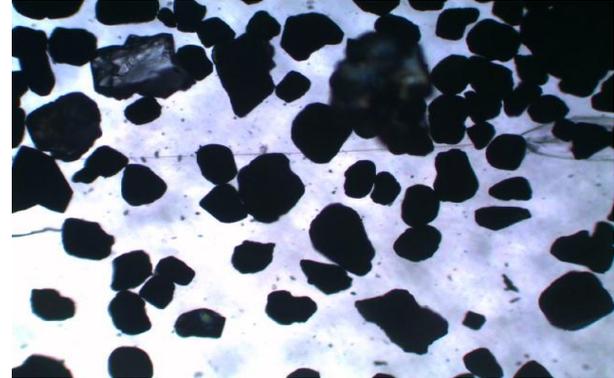


Figura 5. Magnetita, visto en nicoles paralelos. Origen de la muestra: playa Gorgona (X4);

Se encontraron en pocas cantidades minerales de alto relieve con hábitos cristalinos prismáticos rectangulares (más inestables), que corresponden a piroxenos, tanto ortopiroxenos como clinopiroxenos, concordantes con el tipo de roca del Volcán El Valle: Andesita de dos piroxenos[48], [49], [50], ver figura 6.

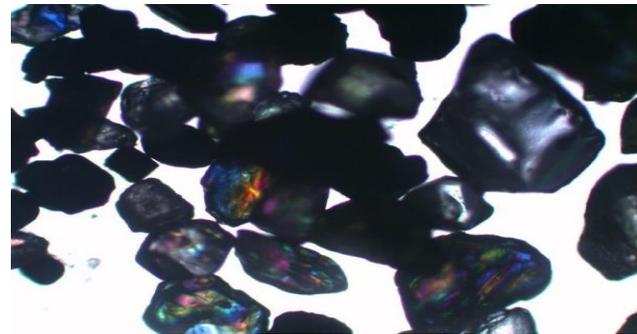


Figura 6. Mineral de piroxeno. Origen de la muestra: playa Gorgona (X4).

La composición mineralógica de las arenas negras reportadas en los estudios revisados para playa Coronado han comprobado la marcada presencia de hierro en las arenas, por lo que la arena negra de esta región se clasifica como una arena ferrífera, información que se ha evidenciado con la muestra analizada para este estudio.

3.6 Discusión

El texto presentado aborda de manera integral el estudio de las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá, vinculando su potencial para el geoturismo con un enfoque científico, educativo y sostenible.

El análisis de las arenas negras de la Riviera Pacífica de Panamá resalta su potencial como un recurso de valor para el desarrollo del geoturismo en el país. Estas arenas, compuestas principalmente de magnetita y otros minerales formados por actividad volcánica, representan un patrimonio geológico subexplorado con características únicas en la región. A pesar de su abundancia, la falta de clasificación formal, así como geositios evidencia un vacío significativo en la investigación científica sobre estas formaciones.

La creciente demanda de turismo alternativo y consciente, alineado con las metas del geoturismo, subraya la necesidad de integrar la ciencia geológica en las experiencias turísticas. Esto podría transformar las playas de arenas negras en laboratorios naturales para la educación, promoviendo no solo la conservación del entorno, sino también la creación de oportunidades económicas para las comunidades locales. Iniciativas como el Proyecto Geoparque Puente de las Américas sientan un precedente en Panamá para la valorización de su patrimonio geológico, conectándolo con metas globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La investigación resalta ejemplos internacionales, como Hawái y Tenerife, donde las arenas negras se han integrado exitosamente en el turismo. Este enfoque puede replicarse en Panamá, promoviendo actividades como senderos interpretativos, educación geológica y aprovechamiento del recurso como atractivo visual y medicinal, en un marco de sostenibilidad.

El estudio establece una sólida base para posicionar las arenas negras de Panamá como un recurso clave en el geoturismo. Su éxito dependerá de integrar la ciencia, la educación y la sostenibilidad en las estrategias de desarrollo turístico, asegurando beneficios a largo plazo para las comunidades locales y el medio ambiente.

Entre los retos identificados está la necesidad de investigaciones más profundas para clasificar las playas como geositios y crear infraestructura adecuada para el turismo geológico. Asimismo, la promoción de la educación comunitaria y la colaboración entre instituciones científicas y turísticas será crucial para maximizar el impacto positivo del proyecto.

4. Conclusión

- Las arenas negras de las playas identificadas en esta investigación (Coronado, Punta Chame, Gorgona, Los Panamá, El Palmar, Chumico Redondo, Playa Blanca y Punta Barco), ver figura 2, tienen un valor paisajístico y geológico; al estar vinculadas a las erupciones de El Complejo Volcánico El Valle; Los estudios han determinado que el transporte de la arena se da de manera intensiva y ligera, soportado en la poca presencia de minerales alterables; pero que debido a la corta extensión que recorren hasta la salida al mar los minerales más fuertes como las magnetitas aún conservan su angulosidad.
- Las arenas negras de Panamá representan un recurso patrimonial con un alto potencial para el desarrollo del geoturismo, pero su aprovechamiento requiere más investigaciones y un enfoque multidisciplinario que conecte la geología con la educación, el turismo y la sostenibilidad.

- La revisión literaria ha identificado oportunidades significativas y vacíos críticos en el estudio del potencial geoturístico de las arenas negras. Aunque su caracterización geológica está bien documentada, la conexión con estrategias de valorización geoturística es limitada, representando un vacío clave. Existe un gran potencial para desarrollar rutas geoturísticas que destaquen su estética, composición mineralógica y valor cultural, fomentando el desarrollo económico y la conservación ambiental. No obstante, se requiere mayor investigación sobre la percepción social, impactos ecológicos y modelos de gestión sostenible que integren el conocimiento científico, social y económico, consolidando así el rol estratégico de las arenas negras en el geoturismo.
- El área de estudio puede aprovecharse para implementar el geoturismo a través de la creación de laboratorios naturales donde se realicen experimentos de magnetismo en las playas u otras actividades lúdicas de carácter educativo. El conocimiento científico de las arenas negras es utilizable para enriquecer el plan escolar de las escuelas, al tiempo que fomenta el conocimiento del área.

5. Agradecimiento

Se agradece a Jennifer Velazco estudiante del Colegio Dr. Harmodio Arias Madrid de Chame, por la donación del material proveniente de Playa Gorgona. A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá por el uso del Laboratorio de suelos, geología y asfaltos.

Referencias

- [1] L. Aguirre M. and H. E. D. Alava, "Separación hidrometalúrgica del óxido de titanio asociado con magnetita en las arenas negras," 1996. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3345>
- [2] G. C. de Sánchez and C. Arroyave-Posada, "Evaluación de magnetitas naturales como pigmentos de pinturas anticorrosivas," *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, no. 24, pp. 90–103, Nov. 2001, doi: 10.17533/JUDEA.REDIN.326332.
- [3] R. Monge Valverde, "Contribución al estudio de las arenas negras magnéticas de Costa Rica," 1965. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/10669/76310>
- [4] L. Valderrama, R. Poblete, and C. Contreras, "Caracterización y Concentración de Muestras de Arenas de Caldera, Región de Atacama," *Revista de la Facultad de Ingeniería-Universidad de Atacama*, vol. 19, 2005.
- [5] Orellana, "Estudio de la concentración natural y artificial de arenas negras en General Villamil Playas," 1988, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3398>
- [6] J. A. Vargas, E. A. Castañeda, A. H. Forero, and S. C. Diaz, "Obtención de hierro a partir de arenas negras del Atlántico colombiano desembocadura del río Magdalena," *Revista de la facultad de ingeniería.*, vol. 26, no. 3, 2011.
- [7] L. V. Campusano, "Concentración De Minerales De Titanio Contenidos En Las Arenas De Playas De La Región De Atacama - Chile," *HOLOS*, vol. 1, p. 119, Jul. 2008, doi: 10.15628/HOLOS.2008.152.
- [8] J. A. Comas-Cabrales and Á. J. Becerra-Pinto, "Identificación electroquímica de ilmenita FeTiO₃ en concentrados y colas producto del beneficio de arenas negras," 2015.
- [9] C. R. Piriz Mc Coll, *Las arenas negras radioactivas del Uruguay*, vol. II, no. a. 1953.
- [10] C. Hernan. Arias A, "Concentraci3n De Arenas Negras Provenientes De Barbacoas (Nariño) Y Evaluaci3n De Su Procesamiento Por Molienda De

- Alta Energía Para La Obtención De Imágenes De Tamaño Nanométrico," Universidad Industrial de Santander, 2017.
- [11] L. S. Durans, E. da S. M. Neto, and E. G. Lacerda, "Revista Eletrônica Casa de Makunaima," *Revista Eletrônica Casa de Makunaima*, vol. 5, no. 2, pp. 69–87, Feb. 2023, doi: 10.24979/V5I2.1335.
- [12] R. Bórquez, F. Bourlon Pierre, and M. Moreno Escobedo, "El turismo científico y su influencia en la comunidad local: el estudio de caso de la red del turismo científico en Aysén, Chile," *Revista Turismo y Desarrollo Local*, vol. 12, no. 26, 2019.
- [13] M. García Revilla and O. Martínez Moure, "Turismo científico y ciudades del futuro," *International journal of scientific management and tourism*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [14] M. Bregolin and L. Rudzewicz, "Vinculando Ciência e Turismo em territórios de Geoparques: o papel das comunidades no desenvolvimento do Turismo Científico," *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente*, vol. 5, no. 2–3, 2023, doi: 10.21814/physisterrae.5560.
- [15] Mario Andrés Boza Loria, "Fomento del turismo científico en Costa Rica," *Biocenosis*, vol. 33, no. Especial, 2022, doi: 10.22458/rb.v33iespecial.4393.
- [16] J. D. Páez, R. B. Ramírez, and E. B. Yanes, "Geopatrimonio y geoturismo en espacios naturales protegidos volcánicos de Tenerife (Canarias, España)," *Cuadernos Geográficos*, vol. 60, no. 2, pp. 52–71, Jun. 2021, doi: 10.30827/CUADGEO.V60I2.15572.
- [17] D. F. B. Ovigli and J. M. Cuenca-López, "Educación patrimonial y geoturismo: estudio comparativo de prácticas educativas en geosítios de Brasil y España," *Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)*, vol. 17, no. 2, May 2024, doi: 10.34024/RBECOTUR.2024.V17.15639.
- [18] G. Meléndez-Hevia, J. C. Moreira, and L. Carcavilla-Urqui, "Geoturismo: El Paso De Un Recurso A Un Atractivo," *Terr@ Plural*, vol. 11, no. 2, pp. 327–337, Dec. 2017, doi: 10.5212/TerraPlural.v.11i2.0010.
- [19] I. Alejandra, C. Toribio, L. M. Pinargote Yépez, J. Guillermo, B. Almeida, and Y. Misael Vázquez-Taset, "Estudio comparativo entre los Geoparques de Latinoamérica y los Sitios de Interés Geológico: Una mirada desde el geoturismo," *REVISTA INTERNACIONAL DE TURISMO, EMPRESA Y TERRITORIO*, vol. 5, no. 1, pp. 31–56, Jun. 2021, doi: 10.21071/riturem.v5i1.13251.
- [20] M. A. Tavera Escobar, N. Estrada Sierra, C. Errázuriz Henao, and M. Hermelin, "Georutas o itinerarios geológicos: un modelo de geoturismo en el Complejo Volcánico Glaciar Ruiz-Tolima, Cordillera Central de Colombia," *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, vol. 26, no. 2, pp. 219–240, Jul. 2017, doi: 10.15446/RCDG.V26N2.59277.
- [21] E. Ordoñez, C. Andrade, L. Auquilla, and M. Valdés, "El turismo científico y su contribución al desarrollo local sostenible," *Revista DELOS*, vol. 10, no. 29, 2017.
- [22] "Arouca-Statement." 2011.
- [23] Y. Y. Solís M., G. M. Poveda, E. Martínez, and R. D. Rodríguez, "Adecuación de senderos reutilizando caucho sintético en el Geosítio Piedra Jabón," *Revista de Iniciación Científica*, vol. 10, no. 1, pp. 29–35, Jan. 2024, doi: 10.33412/REV-RIC.V10.1.4000.
- [24] "Los Geoparques Mundiales de la UNESCO | UNESCO." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/es/igpp/geoparks/about>
- [25] "Memoria de la reunión internacional: Geoparques, Turismo Sostenible y Desarrollo Local - UNESCO Biblioteca Digital." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380262.locale=es>
- [26] J. E. Martínez Martín, "Conceptos y Metodologías de Educación en Geoparques: Aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible," 2023. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.ujc.edu/handle/20.500.12020/1346>
- [27] T. De Destroa, R. Rodríguez, E. Martínezb, H. Sandoval, and J. Sánchez, "Importancia de la implementación de geoparques en Panamá: Una revisión literaria," *Prisma Tecnológico*, vol. 13, no. 1, pp. 17–26, Feb. 2022, doi: 10.33412/PRI.V13.1.2993.
- [28] "Proyecto Geoparque puente de las Américas, Plan Maestro 2020-2021." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/15623>
- [29] L. González Torrerros, "Los valores del patrimonio geológico de la Sierra la Primavera: las oportunidades para el geoturismo," *Dimensiones Turísticas*, vol. 2, no. 2, pp. 27–52, Jan. 2018, doi: 10.47557/RGNK7688.
- [30] L. J. N. Franco, B. H. S. Rojas, and C. S. S. Cruz, "Geoturism: Tourist use of the geological potential in The San Benito and San Eugenio streets in the Municipality of Sibaté," *Turismo y Sociedad*, vol. 27, pp. 187–216, Jul. 2020, doi: 10.18601/01207555.N27.11.
- [31] F. Bautista, R. Cejudo-Ruiz, B. Aguilar-Reyes, and A. Gogichaishvili, "El potencial del magnetismo en la clasificación de suelos: una revisión," *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 66, no. 2, pp. 365–376, 2014, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222014000200012&lng=es&nrn=iso&tlng=es
- [32] H. Moreno Ramón, S. Ibañez Asensio, and J. M. Gisbert Blanquer, "Óxidos y Hidróxidos," Nov. 2011, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/13680>
- [33] G. Tejada Bedoya, Z. Sarmiento Mejía, and C. Huisa Ccori, "Estudio de la recuperación del hierro detrítico de las arenas de las playas de Tacna," *Ciencia & Desarrollo*, vol. 0, no. 16, pp. 41–45, Apr. 2019, doi: 10.33326/26176033.2013.16.351.
- [34] S. D. Redwood and S. D. Redwood, "The history of mining and mineral exploration in Panama: From Pre-Columbian gold mining to modern copper mining," *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 72, no. 3, 2020, doi: 10.18268/BSGM2020V72N3A180720.
- [35] MiAmbiente, "Declaran a Isla Boná como Área Protegida - MiAmbiente." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://miambiente.gob.pa/declaran-a-isla-bona-como-area-prottegida/>
- [36] "De la destrucción a la creación: Una nueva playa de arena negra nace en una isla de Hawái - Los Angeles Times." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.latimes.com/espanol/eeuu/la-es-de-la-destruccion-a-la-creacion-una-nueva-playa-de-arena-negra-nace-en-una-isla-de-hawai-20190106-story.html>
- [37] "Isla de Jeju, un paraíso natural en Corea - Go! Go! Hanguk." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://gogohanguk.com/es/blog/isla-jeju-un-paraiso-natural-en-corea/>
- [38] J. Dóniz Páez, R. Becerra-Ramírez, E. Beltrán Yanes, J. Dóniz Páez, R. Becerra-Ramírez, and E. Beltrán Yanes, "Geomorfositos en el Geoparque Mundial Unesco de El Hierro (Islas Canarias, España) para fomentar el geoturismo en espacios volcánicos," *Revista de geografía Norte Grande*, vol. 2021, no. 80, pp. 165–186, 2021, doi: 10.4067/S0718-34022021000300165.
- [39] "Conoce la sorprendente playa de Guatemala con arena negra." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://forbescentroamerica.com/2020/11/01/turismo-guatemala-playa-arena-negra-volcanica-monterrico>
- [40] J. Quintero Marín and B. Ríos, "Geoturismo en Colombia: Propuestas para la reserva privada Ecolodge El Almejal, Bahía de Solano, Departamento Chocó, Colombia," *Universidad Nacional de Colombia*, 2019.
- [41] Autoridad de Turismo de Panamá, "Plan Maestro de Turismo Sostenible de Panamá 2020-2025." Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC215852/>
- [42] D. F. Ovigli Bovolenta and J. M. Cuenca-López, "Educación patrimonial y geoturismo: estudio comparativo de prácticas educativas en geosítios de Brasil y España," vol. 17, 2024. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://each.usp.br/turismo/publicacoesdeturismo/ref.php?id=17821>
- [43] P. A. Basile, Transporte de Sedimentos y Morfodinámica de Ríos Aluviales. UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario., 2018. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/2133/10738>
- [44] M. López López, "Arena como elemento conservador de la línea de costa," 2018, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=151367&info=resumen&idioma=SPA>
- [45] A. Salazar M, O. G. Lizano, and E. J. Alfaro, "Composición de sedimentos en las zonas costeras de Costa Rica utilizando Fluorescencia de Rayos-X (FRX)," *Rev Biol Trop*, vol. 52, pp. 61–75, 2004, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available:

- http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000600007&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [46] E. Navarro, L. Daesslé, V. Camacho-Ibar, M. Ortiz-Hernández, and E. Gutiérrez-Galindo, "La geoquímica de Fe, Ti y Al como indicadora de la sedimentación volcánoclastica en la laguna costera de San Quintín, Baja California, México," *Cienc Mar*, vol. 32, no. 2, pp. 205–217, 2006, Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802006000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [47] J. Madhavaraju, J. S. Armstrong-Altrin, R. B. Pillai, and T. Pi-Puig, "Geochemistry of sands from the Huatabampo and Altata beaches, Gulf of California, Mexico," *Geological Journal*, vol. 56, no. 5, pp. 2398–2417, May 2021, doi: 10.1002/GJ.3864.
- [48] E. Martínez and R. Rodríguez, "Diseño de un modelo para crear un geoparque en El Valle de Antón," Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, 2017.
- [49] A. Domínguez et al., "Geochemical Insights into Health Risks from Potentially Toxic Elements in Rural Aqueducts of Cocle, Panama: Unveiling Links to Local Geology," *Water (Switzerland)*, vol. 17, no. 1, p. 110, Jan. 2025, doi: 10.3390/W17010110/S1.
- [50] H. Sandoval, T. Destro, R. Rodríguez, E. Martínez, E. Gutiérrez, and Y. Solís, "Study and description of the Soap Stone of Pajonal," *Proceedings - 2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2022*, pp. 733–739, 2022, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00120.

Economía Plateada Segura: Desafíos y Soluciones en Ciberseguridad

Isabel Leguías ^a , Giovana Garrido ^b 

^aUniversidad Tecnológica de Panamá, República de Panamá.

{isabel.leguias, giovana.garrido}@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4039



Resumen

La economía plateada, centrada en la población adulta mayor, surge como un fenómeno crucial en la era digital actual, con creciente influencia económica y desafíos en ciberseguridad. Este artículo se enfoca en la región de América Latina, destacando los desafíos y oportunidades en ciberseguridad para garantizar la participación segura de este segmento poblacional en la economía digital. Se propone un marco analítico basado en estudios descriptivos y empíricos para abordar problemas como el aumento de estafas cibernéticas y la falta de alfabetización digital. Así mismo se presentan soluciones como colaboración intersectorial y el diseño de estrategias regulatorias adaptativas.

Palabras clave: economía plateada, ciberseguridad, alfabetización digital, regulación

Title: Secure Silver Economy: Challenges and Solutions in Cybersecurity

Abstract: The silver economy, focused on the older adult population, emerges as a crucial phenomenon in today's digital age, with growing economic influence and cybersecurity challenges. As older adults immerse themselves in connected living, they are exposed to cyber threats while conducting financial transactions or accessing health services online. The intersection between the silver economy and life extension presents unique challenges and opportunities, given increasing life expectancy and participation in the digital economy. With a notable increase in life expectancy globally, approximately one in five people in Latin America and the Caribbean is projected to be over 65 years of age by 2050. This demographic change raises the need to address cybersecurity to protect this segment of the population. The silver economy focuses on adapting the production and distribution of goods and services to meet the needs of older adults and aging younger generations. The research is based on a descriptive and analytical approach to explore the silver economy, focusing on the older adult population, its economic influence and cybersecurity challenges in the digital age. The intersection between the silver economy and life extension highlights unique challenges and opportunities, such as the growth of scams targeting older adults,

demanding innovative solutions such as promoting digital literacy and data protection.

Key words: older adult, silver economy, cybersecurity, threats, attacks, finances

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 7 de junio de 2024.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

La economía plateada se refiere al conjunto de actividades económicas, productos y servicios destinados a satisfacer las necesidades y demandas de las personas mayores de 50 años. Este sector abarca áreas como salud, finanzas, tecnologías, vivienda y ocio, adaptándose a los cambios demográficos y a la creciente longevidad de la población [1].

En la era digital en la que vivimos, la economía plateada emerge como un fenómeno crucial y dinámico. Este concepto, que hace referencia a la población adulta mayor y su creciente influencia en la economía, no solo plantea oportunidades económicas sin precedentes, sino también desafíos significativos en términos de ciberseguridad. A medida que los adultos mayores se sumergen en el mundo conectado, ya sea para realizar transacciones financieras, acceder a servicios de salud en línea o simplemente para mantenerse conectados con sus seres queridos, se vuelven más susceptibles a una variedad de amenazas cibernéticas [2]. En este contexto, garantizar la seguridad de este segmento de la población se convierte en una prioridad inevitable.

La intersección entre la economía plateada y la prolongación de la vida revela una dinámica compleja en la cual la seguridad cibernética desempeña un papel crucial. Con el envejecimiento de la población y el consiguiente aumento en la esperanza de vida, la participación de los adultos mayores en la economía y la vida digital se intensifica. Este fenómeno, impulsado por avances tecnológicos y cambios demográficos, plantea desafíos y oportunidades únicas [3]. A medida que los adultos mayores se vuelven más activos en línea, ya sea para gestionar sus finanzas o acceder a servicios de salud remotos, su exposición a amenazas cibernéticas también se incrementa. Por lo tanto, la necesidad de abordar la ciberseguridad en el contexto de la economía plateada se vuelve aún más imperativa, dado el papel crítico que desempeña en la protección de este segmento de la población y en la garantía de su participación segura y productiva en el mundo digital en constante evolución.

El Banco Mundial ha señalado un notable aumento en la esperanza de vida global. En la década de 1990, la esperanza de vida promedio era de 65 años, pero para el año 2020 ha alcanzado los 73 años. Es un hito histórico que se da por primera vez, donde el número de adultos mayores de 65 años supera a la población menor de 5 años a nivel mundial, según datos de la ONU [4]. La prolongación de la vida plantea tanto desafíos como oportunidades en el ámbito económico. Por ejemplo, en la Unión Europea, la esperanza de vida ha alcanzado los 80 años, mientras

que en los Estados Unidos se sitúa en 77 años y en América Latina y el Caribe en 76 años [4].

Según un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se proyecta que para el año 2050, aproximadamente una de cada cinco personas en la región de América Latina y el Caribe será mayor de 65 años, lo que representa aproximadamente el 20% de la población total. También, según un informe emitido por INEC sobre el estudio “Envejecimiento Demográfico de la población en el periodo 1960-2050” el cual fue publicado en el año 2015, se espera que para el año 2025 tendrá un aumento de 597,200 de la población de adultos mayores. Para el año 2050 se espera un estimado de 1,351,367 de adultos mayores en la República de Panamá, lo que representara un 24% de la población [5]. Otro estudio realizado por la organización Mundial de la Salud (OMS) en su publicación “Envejecimiento y Salud” publicado el 5 de febrero de 2018, indica que para el año 2050, la población mundial en el rango de edad mayor de 60 años llegara a los 2000 millones, lo cual representa un aumento de 900 millones si se compara con el año 2015 [6]. El número de personas de edad avanzada está aumentando tanto en la República de Panamá, al igual que en numerosas regiones alrededor del mundo.

Esta tendencia de envejecimiento de la población es una realidad global y está dando lugar a uno de los cambios socioeconómico más significativos de los últimos años sociedades envejecidas o sociedades de las canas lo que se conoce como la economía plateada. Esto implica que aproximadamente un tercio de la población mundial requerirá soluciones tecnológicas que le permita mantener su independencia [2].

A nivel mundial se está produciendo un cambio de paradigma de forma gradual en la percepción que se tiene de los adultos mayores en la sociedad. Ya no son considerado una “carga”, sino un valioso recurso social que brinda nuevas posibilidades en distintas áreas, por ejemplo, de consumo, estilo y calidad de vida, educación, actividad social y política. Según [3], el envejecimiento de la población puede ser visto como una oportunidad que abre camino a la implementación de tecnología e innovación social. Por lo cual se está dejando de percibir de forma negativa el envejecimiento como una crisis económica y se observa como una fuente de nuevas oportunidades de crecimiento socioeconómico por medio de la economía plateada [4].

La economía plateada busca abordar los desafíos y oportunidades que surgen en el cambio demográfico global al ofrecer productos y servicios que satisfagan las necesidades que se presentan en esta parte de la población de adultos mayores por medio de gerontológica y las TIC [7].

De acuerdo a [6], la economía plateada es un modelo económico que busca adaptar la producción y distribución de bienes y servicios para satisfacer las necesidades tanto de los adultos mayores, como de las generaciones más jóvenes que están envejeciendo.

Es por lo anterior, que en el presente artículo se analiza las vulnerabilidades específicas de esta población en el ámbito digital y propone soluciones sostenibles basadas en la alfabetización digital, colaboración intersectorial entre gobierno, empresas y

organizaciones civiles y la implementación de regulaciones específicas que garanticen la protección de los datos y los derechos de los adultos mayores en el entorno digital. Este análisis busca ofrecer un marco que no solo identifique los desafíos actuales, sino que también fomente estrategias efectivas para una economía plateada segura y resiliente.

2. Metodología

En esta sección se describe el enfoque adoptado para el desarrollo del estudio, así como las fuentes de información utilizadas y las limitaciones que podrían influir en los resultados obtenidos. El objetivo es ofrecer una visión clara del proceso seguido para analizar las problemáticas de ciberseguridad que afectan a los adultos mayores.

2.1 Enfoque del estudio

Para la realización de este artículo se utiliza el enfoque descriptivo y analítico para examinar las problemáticas de ciberseguridad que enfrentan los adultos mayores en América Latina. Este enfoque permite identificar las principales vulnerabilidades y desafíos al tiempo que se analizan posibles soluciones sostenibles.

2.2 Fuentes de Información

Las fuentes de información utilizadas en este estudio incluyen:

- Informes de organismos internacionales como la ONU, el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Estudios regionales elaborados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).
- Artículos académicos y publicaciones especializadas sobre ciberseguridad y envejecimiento poblacional.
- Datos estadísticos recientes relacionados con la economía plateada y su impacto en la región.

2.3 Limitaciones

El estudio se centra exclusivamente en la región de América Latina, con un énfasis en la República de Panamá. Si bien esto proporciona un análisis profundo y contextualizado, limita la generalización de los hallazgos a otras regiones con características socioculturales y económicas distintas. Así mismo, el uso de datos secundarios puede introducir sesgos derivados de la disponibilidad y calidad de la información recopilada.

3. Impacto de la economía plateada en la economía mundial

A medida que la población mundial envejece, se anticipa que la economía plateada ejercerá un impacto significativo en la economía global. Este crecimiento conlleva diversos efectos positivos a nivel mundial, que incluyen:

- Crecimiento económico: Se proyecta un potencial de expansión anual de aproximadamente el 5% hasta el año 2025. Este

crecimiento no solo contribuirá al Producto Interno Bruto (PIB) global, sino que también generará empleo en diversas áreas como atención médica, telecomunicaciones, entretenimiento y turismo.

- Creación de empleo: Se espera que la economía plateada desempeñe un papel fundamental en la generación de empleo, dando lugar a la creación de nuevas profesiones y carreras centradas en el cuidado del adulto mayor.
- Innovación: La economía plateada se impulsa mediante la innovación tecnológica, abarcando áreas como la automatización del hogar, inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT) y servicios de salud electrónica (eSalud). Estas innovaciones tienen el potencial de dar origen a nuevos productos y servicios diseñados para satisfacer las necesidades de las personas mayores.
- Finanzas: Dado que los adultos mayores suelen gozar de libertad financiera y tienen un poder adquisitivo, se han convertido en un mercado atractivo. Su participación para impulsar el crecimiento económico y fomentar la inversión en diferentes sectores.

No obstante, la economía plateada también enfrenta desafíos y riesgos, como los ciberataques dirigidos a la industria que atienden las necesidades de los adultos mayores.

4. Riesgos y Desafíos de Ciberseguridad

Los adultos mayores valoran las ventajas de la tecnología como medio para mantener su independencia más tiempo y muchos están dispuestos a utilizarla hasta edades más avanzadas. Si bien todos los usuarios están expuestos al riesgo de ataques cibernéticos, los adultos mayores son un objetivo potencial para los actores maliciosos [8]. Este grupo dentro de la población son susceptibles a mayores riesgos de vulnerabilidad frente a las amenazas cibernéticas debido a la falta de habilidades digitales, la confianza en exceso y la falta de conocimiento sobre las mejores prácticas de la seguridad en línea [9] [10]. Por ejemplo, los adultos mayores que utilizan las redes sociales generalmente no tienen conocimiento sobre la configuración de privacidad al igual que la administración de cuentas, esta falta de conocimiento los expone a divulgar inadvertidamente información personal, lo cual muchas veces les genera vergüenza y aumenta su vulnerabilidad, solo un bajo porcentaje de ellos conoce como ajustar de forma adecuada su configuración de seguridad [11]. Es por ello por lo que los ciberdelincuentes identifican a los adultos mayores como objetivos potenciales de ataques como estafa de pensiones, románticas, ingeniería social o phishing [12]. Por ejemplo, un ataque que se da comúnmente son las estafas telefónicas donde el atacante simula un problema del computador y se presentan como soporte técnico para solucionar el problema e incluso puede instalarle código malicioso en el equipo para robar información sensible, este tipo de estafa de soporte técnico causa pérdidas económicas significativas cada año [13]. Otro tipo de estafa es cuando realizan una llamada donde le informan que un familiar está en apuros y necesita ayuda. Por lo cual, si un adulto mayor no conoce como realizar la configuración de privacidad, puede terminar publicando información confidencial, datos de ubicación geográfica, registros bancarios o registros hospitalarios

que los expone a riesgo de ingeniería social y robo de identidad [14] [15].

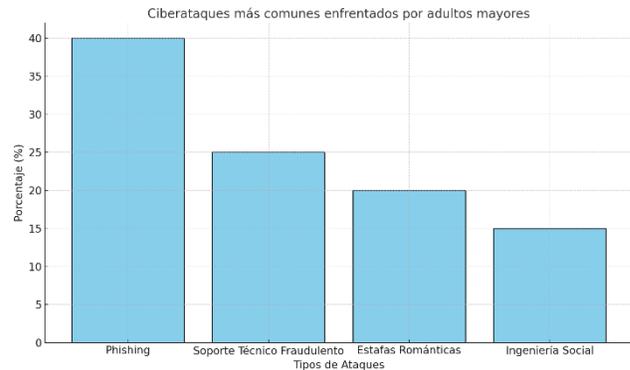


Figura 1. Ciberataques comunes enfrentados por adultos mayores (elaboración propia)

5. Impacto de los ataques cibernéticos en la economía plateada

Los ciberataques tienen un impacto global considerable, alcanzando incluso a la economía plateada que engloba los sectores destinados a atender las necesidades de la población mayor. Se espera un crecimiento en esta economía, ya que se proyecta que las personas mayores de 60 años gastarán cerca de 15 billones de dólares para el año 2030. Esta perspectiva de crecimiento, sin embargo, se ve amenazada por los ciberataques, que pueden plantear desafíos significativos.

Algunas de las áreas vulnerables a estos ataques incluyen las telecomunicaciones, entretenimiento, nutrición, turismo, salud y la banca. Los ciberataques pueden resultar en filtraciones de datos, pérdida financieras e interrupciones de servicios digitales en línea utilizados por los adultos mayores, generando desconfianza en las plataformas digitales. Estos efectos adversos pueden impactar negativamente el crecimiento y desarrollo de la economía plateada [16].

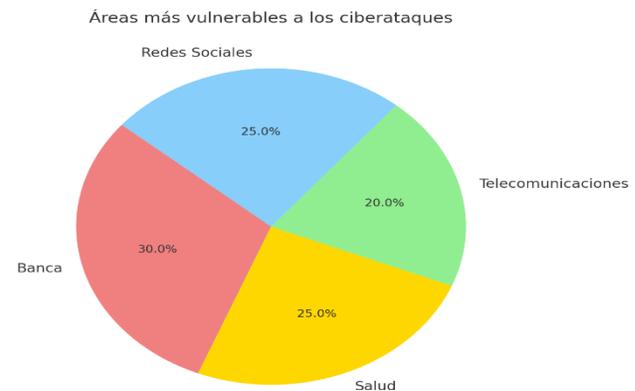


Figura 2. Áreas vulnerables a los ciberataques (elaboración propia)

El crecimiento de las pérdidas ha aumentado significativamente en los últimos años, pasando de 500 mil en 2022 a 800 mil en 2024 [17]. Estudios indican que las pérdidas globales por ciberdelincuencia podrían alcanzar los 10 billones de dólares anuales en los próximos años [18]. Este crecimiento en las pérdidas económicas subraya la necesidad de implementar estrategias de ciberseguridad más efectivas, especialmente en sectores que atienden a la población mayor, como la economía plateada.

6. Soluciones y mejores prácticas de ciberseguridad

Debido a las diferentes edades presentes en el entorno digital, es crucial implementar medidas específicas para prevenir riesgos como la desinformación, delitos cibernéticos y problemas de seguridad. La Agencia Americana para la Ciberseguridad (CISA) ha compartido en su sitio web una guía diseñada especialmente para los adultos mayores puedan navegar de manera segura en Internet y utilizar otros recursos digitales. Estas recomendaciones de buenas prácticas están resumidas en diez puntos importantes y son los siguientes [19]:

- Crear contraseñas sólidas y seguras.
- Aplicar procesos de verificación adicional en todas las cuentas digitales
- Tener precaución al responder a correos electrónicos de procedencia dudosa o alertas que podrían ser maliciosas.
- En caso de duda, eliminar mensajes sospechosos.
- Ser precavidos al compartir contenido y evitar divulgar ubicaciones.
- Utilizar software de seguridad legítimo
- Ajustar los parámetros de seguridad del navegador web
- Asegurarse de cerrar sesiones al finalizar el uso, y
- Considerar solicitar ayuda con familiares o amigos cuando sea necesario (Bizkaia).

7. Colaboración y concienciación

La colaboración entre los sectores públicos, privados, organizaciones de la sociedad civil y adultos mayores es fundamental para abordar los desafíos de la ciberseguridad en la economía plateada. Algunas de las estrategias claves para la colaboración incluye

- Mesas de diálogos
- Programas conjuntos
- Recursos educativos compartidos
- Participación de la sociedad civil
- Campañas de concienciación
- Materias empresariales
- Colaboración de los adultos mayores en el diseño de soluciones digitales
- Incentivos para empresas
- Foros de intercambio de experiencias y mejores prácticas,
- Servicio en líneas de denuncias y
- Soporte técnico.

Para que exista una regulación efectiva que proteja a los adultos mayores en línea, se sugiere desarrollar leyes específicas, que incorporen estándares de accesibilidad y usabilidad, brindar requisitos de educación y concientización, establecer buenas prácticas de seguridad que brinden notificaciones de brechas de seguridad, garantizar transferencia en la recopilación de datos, implementar revisiones de seguridad obligatorias, reforzar las leyes contra delitos cibernéticos como las estafas en línea, capacitar al adulto mayor en tecnologías que son utilizadas en líneas, fomentar la colaboración público-privado, realizar evaluaciones periódicas y actualizar la regulación conforme evolucionan las amenazas cibernéticas. La regulación debe equilibrar la protección con la inclusión digital y adaptarse a los cambios rápidos en ciberseguridad.

Conclusión

A medida que la economía plateada experimenta un crecimiento significativo, se vislumbra un impacto positivo en el crecimiento económico, la creación de empleo, la innovación y el impulso financiero a nivel global. Sin embargo, este florecimiento se ve amenazado por los ciberataques dirigidos a la población mayor, que presenta vulnerabilidades debido a la falta de habilidades digitales y conocimientos de seguridad. Estos ataques pueden afectar áreas clave como telecomunicaciones, entretenimiento, salud y banca, generando pérdidas financieras y desconfianza en plataformas digitales. Se destaca la importancia de implementar medidas específicas para prevenir riesgos cibernéticos, la colaboración entre sectores públicos, privados, organizaciones de la sociedad civil y adultos mayores se presenta como crucial para abordar estos desafíos. Además, se enfatiza la necesidad de regulaciones efectivas que equilibren la protección y la inclusión digital, adaptándose a la evolución rápida de las amenazas cibernéticas. La concienciación y educación en ciberseguridad, respaldadas por medidas concretas y regulaciones, son fundamentales para garantizar un desarrollo sostenible y seguro de la economía plateada.

Referencias

- [1] Iberdrola, "Silver Economy: el impacto del envejecimiento de la población en la economía", *Iberdrola*, 2023. [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/innovacion/silver-economy>.
- [2] M. Martínez, « Educational Technology Workshops for the Seniors Adults.,» California State University, Monterey Bay Digital Commons @ CSUMB. Capstone Projects and Master's Theses., 22. [En línea]. Available: https://digitalcommons.csUMB.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2382&context=caps_thes_all. [Último acceso: 21 septiembre 2023].
- [3] E. a. R. M. Schulz, «Impact of Ageing Populations on Silver Economy, Health and Long-Term Care Workforce,» ECONSTOR, 2014. [En línea]. Available: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/128604/1/Schulz_Impact-Ageing-Populations.pdf. [Último acceso: 21 noviembre 2022].
- [4] P. M. K. S. P. Z. Reshetnikova L. Boldyreva N., « Conditions for the Growth of the "Silver Economy" in the Context of Sustainable Development Goals: Peculiarities of Russia.,» *Journal Risk and Financial Management*, vol. 14, n° 9, 2021.
- [5] C. G. d. I. R. d. Panamá, «INEC,» Contraloría General de la República de Panamá, 2015. [En línea]. Available: https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520200925152334Envejecimiento%20Demogr%C3%A1fico%20en%20Panam%C3%A1,%20per%C3%ADodo%201960-2050_final.pdf. [Último acceso: 5 12 2024].

- [6] G. Krzymińska, «Ethical dilemmas of the silver economy,», *Ekonomia i Prawo*, vol. 19, n° 4, 2020.
- [7] D. D. Butt. S, «Ethical Challenges of ICT for the Silver Economy,» de *Eighth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*, Quito, Ecuador, 2021.
- [8] N. Doyle, «Elder Financial Exploitation and Scam Activities Targeting Elderly Victims,» Thesis. Faculty of St. Cloud State University Master of Science in Criminal Justice., 22. [En línea]. Available: https://repository.stcloudstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1026&context=cjs_etds. [Último acceso: 27 septiembre 2023].
- [9] C. L. B. P. Morrison B., «How do Older Adults feel about engaging with Cyber-Security,» *Wiley*, vol. 3, n° 5, pp. 1033-1049, 2021.
- [10] P. Attah, «Puppy Valley: An App-Mediated Board Game to Enhance Scam And Fraud Awareness Among US Seniors,» Purdue University Graduate School. Thesis. , 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.25394/PGS.14522391.v1>. [Último acceso: 13 octubre 2023].
- [11] C. Blackwood-Brown, «An Empirical Assessment of Senior Citizens' Cybersecurity Awareness, Computer Self-Efficacy, Perceived Risk of Identity Theft, Attitude, and Motivation to Acquire Cybersecurity Skills,» Doctoral Thesis. College of Engineering and Computing. Nova Southeastern University, 2018. [En línea]. Available: https://nsuworks.nova.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2046&context=gscis_etd. [Último acceso: 13 octubre 2023].
- [12] S. a. P. N. Kemp, «Consumer Fraud against Older Adults in Digital Society: Examining Victimization and Its Impact,» *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.3390/ijerph20075404>. [Último acceso: 8 febrero 2024].
- [13] O. V. S. K. N. K. S. Leng, «Cybersecurity and Privacy Impact on Older Persons Amid COVID-19: A Socio-Legal Study in Malaysia,» *Asian Journal of Research in Education and Social Sciences.* , vol. 2, n° 2, pp. 72-76, 2020.
- [14] M. G. M. A. Mentis H., «Upside and Downside Risk in Online Security for Older Adults with Mild Cognitive Impairment,» *ACM Digital Library*, pp. 1-13, 2019.
- [15] USECIM, «Ataques cibernéticos en México ¿cómo hacerles frente?,» USECIM International Magazine, 30 08 2022. [En línea]. Available: <https://usecim.net/wp-content/uploads/2022/08/gdghdgdg.jpg>. [Último acceso: 16 04 2024].
- [16] J. M. B. D. M. H. J. C. L. M. J. Nicholson, «Training and Embedding CybersecurityGuardians in Older Communities,» de *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Yokohama, Japan, 2021.
- [17] Website Rating, "Estadísticas y hechos sobre ciberseguridad en 2024," *Website Rating*, Feb. 2024. [Online]. Available: <https://www.websiterating.com/es/blog/research/cybersecurity-statistics-facts/>.
- [18] Infosecurity México, "¿Cuál es el impacto económico de los ciberataques a nivel mundial?", *SeguriLatam*, 21 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.segurilatam.com/actualidad/cual-es-el-impacto-economico-de-los-ciberataques-a-nivel-mundial_20230921.html.
- [19] N. R. N. Z. A. B. A. Zulkpli, «Synthesizing Cybersecurity Issues and Challenges for the Elderly,» *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* , vol. 12, n° 5, pp. 1775-1781, 2021.

Indicadores operativos para un servicio periférico de autobuses utilizando sistemas automáticos de localización de vehículos

Jorge Lynch Mejía , Henry Hernández Vega 

Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Civil. República de Costa Rica

jorgelynch25@hotmail.com; henry.hernandezvega@ucr.ac.cr

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4007



Resumen: En el presente estudio, se utiliza un sistema automático de localización de vehículos en transporte público para la generación de una serie de indicadores operativos relacionados a la variabilidad de tiempo de viaje (VTV) en un caso de aplicación. Se busca identificar, a partir de estos indicadores, segmentos de ruta con altos índices de variabilidad, situación desfavorable para la persona usuaria del transporte público. Se realiza el estudio a partir de una base de datos facilitada por la empresa Discar, responsable de la operación de la ruta Periférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. Se generan indicadores de VTV para cada segmento de ruta para lapsos de 15 minutos. Se observa la variabilidad horaria de estos indicadores y se generan indicadores ponderados en función de la longitud del segmento y velocidad promedio, identificando los tramos más críticos de la ruta en términos de indicadores de tiempo de viaje.

Palabras clave: transporte público, tiempos de viaje, indicadores operativos, autobús, sistema automático de localización de vehículos

Title: Operational indicators for a peripheral bus service using automatic vehicle location systems.

Abstract: In the present study, an automatic vehicle location system in public transport is used by generating a series of operational indicators related to travel time variability (VTV) for an application case. The aim is to identify, based on these indicators, route segments with high rates of variability, an unfavorable situation for the user of public transportation. The study is carried out from a database provided by the company Discar, responsible for the operation of the Periférica route in the metropolitan area of San José, Costa Rica. VTV indicators are generated for each route segment for periods of 15 minutes. The hourly variability of these indicators is observed and weighted indicators are generated based on the length of the segment and average speed, identifying the most critical sections of the route in terms of travel time indicators.

Keywords: public transportation, autobus, travel time, operative indicator, automatic vehicle location system

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 1 de febrero de 2024.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

Durante las últimas décadas, el autobús es el principal modo de transporte en el Gran Área Metropolitana de Costa Rica [1]. Sin embargo, la proporción de viajes en autobús ha ido decreciendo en los últimos años [2], y el estado costarricense tiene limitaciones técnicas que dificultan la mejora del sistema de transporte público [3].

El uso de la información recolectada por sistemas automáticos de localización de vehículo (AVL, por sus siglas en inglés, *Automated Vehicle Location*) pueden ser de gran provecho para identificar oportunidades de mejora en el servicio de transporte brindado [4], [5]. Estos sistemas permiten cuantificar variables operativas de los sistemas de transporte público tales como demoras, tiempos de espera y confiabilidad en tiempos de espera [6]. Además, los sistemas AVL al integrarse con otras tecnologías, como control de barras o flota, permite un rango mucho mayor de posibles usos [7].

Los usuarios prefieren servicios con menor tiempo promedio y menor variabilidad en los tiempos de recorrido [8]; por lo que contar con información relacionada con los tiempos de viaje es sumamente relevante ya que podría permitir los elementos que inciden en los mismos y en su variabilidad. Por ejemplo, en el 2014, en un estudio para autobuses en Portland, se obtuvo que las demoras en el tiempo de viaje de los autobuses están casi linealmente relacionadas con la relación entre la duración de la fase roja en el sentido de movimiento y el tiempo del ciclo del semáforo [9]. También en este estudio se encontró que, en promedio, el 50 % de la variabilidad del tiempo de viaje es causado por el retraso en las intersecciones semaforizadas y que cada adición del número de intersecciones por kilómetro aumenta el tiempo de viaje en un 22 %.

El identificar los tramos que presentan menores velocidades y mayores variabilidades en los tiempos de viaje permitirían generar acciones a ejecutar por parte de los entes responsables del sistema en búsqueda de la disminución de la variabilidad del tiempo de viaje. Algunas de las posibles acciones podrían ser: eliminar o reubicar algunas paradas, dar tratamiento preferencial a autobuses, en segmentos de ruta mediante el uso de carriles exclusivos o modificar el comportamiento de intersecciones mediante el uso de señales exclusivas, prioridad de fase o salto de cola para el transporte público [10].

2. Materiales y métodos

El objetivo del estudio es aplicar, como caso de estudio, indicadores operativos a partir de la información que generan los sistemas automáticos de localización de vehículos a bordo del transporte público modalidad autobús, para una ruta específica con el fin de cuantificar seis aspectos operativos del servicio prestado y promover su mejora continua.

La recopilación de información se realizó en colaboración con la empresa Discar, concesionaria de la Ruta 08, La Periférica. Se realizaron visitas de campo, recorridos en cada una de las rutas y obtención de la información del sistema AVL.

Además, se realizaron entrevistas a empresas operadoras que contaban con sistemas AVL. Las entrevistas tenían como fin determinar las aplicaciones que se les estaban dando, por parte de los operadores, a los sistemas AVL. A partir de la información recopilada, se determinó que, en Costa Rica, estos sistemas se utilizan para determinar el cumplimiento de horarios, además, para la verificación del comportamiento de los choferes de autobús (por ejemplo, se puede determinar si en efecto un chofer maneja de manera temeraria: altas velocidades, cambios bruscos de velocidad, conducción en contravía, etc.) o bien, si hace caso omiso a las solicitudes de parada de los pasajeros. Estos sistemas se utilizan, además, para gestionar la flota de autobuses ante eventos no recurrentes (por ejemplo, congestión generada por un accidente de tránsito)

Durante los recorridos se recopila información de interés utilizando GPS. Los datos obtenidos corresponden al periodo comprendido entre noviembre 2018 a mayo 2019, lo que representa un total de 223 días, unas 32 semanas, aproximadamente.

Primeramente, se realiza la conglomeración de datos en una base de datos única, esto genera una base de datos con poco más de 8 millones de entradas. Primeramente, se purga la base de datos para incluir únicamente entradas que puedan ser ubicadas espacialmente. Esto da como resultado una base de datos con 1.2 millones de entradas. Estas entradas especialmente ubicadas corresponden a puntos de control los cuales son utilizados para definir los tramos de análisis. A manera de ejemplo, la figura 1 muestra los puntos de control que se ubican en una zona a lo largo del recorrido de la ruta del autobús

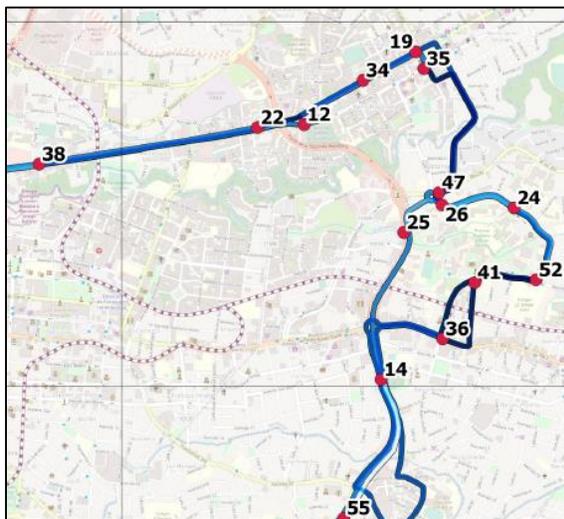


Figura 1. Detalle de ubicación de puntos de control utilizados para generar los tramos de análisis en parte del recorrido de la Ruta Periférica

Después de generar una limpieza de los datos, se generan bandas horarias de 15 minutos de duración, a manera de categorizar cronológicamente la información, con esto se analiza la variación diaria de los tiempos de viaje y se determina la hora pico para cada tramo. Se analizaron aquellos tramos con al menos 1000 entradas en cada banda horaria.

Con el fin de identificar los tramos críticos ante la gran variedad de indicadores utilizados, se genera un sistema de puntaje, a partir de las variabilidades promedio durante el día, que otorga de 1 a 10 puntos a las primeras 10 posiciones peor posicionadas para cada indicador, de manera que el peor situado obtiene 10 puntos y el situado en la décima posición recibe 1 punto. La escogencia de los indicadores utilizados se basó en indicadores disponibles en la literatura [6, 11, 12]. y corresponden a:

- a) Tiempo de viaje promedio (TVP)
- b) Desviación estándar de tiempo de viaje (SD)
- c) Ventana de tiempo de viaje (VTV)
- d) Semidesviación estándar de tiempo de viaje (SD)
- e) Variación porcentual del tiempo de viaje (VP)
- f) Índice de simetría de tiempo de viaje (IS)
- g) Asimetría en el tiempo de viaje (ASTV)
- h) Ancho del tiempo de viaje (ATV)
- i) Índice de reserva o índice buffer del tiempo de viaje (IB)
- j) Índice en el tiempo de planificación (PTI)

A continuación, se resumen estos indicadores.

Tiempo de viaje promedio

El tiempo de viaje promedio (TVP), es la suma de todos los tiempos de viaje (TV) que componen la muestra dividida entre el número de elementos, Ecuación 1.

$$TVP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n TV_i \text{ (min/km)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

N: Número de elementos de la muestra

TV_i: Tiempo de viaje (min/km)

Desviación estándar del tiempo de viaje (SD)

Es la variación del tiempo de viaje con respecto al tiempo de viaje promedio de la muestra a analizar. Indica la dispersión de un conjunto de datos con respecto a la media. Mientras mayor sea el valor de la desviación estándar, se tiene que existe una mayor dispersión de los datos con respecto a la media [11].

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (TV_i - TVP)^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde,

N: Número de elementos de la muestra

TV: Tiempo de viaje

TVP: Tiempo de viaje promedio

Ventana de tiempo de viaje

Pone en perspectiva el valor de la desviación estándar, al combinarlo con el valor de tiempo de viaje promedio, o cualquier otro parámetro, y obtener límites de confiabilidad [12].

$$VeTiVi = TVP \mp SD \tag{Ecuación 3}$$

Donde,

TVP: Tiempo de viaje promedio

SD: Desviación estándar del tiempo de viaje

Semidesviación estándar del tiempo de viaje (SSD)

Es la variación del tiempo de viaje con respecto al tiempo de viaje a flujo libre de la muestra a analizar. Indica la probabilidad de que el viaje dure más del valor de SSD en realizar el viaje en comparación con lo que tarda al realizar el recorrido al flujo libre [11].

$$SSD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (TV_i - TV_{fl})^2} \tag{Ecuación 4}$$

Donde,

N: Número de elementos de la muestra

TV: Tiempo de viaje

TV_{fl}: Tiempo de viaje a flujo libre

Variación porcentual del tiempo de viaje (VP)

Variación porcentual entre la desviación estándar del tiempo de viaje y el promedio en el tiempo de viaje [12].

$$VP = \frac{SD}{TVP} \cdot 100 \tag{Ecuación 5}$$

Donde,

SD: Desviación estándar del tiempo de viaje

TVP: Tiempo de viaje promedio

Índice de simetría del tiempo de viaje (IS)

Se utiliza para determinar la simetría de la distribución de los tiempos de viaje, entre mayor es el valor la distribución menos simétrica es, se encuentra inclinada, siendo menor la confiabilidad. Una distribución completamente simétrica es cuando su valor es uno [6].

$$IS = \frac{P_{90} - P_{50}}{P_{90} - P_{10}} \tag{Ecuación 6}$$

Donde,

P₉₀: Percentil 90 del tiempo de viaje

P₅₀: Percentil 50 del tiempo de viaje

P₁₀: Percentil 10 del tiempo de viaje

Asimetría del tiempo de viaje (ASTV)

El ancho relativo de la distribución del tiempo de viaje en relación con la mediana en un periodo de tiempo determinado. Los valores altos de asimetría del tiempo de viaje indican que el rango de tiempo de viaje es mayor, siendo por consiguiente menor la confiabilidad del tiempo de viaje [13].

$$ASTV = \frac{P_{90} - P_{50}}{P_{50} - P_{10}} \tag{Ecuación 7}$$

Donde,

P₉₀: Percentil 90 del tiempo de viaje

P₅₀: Percentil 50 del tiempo de viaje

P₁₀: Percentil 10 del tiempo de viaje

Ancho del tiempo de viaje (ATV)

Otra manera de establecer el ancho relativo de la distribución de tiempo de viaje en relación con la mediana en un cierto período. Al igual que la ASTV, entre más alto es el valor del ATV mayor va a ser el rango de tiempo de viaje, siendo menor la confiabilidad del tiempo de viaje [6].

$$ATV = \frac{P_{90} - P_{10}}{P_{50}} \tag{Ecuación 8}$$

Donde,

P₉₀: Percentil 90 del tiempo de viaje

P₅₀: Percentil 50 del tiempo de viaje

P₁₀: Percentil 10 del tiempo de viaje

Índice de reserva o índice buffer del tiempo de viaje (IB)

El índice de reserva indica el tiempo extra que un usuario debe agregarle a su tiempo de viaje promedio para llegar a la hora deseada el 95 % de las veces. Por ejemplo, cuando se tiene un IB de 30 % y un tiempo de viaje promedio de 50 minutos, para llegar el 95 % de las veces “a tiempo” el usuario debe salir 15 minutos antes [11].

$$IB = \frac{P_{95} - TVP}{TVP} \tag{Ecuación 9}$$

Donde,

P₉₅: Percentil 95 del tiempo de viaje

TVP: Tiempo de viaje promedio

Índice en el tiempo de planificación (PTI)

El índice en el tiempo de planificación, al igual que el índice de reserva, indica el tiempo extra que un usuario debe agregar a su tiempo de viaje promedio para llegar a la hora deseada el 95 % de las veces, pero en este, se toma en cuenta el retraso inesperado comparando el tiempo de viaje en las peores condiciones, con el tiempo de viaje con tráfico liviano o a flujo libre. Así que tiene resultados muy consistentes. Se puede calcular para el viaje total o segmentos de este. Por ejemplo, un PTI de 1,7 significa que, para un viaje de 50 minutos, se tiene un tiempo de planificación de 85 minutos teniendo un tiempo extra de 35 minutos.

$$PTI = \frac{P_{95}}{TV_{fl}} \tag{Ecuación 10}$$

Donde,

P₉₅: Percentil 95 del tiempo de viaje

TV_{fl}: Tiempo de viaje a flujo libre

El índice de reserva y el índice en el tiempo de planificación, en este caso, se calculan con el percentil 95 del tiempo de viaje, pero se puede usar cualquier otro percentil dependiendo del nivel de confianza deseado [6].

A partir de la información recolectada en campo, es posible determinar cuáles elementos físicos del recorrido están relacionados con los resultados obtenidos. Se identifican en

el sistema de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) los tramos con mayor puntaje y se genera un mapa con la información de las zonas críticas para la totalidad de recorridos servidos por la ruta en estudio. Se logran determinar entes específicos conflictivos en las rutas. Estos resultados son comparados con la información empírica obtenida en las visitas de campo.

3. Resultados y discusión

Para cada uno de los segmentos de ruta se genera un perfil diario de tiempo de viaje. Se utilizan diagramas del tipo Cajas y bigotes, de esta manera se logra observar la variación horaria del tiempo promedio de viaje y la respectiva dispersión para cada franja horaria. Se observan comportamientos variados para estos perfiles de tiempo de viaje, se logran identificar tres casos relativamente típicos.

El primer caso corresponde a aquellos que presentan horas pico claramente marcadas, tanto en tiempo de viaje promedio como en variabilidad del mismo, en los momentos del día esperados, como el que se muestra en la figura 2.

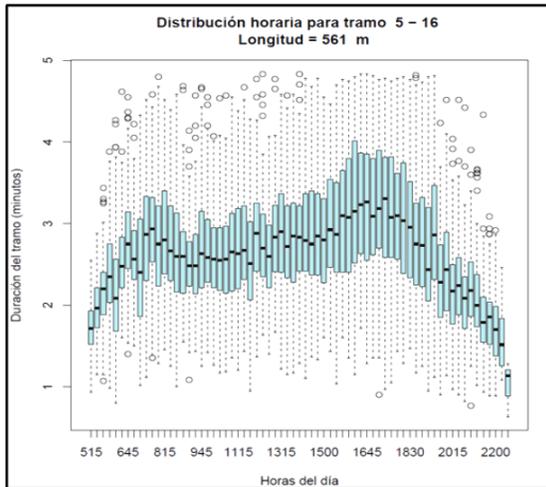


Figura 2. Diagrama de cajas y bigotes para la duración del recorrido por el tramo durante las diferentes horas del día, tramo 5-16

También existen casos en los que se observa un comportamiento hacia un solo pico, ya sea en la mañana o en la tarde, dejando el pico alterno en horas cercanas al mediodía. En la figura 3, se observa un aumento continuo del tiempo promedio de viaje durante el día hasta tener un pico cercano a las 13:00 y un segundo pico, más marcado, durante horas de la tarde. Se observa, además, que el aumento en el tiempo de viaje va acompañado de un aumento en la variabilidad del tiempo de viaje.

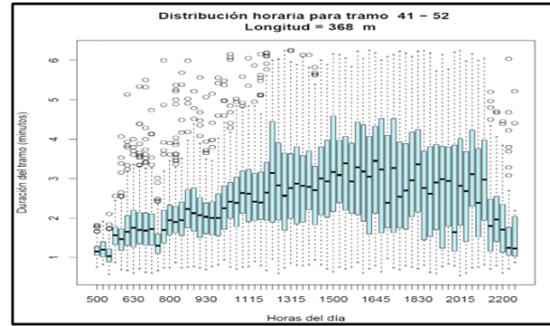


Figura 2. Diagrama de cajas y bigotes para la duración del recorrido por el tramo durante las diferentes horas del día, tramo 41-52

El tercer caso es en el tiempo de viaje promedio se mantiene relativamente similar durante todo el día, con un repunte hacia el mediodía, tal como se observa en la figura 4.

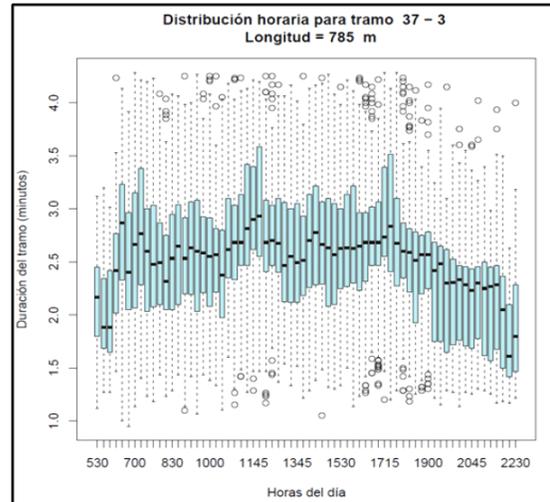


Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes para la duración del recorrido por el tramo durante las diferentes horas del día, tramo 37-3

La mayor parte del recorrido se encuentra en un rango de velocidad promedio entre 10 y 30 km/h, valores aceptables para el tipo de ruta que conforman. Sin embargo, se logran detectar algunos tramos con velocidades de operación bastante bajas a ciertas horas del día.

Para cada hora de operación del día, para cada tramo analizado se calculó, la desviación estándar de tiempos de viaje, la ventana de tiempos de viaje, la semi-desviación estándar de tiempos de viaje, la variación porcentual de tiempos de viaje, el índice de simetría de tiempos de viaje, la asimetría de tiempo de viaje, el ancho de tiempo de viaje y el índice Buffer de tiempos de viaje. A manera de ejemplo, en el Cuadro 1 se muestran las ventanas de tiempo de viaje para los tramos 13-28, 13-32 y 14-18, y en el cuadro 2 se muestran los indicadores operativos obtenidos para estos tramos.

Cuadro 1. Ventana de tiempo de viaje para tres tramos analizados

Hora/Tramo	13 - 28	13 - 32	14 - 18
500	72.3	72.5	90.5
600	247.6	133.3	210.2
700	291.3	161.2	250.5
800	264.5	180.0	247.3
900	175.7	133.2	180.1
1000	164.7	130.1	234.0
1100	180.9	124.3	237.9
1200	162.9	133.9	280.6
1300	165.3	119.3	279.4
1400	181.5	143.9	298.9
1500	261.3	181.8	365.0
1600	345.7	201.8	418.3
1700	344.7	211.1	451.9
1800	316.7	201.3	423.2
1900	168.0	122.7	367.3
2000	113.1	85.7	302.6
2100	116.0	106.1	273.9
2200	89.0	80.2	84.5

Cuadro 2. Resumen de indicadores operativos para tres tramos analizados

Indicador/Tramo	13 - 28	13 - 32	14 - 18
Distancia (m)	1274.0	644.0	1518.0
Tiempo Promedio (s)	354.3	184.8	407.1
Velocidad promedio(km/h)	12.9	12.5	13.4
Ventana Total (s)	205.57	141.89	277.38
Desviación Estándar (s)	102.78	70.95	138.69
Semi Desviación Estándar (s)	210.00	137.02	271.63
Variación Porcentual (%)	28.17	37.80	33.18
índice de simetría	0.57	0.59	0.61
Asimetría del tiempo de viaje	1.54	1.56	1.75
Ancho de tiempo de viaje	0.74	1.00	0.89
Índice Buffer	0.49	0.68	0.62
Índice de tiempo de planificación	3.12	4.62	4.18

Además, se encontró que para los indicadores del índice de planificación de tiempo de viaje se encuentra relacionado con la distancia del tramo, tal como se muestra en la figura 4. Similarmente, la semi-desviación estándar promedio se encuentra relacionada con el tiempo de viaje promedio en el tramo (ver figura 5).

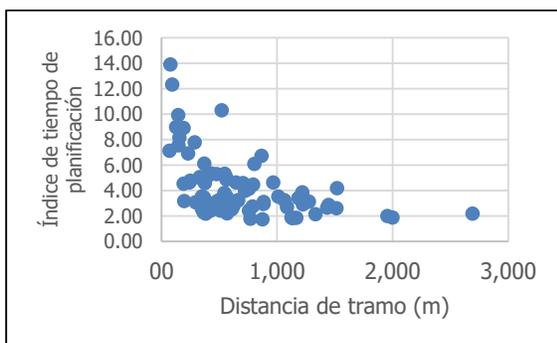


Figura 4. Índice de tiempo de planificación promedio en función de la distancia.

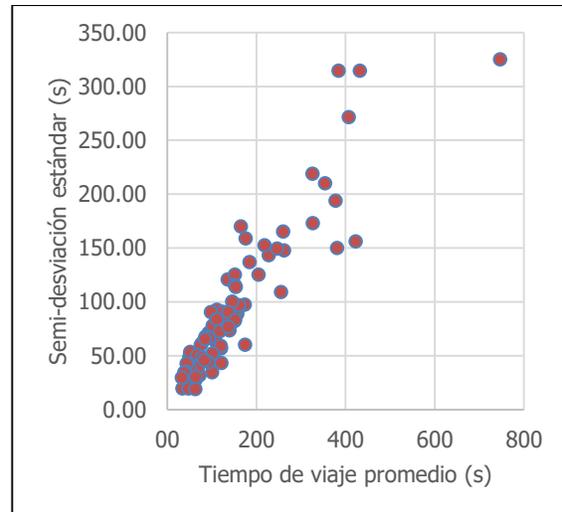


Figura 5. Semi-desviación estándar de las mediciones obtenidas en función del tiempo de viaje promedio (s).

Para cada uno de los indicadores, se asignaron las posiciones en las que quedaron cada uno de los 80 tramos. De manera posterior se asignaron puntajes a las diez peores posiciones, tal como se explicó anteriormente. A manera de ejemplo, el cuadro 3 muestra las posiciones para tres de los tramos respecto a 80 tramos analizados; con esta información, se calculan los puntajes para los tramos 55 -14, 39 - 15 y 9 -27 que obtuvieron 76, 71 y 37 puntos respectivamente, tal como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 3. Posiciones por indicador de tres tramos tres tramos analizados respecto a los 80 tramos analizados

Indicador/Tramo	55 - 14	39 - 15	9 - 27
Distancia (m)	64	66	3
Tiempo Promedio (s)	80	79	46
Velocidad promedio(km/h)	79	80	18
Ventana Total (s)	79	80	18
Desviación Estándar (s)	80	77	11
Semi Desviación Estándar (s)	80	79	78
Variación Porcentual (%)	20	31	71
índice de simetría	32	43	75
Asimetría del tiempo de viaje	80	79	78
Ancho de tiempo de viaje	78	78	80
Índice Buffer	80	79	75
Índice de tiempo de planificación	64	66	3

Cuadro 4. Puntajes obtenidos por indicador para tres tramos analizados

Indicador/Tramo	55 - 14	39 - 15	9 - 27
Distancia (m)	0	0	0
Tiempo Promedio (s)	10	9	0
Velocidad promedio(km/h)	9	10	0
Ventana Total (s)	9	10	0
Desviación Estándar (s)	10	7	0
Semi Desviación Estándar (s)	10	9	8
Variación Porcentual (%)	0	0	1
índice de simetría	0	0	5
Asimetría del tiempo de viaje	10	9	8
Ancho de tiempo de viaje	8	8	10
Índice Buffer	10	9	5
Índice de tiempo de planificación	0	0	0

Conclusiones

Cómo principal conclusión se logró aplicar indicadores operativos a partir de la información que generan los sistemas automáticos de localización de vehículos para la ruta estudiada y se lograron cuantificar aspectos operativos del servicio prestado. Estos resultados podrían promover la mejora del servicio si se atienden los tramos críticos del proyecto.

Para la ruta se determinaron tramos críticos, donde se presentaron altos índices de variabilidad en los tiempos de viaje como son el tramo que va de la Casa Presidencial hasta el centro de Zapote, las rotondas de Betania y de las Garantías Sociales, las cercanías de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, el Paseo Colón y la intersección de la Escuela República Dominicana. Los resultados coinciden con la experiencia del operador, confirmando los resultados obtenidos. El uso de sistemas de información geográfica permite la identificación espacial de los tramos más conflictivos y determinar si los mismos forman parte de un corredor en particular o si se encuentran conglomerados en un sector de la ciudad.

Se recomienda a los operadores del servicio y, especialmente al Consejo de Transporte Público, contar con especialistas en el área de transportes dentro de sus equipos de trabajo para poder dar un mayor y mejor uso de la información que diario generan estos sistemas automáticos.

La mejora del sistema de transporte público depende de la tecnificación y profesionalización tanto de los operadores como de la administración del servicio.

Se recomienda realizar un análisis funcional sobre los tramos críticos obtenidos. Una mejora en estos tramos representaría una disminución generalizada en la variabilidad de tiempos de viaje en la ruta, mejorando la calidad del servicio de la ruta analizada.

Se recomienda aplicar la metodología y algoritmos aquí aplicados a otras rutas, de manera que se puedan identificar tramos conflictivos en otras rutas, y mejorar el proceso de toma de decisiones por parte del Consejo de Transporte Público.

Por otra parte, se debe de investigar a fondo las variables que afectan la generación de los valores extremos registrados, estos bien pueden ser un resultado natural de los

sistemas de información utilizados (GPS, conexión a internet, calidad de servidores, etc.). Dicha conclusión requiere del análisis de especialistas en estas áreas.

El uso de estas grandes bases de datos recolectadas por los operadores puede representar la manera más eficiente de destinar recursos públicos a la mejora en un servicio público, mejorando la calidad de servicio de transporte público a la ciudadanía. Se recomienda instaurar por parte de la administración del servicio, planes piloto de análisis de datos de distintos operadores, y verificar si dichas mejoras en efecto se traducen a la mejora de la percepción del servicio por parte del usuario.

Finalmente, estos indicadores podrían ser de utilidad para evaluar la implementación de diferentes medidas de priorización de transporte público. Estas medidas deben responder a la implementación de una política integral de transporte que prioriza al transporte público sobre el transporte privado [14].

Referencias

- [1] Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. (2018). *Informe estado de la nación 2018*. San José: Servicios Graficos AC.
- [2] Contraloría General de la República. (2015). *Consulta Nacional sobre Servicios Públicos*.
- [3] INECO. (Septiembre de 2011). *Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035*.
- [4] National Center for Transit Research. (2016). *Transit Service Reliability: Analyzing Automatic Vehicle Location (AVL) Data for On-Time Performance and Identifying Conditions Leading to Service Degradation*. Miami.
- [5] El-Geneidy, A., Horing, J., & Krizek, K. (2011). Analyzing Transit Service Reliability Using Detailed Data from Automatic Vehicular Locator Systems. *Journal of Advanced Transportation*, 1(45), 66-79.
- [6] Chavarría, M. A. (2018). *Uso del sistema de posicionamiento global (GPS) para determinar indicadores de operación relacionados con los tiempos de viaje del sistema de transporte especial de la Universidad de Costa Rica*. Proyecto de Graduación, Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, San José.
- [7] Transit Cooperative Research Program. (2013). *Report 165. Transit Capacity and Quality of Service Manual*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- [8] Asensio, J., & Matas, A. (2008). Commuters' valuation of travel time variability. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(6), 1074-1085.
- [9] Feng, W. (2014). *Analyses of Bus Travel Reliability and Transit Signal Priority at the Stop-To-Stop Segment Level*. Portland State University, Civil and Environmental Engineering. Portland: PDXScholar.
- [10] Rojas Ocampo, L. (2018). *Tratamientos preferenciales para el transporte público en autobús y su aplicación en intersecciones de la Gran Área Metropolitana*. Universidad de Costa Rica, San José.
- [11] SHRP. (2013). *Guide to Incorporating Reliability Performance Measures into the Transportation Planning and Programming Processes*. National Academy of Sciences.
- [12] Lomax, T., Schrank, D., Tumer, S., & Margiotta, R. (2003). *Selecting Travel Reliability Measures*.
- [13] Durán, E. (2016). *Caracterización de la variabilidad del tiempo de viaje en la ciudad de Santiago*. Tesis para optar al grado de magister en ciencias de la ingeniería, mención transporte, Universidad de Chile, Ingeniería Civil, Santiago.
- [14] Chaves-Flores, G., & Hernández-Vega, H. N. (2015). Desempeño y calidad de servicio del sistema de autobuses externos de la Universidad de Costa Rica. *Revista Infraestructura Vial*, 17(30), 13-22.

Incidencia de la monotonía en las jornadas de trabajo de una empresa de tecnología

José Gustavo Cuervo A.¹ , Anthony Flagg² 
 Víctor López² , Iván M. Castellero³ 

¹Academia GBM, GBM Corporation. República de Panamá.

²Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá

³Facultad de Ciencias Sociales, Escuela de Psicología, Universidad Católica Santa María la Antigua

gcuervo@gbm.net, Anthony.flagg@utp.ac.pa

vlopez2010@gmail.com, ivancastillero102@gmail.com

DOI: 10.33412/pri.v16.1.3992



Resumen: *En este trabajo se presentó un ejemplo de cómo la monotonía afectó a las nuevas generaciones de profesionales y su impacto en la deserción de puestos de trabajo en las organizaciones. El objetivo principal de este estudio fue analizar la incidencia de la monotonía en las jornadas laborales de una empresa de tecnología y su relación con la percepción de esfuerzo de los empleados. Para la evaluación de estos efectos en una empresa de tecnología, se estableció la escala de esfuerzo de Borg para el análisis de un grupo de individuos en mismas condiciones de entorno y actividades, así como un análisis más profundo de las condiciones de cada participante a través de entrevistas posteriores a la obtención de resultados cuantitativos, aportando al análisis final del estudio. Los resultados del análisis mostraron que las personas que reportaron altos niveles de monotonía presentaban síntomas que se relacionaban con aquellos expuestos en el CIE-11 de la OMS. Este estudio demostró la importancia de crear entornos de trabajo estimulantes y variados para mantener a los nuevos profesionales comprometidos y motivados en sus trabajos. La relevancia de este coincidió con las clasificaciones de enero 2022 de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el CIE-11, donde se determinó incluir al burnout dentro de los problemas de salud conexos a los síntomas de distanciamiento mental o negativismo hacia el trabajo y/o sentimiento de agotamiento o depleción de energía. La monotonía, por su parte, se relacionó con el desarrollo de cualquiera de estos síntomas, resultando que su medición fuera de gran interés para prevenir problemas de salud mental en el trabajo, así como reducir las tasas de deserción laboral.*

Palabras clave: *Carga mental, deserción laboral, escala RPE, esfuerzo percibido, monotonía.*

Title: Incidence of monotony in the working days of a technology company.

Abstract: In this work, an example of how monotony affected new generations of professionals and its impact on job desertion in organizations was presented. The main objective of this study was to analyze the incidence of monotony in the working days of a technology company and its relationship with the perception of effort of employees. To evaluate these effects in a technology company, the Borg effort scale was established for the analysis of a group of individuals under the same environmental conditions and activities, as well as a more in-depth analysis of the conditions of each participant through interviews following the collection of quantitative results, contributing to the final analysis of the study. The results of the analysis showed that individuals who reported high levels of monotony exhibited symptoms related to those outlined in the WHO's ICD-11. This study demonstrated the importance of creating stimulating and varied work environments to keep new professionals engaged and motivated in their jobs. The relevance of this coincided with the January 2022 classifications of the World Health Organization (WHO) in the ICD-11, where it was determined to include burnout among the health problems related to mental distancing or negativism towards work and/or feelings of exhaustion or depletion of energy. Monotony, on the other hand, was related to the development of any of these symptoms, making its measurement of great interest to prevent mental health problems at work, as well as to reduce job desertion rates.

Keywords: Job desertion, mental load, monotony, perceived effort, RPE scale.

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 28 de enero de 2024.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

A nivel mundial existe interés en retener al personal estratégico dentro de las organizaciones, sin embargo, esto cada vez es más difícil dado que las empresas no logran satisfacer las expectativas y necesidades de los trabajadores para su permanencia [1].

Como resultado, existe un alza en la deserción laboral por profesionales en diferentes industrias [2]. Esto se traduce también como pérdida de inversión y gastos adicionales para la empresa cada vez que requieren realizar nuevas contrataciones para reemplazar al personal faltante [3].

Concretamente, acorde con [4], los gastos promedio de una empresa por cada contratación equivalen a \$324 dólares. A este se le agregan los costos y el tiempo invertido para la capacitación de el nuevo colaborador, así como la curva de aprendizaje que, según algunos estudios [5] [6] puede variar el tiempo para que el colaborador se adapte y se desempeñe correctamente y el costo en la formación necesaria según el puesto, pero en algunos casos puede costar hasta un 150% del salario anual del colaborador y 6 meses en promedio [4] [6].

Un factor que parece tener incidencia en la rotación laboral es la diferencia generacional. Para comprender las diferencias generacionales, este estudio se basa en la teoría de cohortes de [24], que postula que los individuos nacidos en un mismo período histórico comparten experiencias sociales y culturales significativas que moldean sus valores, creencias y comportamientos.

Aunque se sabe que el estudio entre generaciones no es completamente confiable debido a la poca certeza a la hora de definir dónde comienza y termina una generación [7], sabemos que sí hay un cierto patrón de comportamiento que puede ser representativo entre generaciones.

Actualmente, las nuevas generaciones en el mercado laboral se interesan más por factores como la diversidad, el trabajo en equipo, retroalimentación constante, crecimiento profesional rápido, entre otros [8]. Contrario a los criterios de las generaciones previas, que buscaban más estabilidad laboral y tienen tendencias más tradicionales [9]. Un factor importante es que estas nuevas generaciones son más dadas a abandonar un puesto donde no se cumplan sus expectativas.

Otra evidencia es el estudio de [4] sobre la deserción laboral en México, que para el 2013 este país tenía una media del 8.9% de deserción laboral voluntaria. En cuanto a la implicación de las nuevas generaciones, el estudio expone que para el 2010 la generación Y correspondía al 0.7% de la deserción laboral y para el 2013 el porcentaje aumentó a 21 %. Sería importante considerar también que la rotación laboral total en ese país pasó de 8.9% en 2013 a 17% en 2023 [10], por lo que aún es necesario definir planes de acción para mitigar este fenómeno.

El factor generacional es de gran interés en la investigación de recursos humanos, sin embargo, otros estudios como el de [11] señalan la presencia de otros factores relacionados a la deserción laboral, por ejemplo: insatisfacción hacia el rol, las tareas desempeñadas o el clima laboral; estrés laboral o *burnout* o la falta de comunicación y apoyo por parte de supervisores y gerentes [12] [13].

En este estudio se hace hincapié en la relación entre esfuerzo percibido del colaborador respecto a sus tareas y el nivel de monotonía de este, con la finalidad de determinar la presencia de esta a modo de prevención de los síntomas o fenómenos anteriormente asociados con la

insatisfacción y/o el estrés laboral que pueden resultar en la deserción laboral.

A su vez, [14] estableció la inclusión de problemas de salud conexos a los síntomas de aburrimiento, que puede ser causado por altos niveles de monotonía y bajos de esfuerzo. El aburrimiento, a su vez, genera sentimiento de agotamiento, que también está asociado con un estado afectivo negativo que merece ser prevenido o disminuido, al estar vinculado a problemas de bienestar psicológico y al desempeño inadecuado de los trabajadores [15]

En este estudio se hizo hincapié en la relación entre esfuerzo percibido del colaborador respecto a sus tareas y el nivel de monotonía de este, con la finalidad de determinar la presencia de esta a modo de prevención de los síntomas o fenómenos anteriormente asociados con la insatisfacción y/o estrés laboral que pueden resultar en la deserción laboral y/o en efectos negativos para la salud del colaborador, como fue expuesto anteriormente.

1.1 Objetivos del Estudio

El presente estudio tuvo como objetivo principal analizar la incidencia de la monotonía en las jornadas laborales de una empresa de tecnología y su relación con la percepción de esfuerzo de los empleados. Adicionalmente, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el nivel de monotonía percibida por los empleados de la empresa de tecnología, utilizando el Índice de Monotonía basado en la escala de Borg.
- Medir la percepción del esfuerzo (RPE) de los empleados en sus tareas diarias, utilizando la escala de Borg.
- Analizar la relación entre el índice de monotonía y la percepción del esfuerzo (RPE) en los empleados.
- Identificar si existen patrones de monotonía y esfuerzo percibido que puedan estar asociados con síntomas relacionados con el *burnout*, la insatisfacción laboral y la posible deserción laboral.

2. Materiales y Métodos/Metodología

Esta sección describe los procedimientos y técnicas utilizadas para llevar a cabo el estudio, permitiendo así que otros investigadores puedan replicar o entender a fondo el trabajo realizado. En esta parte del ensayo, se expusieron los métodos cuantitativos empleados, detallando las herramientas, instrumentos y procesos específicos que se han utilizado para recolectar y analizar los datos. También se describieron los criterios para la selección de la muestra, el diseño del estudio, y se justificaron las decisiones metodológicas tomadas.

2.1 Diseño y tipo de investigación

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se realiza una recolección y análisis sistemático de datos numéricos. El diseño del estudio es descriptivo, ya que hay un enfoque en describir las características de la muestra y las condiciones observadas de forma detallada. Esto implica un análisis exhaustivo de los datos recopilados para obtener una comprensión profunda de cómo la monotonía en el lugar de trabajo afecta a los empleados en términos de su rendimiento y satisfacción laboral.

2.2 Población y muestra

El estudio fue realizado con el aporte de 22 individuos que ingresaron a una empresa de tecnología en el área de desarrollo de aplicaciones durante 6 meses. Estos participantes entraron a la empresa en calidad de practicantes, pertenecían a último año de sus respectivas carreras, las cuales todas son afines a la tecnología (Ingeniería en sistemas, ciberseguridad, entre otras). Sus edades están en un rango entre 23 – 26 años.

2.3 Metodología de recolección de datos

Luego de una instrucción inicial para informar a los participantes sobre el objetivo del estudio, se procedió a la recolección diaria de información individual mediante un formulario electrónico implementado en *Google Forms*. Específicamente, se solicitaba a los participantes que evaluaran su percepción de esfuerzo tanto durante la jornada matutina como vespertina, utilizando una escala del 1 al 10.

El formulario fue diseñado para ser completado una única vez al finalizar cada jornada laboral, de lunes a viernes, durante un periodo de 5 semanas. Se hizo hincapié en que la valoración debía reflejar la sensación subjetiva global de esfuerzo, considerando la combinación de demandas físicas y mentales inherentes a las tareas realizadas.

Para la medición del esfuerzo percibido, se empleó la escala de Borg (ver tabla 1), que permite al participante asignar un valor numérico a su nivel de esfuerzo percibido. La elección de esta escala se fundamenta en su reconocida capacidad para capturar la intensidad subjetiva del esfuerzo, tal como lo describe Gunnar Borg en su trabajo fundacional. [21] argumenta que "las escalas no solo miden esfuerzo físico. La percepción integra todos los aspectos relevantes de la tarea, incluyendo demandas mentales y estrés emocional". Por lo tanto, se consideró apropiada para evaluar la monotonía laboral, que involucra componentes cognitivos y emocionales además del esfuerzo físico.

Tabla1. Escala de Borg

Escala de esfuerzo	Descripción
1	Reposo
2	Muy muy ligero
3	Muy ligero
4	Ligero
5	Esfuerzo moderado
6	Algo intenso
7	Muy intenso
8	Muy muy intenso
9	Máximo
10	Extremo

El individuo debe indicar diariamente el nivel de esfuerzo percibido durante su jornada matutina y vespertina a fin de registrar los valores correspondientes a su percepción de esfuerzo o cansancio.

Los valores 1 y 2 indican que las tareas del individuo corresponden a actividades de muy poca dificultad, lo cual representa una posibilidad alta de incidencia en la monotonía o aburrimiento. Las puntuaciones 3 y 4 representan la existencia de actividad, sin embargo, éstas probablemente pueden ser realizadas con poco esfuerzo.

Las escalas 5 y 6 reflejan la existencia de un balance entre actividades de poco o ningún esfuerzo y actividades muy desafiantes. Este nivel es considerado como el punto ideal dado que proporciona actividades desafiantes, pero al mismo tiempo un equilibrado esfuerzo para llevarlas a cabo. Por otro lado, las escalas 8 a 10 nos muestran la existencia de un esfuerzo intenso, que puede estar asociado con incremento de estrés y sentimiento de impotencia.

A través de las métricas obtenidas en ambas jornadas, se calculó el promedio diario de esfuerzo percibido a la muestra durante cinco semanas de estudio. Luego de obtener los valores diarios requeridos, se obtuvo el promedio de los puntajes de cada individuo.

Todas las entradas que hicieron los participantes diariamente fueron guardadas en un archivo de Microsoft Excel. Posteriormente, se exportó dicho archivo a un formato CSV, el cual se subió a un entorno de Google Colab, donde se hicieron todos los cálculos estadísticos.

Teniendo en cuenta los valores registrados a través de esta escala, se obtuvo el promedio de Esfuerzo Percibido (RPE) de cada individuo en el periodo del estudio, su Índice de Monotonía y la Carga Media.

En cuanto a la fórmula, se calculó la carga media del individuo. Para esto, primero se multiplicó su carga de RPE por la cantidad de horas en minutos de su jornada laboral, obteniendo la carga interna diaria. Luego, la

carga media se obtuvo promediando la carga interna durante el tiempo del estudio. Finalmente, el Índice de Monotonía se calculó dividiendo la carga media entre la desviación estándar de la carga interna. La fórmula y sustentación de esta se muestran a continuación.

$$\text{Monotonía} = \frac{\text{Promedio de la carga media (RPE)}}{\text{Desviación estándar de la carga interna}} \quad (1)$$

Esta fórmula, si bien adaptada al contexto laboral, siguió el principio de cuantificar la estabilidad o variabilidad del esfuerzo percibido. Un alto índice de monotonía, resultante de una carga media elevada y una baja desviación estándar, indicaría una experiencia laboral caracterizada por un esfuerzo constante y poco variable, lo que sugiere una mayor propensión a la monotonía y sus consecuencias negativas [21].

La desviación estándar de la carga interna actúa como un indicador de la diversidad de las demandas laborales percibidas; una baja desviación estándar señala una falta de variedad y, por lo tanto, una mayor monotonía.

Después de obtener los puntajes, se utilizó el puntaje Z en el índice de monotonía y en el RPE como método para normalizar los resultados. Posteriormente, se asignó una escala del 1 al 10 para ambos valores, de manera que sea más fácil comparar los valores resultantes de la monotonía y de la intensidad de esfuerzo percibido (RPE) por participante.

3. Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la encuesta de monotonía, donde se obtuvieron, como métricas relevantes el índice de monotonía y el RPE. Los valores presentados se encuentran normalizados con la técnica anteriormente mencionada en una escala del 1 al 10.

En cuanto al índice de monotonía, se pudo observar que los puntajes parecen ser relativamente bajos, a excepción de los individuos 14 y 22, que muestran niveles altos de monotonía, pero un nivel promedio de RPE.

Tabla 2. Resultados por participante

Descripción	Índice de Monotonía	Esfuerzo Percibido (RPE)
Individuo 1	4.5	7.0
Individuo 2	1.3	1.0
Individuo 3	4.2	5.1
Individuo 4	3.9	10.0
Individuo 5	2.8	3.4
Individuo 6	2.3	6.4
Individuo 7	3.4	5.3
Individuo 8	1.6	5.1
Individuo 9	1.3	2.2
Individuo 10	3.2	4.6
Individuo 11	2.8	5.1
Individuo 12	1.9	3.2
Individuo 13	2.3	5.6
Individuo 14	10.0	4.1
Individuo 15	1.0	2.4
Individuo 16	2.0	2.8
Individuo 17	1.7	4.4
Individuo 18	2.4	6.1
Individuo 19	1.4	2.0
Individuo 20	1.3	2.8
Individuo 21	2.1	5.0
Individuo 22	9.2	5.5

A su vez, el individuo 4, presenta un nivel alto de RPE, pero un nivel promedio de monotonía.

Al analizar en detalle los casos de los individuos 14 y 22, es posible que la combinación de alta monotonía y RPE promedio sugiera una situación en la que las tareas diarias son percibidas como repetitivas y poco estimulantes, lo que se traduce en una falta de motivación y compromiso laboral.

Esta situación, a largo plazo, podría desencadenar en sentimientos de aburrimiento, desinterés y, eventualmente, en la búsqueda de nuevas oportunidades laborales.

Según [22], los empleados que se sienten aburridos o desmotivados en su trabajo tienen cuatro veces más probabilidades de abandonarlo en comparación con aquellos que se sienten comprometidos y estimulados.

En estos casos, es fundamental que la empresa implemente estrategias para diversificar las tareas, promover la rotación de puestos y fomentar la participación de los empleados en proyectos desafiantes que estimulen su creatividad y desarrollo profesional.

Según un informe de [23] "Las organizaciones que priorizan el aprendizaje y el desarrollo, ofrecen oportunidades de crecimiento y fomentan una cultura de innovación tienen más éxito en la retención de talento".

Por otro lado, el caso del individuo 4, que presenta un alto nivel de RPE y un nivel promedio de monotonía, podría indicar una carga laboral excesiva y una falta de equilibrio entre las demandas del trabajo y los recursos disponibles.

En esta situación, es crucial que la empresa evalúe la distribución de tareas, proporcione los recursos necesarios para llevar a cabo el trabajo de manera eficiente y promueva un ambiente laboral que fomente el descanso y la recuperación. Además, es importante que los supervisores estén atentos a los signos de agotamiento y estrés laboral, y que ofrezcan apoyo y orientación a los empleados que lo necesiten.

3.1 Análisis de los resultados

1.- Individuos con un índice de monotonía y RPE adecuado. Estos corresponden a 19 participantes (83.6%), los cuales presentan un comportamiento balanceado. Es decir, que al evaluar ambas métricas (RPE/monotonía) se observa que sus esfuerzos al realizar las tareas asignadas no generan un excesivo nivel de monotonía, lo cual representa un sentimiento de conformidad en la relación de tareas asignadas y su esfuerzo.

2.- Individuos con índice de monotonía alto. Estos corresponden a los individuos 14 y 22. Sus puntuaciones elevadas del índice de monotonía con respecto a su RPE, pueden indicar que las actividades asignadas no representan un desafío o esfuerzo individual y más bien generan un alto nivel de monotonía. Posterior a la entrevista, se descubrió que los participantes eran estudiantes de una carrera que, aunque forma parte de TI, es fundamentalmente distinta a las tareas que desempeñan en la empresa.

3.- Individuos con alto nivel de RPE. El individuo que referenciamos a este escenario es el 4, que dentro del gráfico podemos notar que su RPE es mucho más alto que su índice de monotonía. Contrastando este valor con los resultados de la entrevista, se descubre que el participante solía marcar el máximo puntaje posible el día de la semana que tenía que dirigirse a la universidad posterior a su horario de práctica.

Para todos los escenarios antes mencionados debemos recalcar que la falta de intervención oportuna a estos individuos puede resultar en el abandono de su puesto de trabajo con miras a buscar mejores condiciones laborales en otras organizaciones o empresas.

3.2 Resultados de entrevistas

Con el propósito de profundizar en los datos cuantitativos obtenidos, se llevó a cabo una entrevista con los participantes. Este enfoque buscó crear un entorno propicio para establecer una conversación fluida y abierta sobre la experiencia de los participantes en su posición actual y su desempeño en relación con el estudio.

Durante estas entrevistas, se abordaron temas cruciales como el entorno laboral, la accesibilidad a su

mentor, así como la disponibilidad y adecuación de los recursos de oficina.

En general, se observó que las expectativas de los participantes respecto al entorno de trabajo y los recursos disponibles fueron superadas, lo que influyó positivamente en su percepción de satisfacción laboral.

Los participantes con puntuaciones balanceadas mencionaron que alternaron días con asignaciones complejas y difíciles con días menos exigentes, lo que sugirió un equilibrio en la carga de trabajo percibida. Además, destacaron la importancia de una buena comunicación y entendimiento con su mentor y equipo de trabajo para aminorar las dificultades y aumentar la productividad.

Sin embargo, un hallazgo crítico emergió al analizar las respuestas de los participantes 14 y 22, quienes presentaron un nivel alto de monotonía. Estos individuos expresaron un nivel de frustración debido a que su formación, si bien guardaba relación con la tecnología, se centraba en la seguridad informática y no en el desarrollo de aplicaciones, que era el exigido en ese puesto.

Este componente permitió inferir que, a pesar de que la organización cumplió con sus expectativas respecto al entorno laboral, la asignación de un puesto coherente con sus habilidades marcó una diferencia considerable en los niveles de esfuerzo percibido que registraron durante el estudio.

Este último hallazgo reveló una inconsistencia durante el proceso de reclutamiento y selección de personal, dado que los requisitos solicitados para su contratación supusieron conocimientos en el desarrollo de aplicaciones.

Si bien el interés de adquirir experiencia, nuevas oportunidades y/o un mejor estatus salarial pudo ser un motivante inicial para acceder a oportunidades no necesariamente alineadas con su formación y aspiración profesional, la falta de alineación entre sus capacidades y las tareas que realizaron generó un sentimiento de frustración y desmotivación que pudo afectar su desempeño y compromiso a largo plazo con la organización.

Este hallazgo resaltó la necesidad de una alineación más efectiva entre la formación académica de los empleados y las exigencias de sus roles, lo que podría contribuir a mejorar la retención de talento en las empresas.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio están en consonancia con investigaciones como la de [7], que resaltan la incidencia de factores como el aburrimiento o la monotonía con insatisfacción laboral, problemas psicológicos asociados y deserción laboral.

Aunque en este estudio no se consideraron problemas psicológicos o deserción laboral, la asociación de las entrevistas con los puntajes de la escala de Borg

confirmaron la presencia de insatisfacción laboral con el rol o las tareas.

Asimismo, como lo expuso [16], es posible que los colaboradores que perciban que su preparación es superior a aquella que el puesto requiere tengan sentimientos de insatisfacción, lo que puede resultar en pérdida de lealtad a la empresa, deserción laboral, negligencia en sus responsabilidades, entre otros.

Este caso no pareció darse particularmente, sin embargo, una preparación distinta al rol desempeñado sí condujo a la desmotivación y negligencia por parte del practicante hacia sus tareas en la empresa.

Lo anterior también nos permitió valorar la obtención de datos cuantitativos de los individuos durante las diferentes etapas de su vida laboral, con el objetivo de detectar aquellos factores específicos que llevan a la monotonía en el puesto de trabajo y poder tomar medidas preventivas.

No obstante, es necesario considerar estrategias efectivas que permitan asegurar su recolección durante las jornadas de trabajo a fin de expandir el número de registros y consistencia de estos.

El uso de una escala para la identificación de la monotonía se ha demostrado como una herramienta valiosa para las organizaciones, ya que permite anticiparse a la intención de un trabajador de abandonar su puesto antes de que esta decisión se materialice.

Este mecanismo de registro cuantitativo facilitó la detección de índices de monotonía, proporcionando a los empleadores datos relevantes sobre el estado emocional y el compromiso de sus colaboradores.

Al identificar rápidamente a aquellos individuos que experimentan síntomas de desmotivación o agotamiento, las organizaciones pudieron intervenir de manera oportuna, implementando estrategias que fomentaron un ambiente de trabajo más estimulante y motivador.

La relevancia de este estudio radicó en su aplicabilidad más allá del contexto actual, sugiriendo que este enfoque pudo ser implementado en diversas industrias y actividades que, debido a su especialización, permitan identificar patrones de comportamiento que preceden al abandono laboral.

De esta manera, se logrará no solo mejorar el bienestar de los empleados, sino también reducir significativamente los costos asociados con la rotación de personal, que incluye la pérdida de inversión en la capacitación, el tiempo dedicado a la búsqueda de nuevos candidatos y el impacto en la productividad general del equipo.

En conclusión, integrar una metodología como la presentada en este estudio no solo fortaleció el capital humano de las organizaciones, sino que también se tradujo en un beneficio tangible para la estabilidad y el crecimiento empresarial a largo plazo.

Referencias

- [1] Corzo, F., Mendoza, J., et al. (2018). Causas de la rotación laboral en las empresas del sector asegurador de Cusco. Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado.
- [2] Lara-Quintero, S. M., Africano, G. N., Andrea, M., & Pelaez, G. (2019). Factores asociados a la rotación de los empleados en organizaciones: un análisis de la literatura.
- [3] Gómez-Mejía, L. R., Balkin, D. B., & Cardy, R. L. (2001). Dirección y gestión de recursos humanos (3rd ed.). Pearson Educación, S.A., Madrid.
- [4] Universidad de las Américas Puebla. (2016). La deserción laboral y sus repercusiones. *Contexto*. Recuperado de: https://contexto.udlap.mx/wp-content/uploads/2016/09/EX_GT_260115.pdf
- [5] Santander Open Academy. (2022). Curva del aprendizaje. Recuperado de: <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/curva-del-aprendizaje.html>
- [6] Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación. (2019). La curva de aprendizaje y su contribución al desempeño del talento humano en las organizaciones: una revisión teórica. Recuperado de: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/10010/9712#info
- [7] Jones, J., Murray, S., & Tapp, S. (2018). Generational differences in the workplace. *Journal of Business Diversity*.
- [8] Quincho, A., & Lora, S. (2019). Retención laboral en la retención de millennials. Universidad ESAN.
- [9] Martínez, M. A. (2016). Desmotivación laboral: un problema para la empresa y el trabajador, ¿cómo superarla?
- [10] Shift WFM. (s.f). El reto de la rotación laboral en México: Cómo reducirlo. *LinkedIn*. Recuperado de: <https://www.linkedin.com/pulse/el-reto-de-la-rotaci%C3%B3n-laboral-en-m%C3%A9xico-c%C3%B3mo-reducirlo-shift-wfm-5oqdf/?originalSubdomain=es>
- [11] Zainee, I. A., & Puteh, F. (2020). Corporate social responsibility impact on talent retention among Generation Y. *Revista de Gestao*, 27(4), 369–392. <https://doi.org/10.1108/REGEO6-2019-0070>
- [12] Del Amo, C. (2017, June 15). Gestión de empleados: cómo liberarlos del aburrimiento y la monotonía.
- [13] Revenge, C. (2018). La monotonía en el trabajo.
- [14] Organización Mundial de la Salud. (2022). Clasificación internacional de enfermedades, 11ª revisión (CIE-11). Retrieved from <https://icd.who.int/browse11/l-m/en#http://id.who.int/ice/entity/129180281>
- [15] Rodríguez, J., González, T., et al. (2020). Investing time and resources for work–life balance: The effect on talent retention. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- [16] Escala. (2021). Escala de Borg: Qué es y cómo aplicarla.
- [17] Ibacache, J., Sección, A., Departamento, E., & Ocupacional, S. (s.f). Percepción de esfuerzo físico mediante uso de escala de Borg. Consideraciones acerca de la utilización del método en ambientes laborales.
- [18] Pale, P. (2020). ¿Qué es la escala de Borg? Un complemento en la medición del esfuerzo.
- [19] Vázquez, J. P. (2022). Escala de Borg: entrenamiento por percepción subjetiva del esfuerzo.
- [20] Coba, A. (2018). Análisis y modelización de la satisfacción laboral y otros aspectos determinantes del abandono laboral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (ICADE).
- [21] Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics.
- [22] Deloitte. (2023). 2023 Deloitte Global Human Capital Trends. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/human-capital-trends.html>
- [23] SHRM. (2022). Creating a Culture of Learning and Development. <https://www.shrm.org/topics-tools/reports/creating-culture-learning-development>
- [24] Mannheim, K. (1952). *Essays on the Sociology of Knowledge*. Routledge.

Vulnerabilidad actual y futura de la seguridad hídrica, de la cuenca del río Changuinola, Panamá.

Jeffrey Ramos¹ 

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Bocas del Toro. República de Panamá.
Jeffrey.ramos@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v16.1.3909



Resumen: *La comunidad científica en la actualidad coincide en que las personas sentirán el efecto del cambio climático a través del recurso hídrico, especialmente, en la variabilidad de los caudales. La presente investigación se desarrolló con el propósito de generar información científica relevante en torno al comportamiento en el futuro cercano (2014-2030) y lejano (2046-2065) de los elementos del clima entre estos, la precipitación, temperatura, su influencia en la escorrentía, erosión y de la misma forma establecer la vulnerabilidad de los capitales biológicos, físicos y socioeconómicos integrada en la teoría adaptada para el análisis de la seguridad hídrica ante la variación futura de estos elementos (la precipitación, temperatura) haciendo énfasis primordialmente, en el efecto que en el futuro tendrá el cambio climático en la producción de agua en la cuenca del río Changuinola y de esta forma, contribuir al fortalecimiento del conocimiento científico para la toma de decisiones por parte de los gobernantes locales.*

Palabras claves: Cuenas Hidrográficas, Cambio Climático, Seguridad Hídrica, Recursos Naturales.

Title: Current and future vulnerability to water security, adverse effects to climate change and climate variability existing in the Changuinola River basin.

Abstract: The scientific community currently agrees that people will feel the effect of climate change through water resources, especially in the variability of flows. This research was developed with the purpose of generating relevant scientific information about the behavior in the near future (2014-2030) and distant future (2046-2065) of the climate elements, including precipitation, temperature, their influence on the runoff, erosion and in the same way establish the vulnerability of biological, physical and socioeconomic capitals integrated into the theory adapted for the analysis of water security in the face of future variation of these elements (precipitation, temperature) emphasizing primarily the effect that climate change will have in the future on water production in the Changuinola River basin and in this way,

contribute to the strengthening of scientific knowledge for decision-making by local governments.

Key words: Hydrographic Basins, Climate Change, Water Security, Natural Resources.

Tipo de artículo: investigación.

Fecha de recepción: 20 de noviembre de 2023.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

La convención Marco de las Naciones unidas sobre el cambio climático, afirma que el cambio climático es un problema mundial, y constituye una amenaza con posibles efectos irreversibles para el ser humano [1]. Aseveran que se necesita de la participación de todos los países a fin de reducir los riesgos y efectos del cambio climático, las cuales deberán comprometerse en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mantener el aumento medio de la temperatura inferior a los 2°C teniendo como referencia los niveles preindustriales.

Los planteamientos permiten inferir que el cambio climático es una consecuencia directa de las actividades antrópicas, las cuales alteran la composición de la atmósfera haciendo variar los elementos que lo componen.

Según [2] Investigaciones realizadas por el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC) reflejan el impacto que produce el cambio climático sobre los subsistemas (biológico, físicos y socioeconómico) existentes en las cuencas hidrográficas, sobre todo en el componente agua.

Los modelos globales de cambio climático coinciden en su gran mayoría que el calentamiento global podría variar entre 1°C y 4°C impactando los recursos hídricos tanto en la disponibilidad como en la calidad [3].

Las proyecciones al año 2050 para Panamá reflejan un aumento generalizado de las temperaturas entre 0.5°C y 2°C [4] con un aumento de la variabilidad de los patrones de lluvia que de seguro, impactara en la seguridad hídrica entendida como, la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política [5].

La República de Panamá cuenta con una reserva hídrica importante, gracias a la abundante precipitación anual que se estima en un promedio de 2,924 litros de lluvia por metro cuadrado; con más 500 ríos que dividen nuestro territorio naturalmente en 52 cuencas hidrográficas garantizando un aproximado de 119 mil millones de metros cúbicos, resultando 29,000 metros cúbicos de agua dulce per cápita disponible [6].

Sin embargo, en los últimos años, este escenario de abundancia ha sido puesto en duda, debido al aumento de los conflictos por el uso del agua. El crecimiento poblacional, el rápido desarrollo económico, la urbanización y sobre todo los efectos adversos del cambio climático global [7].

Esta realidad obliga al gobierno a implementar medidas afines de garantizar la sostenibilidad del vital líquido. Mediante Resolución de Gabinete No. 84, de 11 de agosto 2015 [8], se declaró estado de emergencia y se creó el Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica, que se constituye en la hoja de ruta solidaria que como país debemos seguir para que el agua mejore nuestra calidad de vida; Uno de sus componentes lo constituye el desarrollo de investigaciones en torno al cambio climático y su influencia en la seguridad hídrica enmarcado dentro de las metas orientadas a mantener las cuencas hidrográficas saludables [9].

Las principales actividades económicas del distrito de Changuinola corresponden a la producción bananera y la generación eléctrica, ambas dependientes del recurso agua, sin embargo, los escenarios climáticos estimados para el 2030 por el IPCC señalan el aumento de la temperatura y disminución de la precipitación para la parte norte del Caribe centro americano aspecto que incluye a la provincia bocatoreña. De darse esta situación, podría afectar el normal desarrollo de dichas actividades, impactando en la calidad de vida de los que viven en esta provincia.

En definitiva, la provisión confiable de agua en cantidad y calidad que no afecte a la salud ni los bienes y servicios de la población presenta grandes incertidumbres ante el cambio climático en la cuenca en estudio, razón que nos motiva a realizar el presente artículo.

2. Materiales y métodos

La cuenca del río Changuinola posee una superficie de 298,200 hectáreas divididas en tres zonas. La cuenca baja con una superficie de 117987.36 ha (39.5%), la parte media cuenta con 107533.38 ha (36.06%) y la parte alta 62600.04 ha (20.99%).

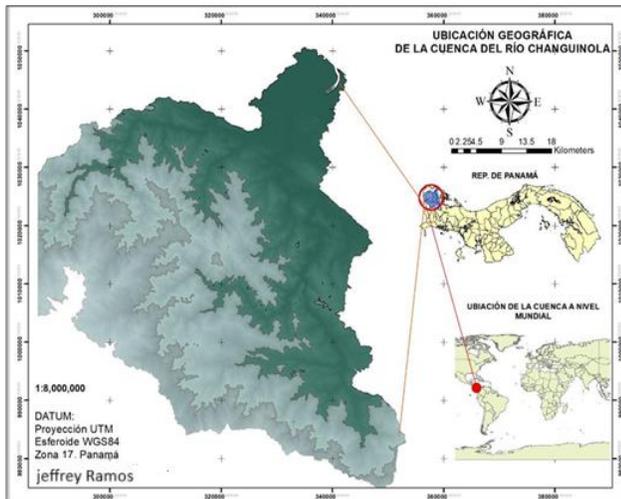


Figura1: Posición Geográfica de la Cuenca del río Changuinola Elaboración a través del sistema de información geográfica, con imagen satelital Lansat TM. Validado con planos de El instituto cartográfico nacional Tomy Guardia.

En la cuenca del río Changuinola, se destacan las pendientes entre (26 y 50%) representan un 37.8% de la superficie total, seguido de desniveles entre (50 – 75%) constituyen un 23.9%, mientras que las de menor declive (2 – 15%) lo forman el 16.9%.

Se evaluó el nivel de vulnerabilidad en cuatro corregimientos: **Changuinola, Empalme, Gloria, Valle Risco**. Ver en la figura 2.

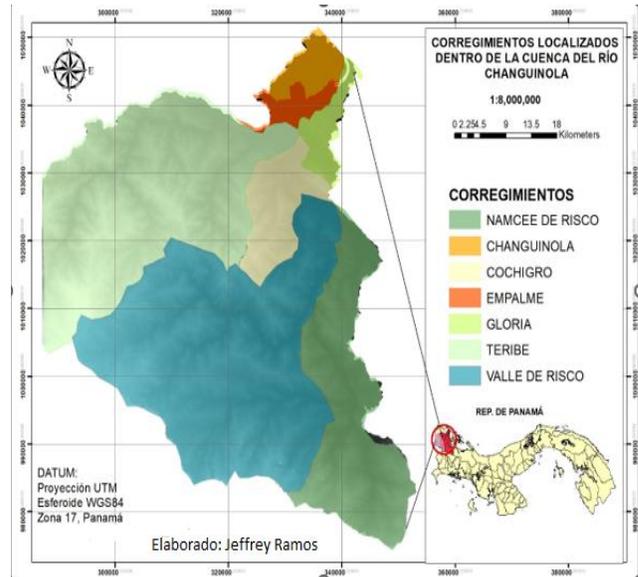


Figura 2: Corregimientos ubicados dentro de la cuenca del río Changuinola.

2.1 Métodos de Evaluación

La vulnerabilidad fue determinada valorando las siguientes variables: **Exposición** determinada por los elementos expuestos a fenómenos relacionados con el cambio climático. En el caso de la cuenca del río Changuinola, se estudiarán específicamente la exposición a inundaciones y deslizamientos de tierra.

Instrumentos documentales: Mapas geológicos, geomorfológicos, edáficos, uso del suelo, cobertura boscosa, humedad del suelo (confeccionado en formato Shp en la fase de caracterización), base de datos de precipitación, imágenes satelitales, fotografías aéreas.

Instrumento tecnológico: Software ArcGIS 10.3.

Riesgo por inundación: Esta variable se obtuvo a través de la digitalización de zonas inundables en el área de estudio.

Sensibilidad y Capacidad de adaptación: Los índices de sensibilidad se obtuvieron mediante indicadores que se seleccionaron a través del método DELPHI [10], y en base a la consulta de expertos. La escala de calificación que se utilizará será de tipo Likert de 1 a 3. Los indicadores se agregarán por tipo de capitales siguiendo los conceptos del Department for International Development (DFID). Posteriormente, se aplicó una encuesta a la población adulta a fin de analizar el grado de sensibilidad ante el cambio climático.

Tabla 1: Indicadores de capacidad de adaptación.

Valor	Capacidad de Adaptación	Descripción
1	Baja:	Situación desfavorable, se necesita mejorar.
2	Moderada:	Aceptable, se requiere de ajustes mínimos.
3	Alta:	situación/condición favorable.

Considerando [11] los tres atributos que componen la vulnerabilidad, se aplicó una función lineal, donde los valores obtenidos de exposición y sensibilidad se adicionan y luego se resta la capacidad de adaptación, obteniendo como resultado el valor final de vulnerabilidad. Se resume en la fórmula siguiente:

$$V=E+S-CA.$$

Esta investigación es de tipo descriptivo y enfoque cuantitativo. Sampieri H, 2014 [12] señala que el estudio descriptivo busca detallar las propiedades y las peculiaridades de personas, o cualquier otro fenómeno que se someta un análisis y el enfoque cuantitativo es aquella en la que se recogen y analizan datos sobre variables.

3.Resultados y discusión

El corregimiento de El Empalme Changuinola presenta un bajo índice de vulnerabilidad, cuenta con un excelente capital natural debido a la cobertura boscosa existente en el área, (bosque húmedo tropical con 8.517 %) aunque, se requiere de un plan de manejo para la protección de la red hídrica existente

En cuanto al capital físico, según las encuestas, la mayoría de los servicios públicos son eficientes, exceptuando el sistema de saneamiento, observando la presencia de aguas servidas en la mayoría de las avenidas del corregimiento, el manejo de los desechos sólidos por parte de las autoridades es deficiente aspecto que podría en un futuro cercano aumentar la posibilidad de la proliferación de diversas enfermedades a los habitantes.

A través de visita a campo, la sensibilidad de la seguridad hídrica en el corregimiento Changuinola, desde el punto de vista del capital financiero, es más latente en donde, predomina el monocultivo, específicamente la producción de banano la cual, es altamente dependiente de los recursos naturales, específicamente la calidad del suelo y la precipitación, estas, podrían sufrir alteraciones negativas debido al cambio climático, lo que causaría graves problemas a las actividades socioeconómicas no solo al corregimiento en estudio, si no, en toda la provincia bocatoreña.

El capital humano, en el corregimiento los habitantes tienen oportunidad para estudiar hasta el nivel secundario (media) y universitario, a pesar de que la tasa de analfabetismo en la provincia según informe de estadística y censo es el 12% todos los encuestados señalaron tener un nivel educativo entre Premedia y media lo que permite inferir que el porcentaje de analfabetismo sea bajo [13].

En relación con el capital social, se observa una alta sensibilidad considerando, la poca organización de sus habitantes, de las 90 personas encuestadas de un muestreo aleatorio, 75 (83.3%) señalan que la población no está organizada, sin embargo, el 90% señalan la existencia de las instituciones estatales en el corregimiento las cuales, deberían ser aprovechados por la población una vez logrado el nivel organizativo para promover mayores oportunidades para el desarrollo local.

Por otro lado, el capital natural es catalogada con baja sensibilidad, ya que la mayoría de las fuentes hídricas poseen buena cantidad de bosques ribereños, aunque en los últimos años se observa pequeños parches dedicados a la ganadería y agricultura de subsistencia, la cantidad y calidad del agua es considerada buena para abastecer a la población existente en el corregimiento.

Con respecto al corregimiento de la Gloria, al igual que El Empalme, ambas presentan una alta exposición a las inundaciones (3.0) baja la capacidad de adaptación en los capitales naturales, financieros, humanos y sociales.

El cambio climático será más significativo para los corregimientos cuya economía depende de las actividades agropecuarias y de los recursos naturales, este es el caso de la

Gloria, en donde los resultados señalan un alto índice de vulnerabilidad, destacándose, una alta sensibilidad en los recursos naturales, productos de la deforestación observada en los bosques ribereños para la actividad agropecuaria de subsistencia, la inexistencia de agua potable, la posibilidad de contaminar el agua de consumo humano por la instalación de letrinas próxima a las fuentes hídricas.

Según los datos obtenidos, se puede inferir de manera general que el capital que mejor se adapta a los combates posibles del cambio climático es el físico, caracterizado por una sensibilidad de 1.8 y una capacidad de adaptación de 2.2 ponderados de excelente a bueno, mientras que el capital con menos capacidad de adaptación sería el financiero con sensibilidad de 2.3 considerados como regular y capacidad de adaptación de 1 considerado como muy mala.

Por otra parte, el corregimiento de Valle Risco presenta una vulnerabilidad entre baja y media (1.8) lo que implica que presenta buenas alternativas para poder enfrentar las secuelas que pudiera traer el cambio climático.

Con base a los diferentes capitales establecidos por la organización mundial de la alimentación empleados en la encuesta aplicadas a los habitantes que participaron de la muestra, el capital físico demuestra mejores condiciones, presentando promedios de 1.2 en sensibilidad considerado como baja y 2.8 interpretados como alta capacidad de adaptación, comparativamente con el capital financiero que presenta una regular sensibilidad de 2.2 y mala capacidad de adaptación 1.5. Es necesario destacar la baja capacidad de adaptación en los capitales financieros 1.5 humanos 1.7 y social 1.2; por lo contrario, la sensibilidad presenta mejores probabilidades de enfrentar el cambio climático entre estos, los capitales físicos 1.2, sociales 1.6, naturales y humanos 1.8 las cuales, clasifican entre excelente y bueno. Ver tabla 2.

Tabla 2: Vulnerabilidad actual de la seguridad hídrica por corregimiento. Fuente propia.

Corregimiento	Exposición	Valor	Capital	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Índice de vulnerabilidad
Changuinola	Inundaciones	2.5	Natural	1.8	2.3	1.7
	Deslizamientos	1.5	Físico	1.2	2.8	
			Financiero	2.2	1.5	
			Humano	1.8	1.7	
			Social	1.6	1.6	
GLOBAL	2		1.7	2		
Empalme	Inundaciones	3	Natural	1.6	2.5	1.8
	Deslizamientos	1.3	Físico	1.3	2.8	
			Financiero	2	2.2	
			Humano	1.6	1.4	
	GLOBAL	2.2		1.7	2.1	
La Gloria	Inundaciones	3	Natural	2.4	1.4	3
	Deslizamientos	2	Físico	1.8	2.2	
			Financiero	2.3	1	
			Humano	1.6	1	
	Social	2	1.1			
GLOBAL	2.5		2	1.5		
Valle Riscó	Inundaciones	2.5	Natural	1.8	2.3	1.8
	Deslizamientos	1.5	físico	1.2	2.8	
			financiero	2.2	1.5	
			humano	1.8	1.7	
			social	1.6	1.6	
GLOBAL	2		1.72	1.98		

La sensibilidad es la susceptibilidad al daño de los bienes y medios de vida expuestos a los riesgos provocados por el cambio climático [14].

La capacidad adaptativa se refiere a la habilidad de la población para adaptarse a las condiciones cambiantes generadas por el cambio climático [15]. El contexto del cambio climático, el IPCC 2014 [16], define el concepto de adaptación como “el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos.

Por su parte, la vulnerabilidad futura se centra en los impactos negativos que se prevé para la cuenca, producto del cambio climático, específicamente, en la cantidad y calidad del agua, afectando la seguridad hídrica, la misma, fue analizada observando las gráficas de los valores promedios en milímetros de agua mensuales producto del cálculo del modelo hidrológico realizado con el programa Qswat.

Sobre la base de lo planteado, se observa en la gráfica de precipitación que ambos escenarios de cambio climático detectan el periodo de sequía llamado veranillo de San Juan [17], de igual forma, ambos escenarios de cambio climático indican un inicio abrupto de la temporada lluviosa que finaliza en diciembre poco antes que la línea base. Por otra parte, los dos escenarios reflejan posibles disminuciones significativas de la producción, sobre todo durante los meses de mayo hasta diciembre, es decir, la temporada lluviosa, mientras que el escenario A2 provee un aumento de la precipitación durante la estación seca.

Estas variaciones de la precipitación impactarán en el futuro cercano en la producción de agua en la cuenca del río Changuinola. Tal como se muestra en la figura 3 los dos

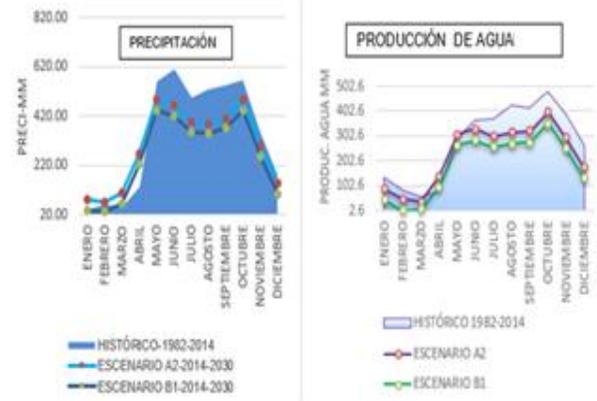


Figura 3: Comparación entre la precipitación y la producción de agua-periodo histórico y futuro cercano. Escenario A2 Y B1.

escenarios de cambio climático reflejan disminución de la producción de agua en todos los meses del año.

En referencia al impacto del cambio climático en la escorrentía, los dos escenarios indican incremento durante el mes de abril; el escenario A2 señala posible aumento de (8%) con respecto al periodo base para el mes de mayo. Los dos escenarios igualmente señalan disminuciones importantes en los meses de junio, escenario A2 (7.7%), B1 (16%), para el mes de julio (A2 23.2%, B1 34%), agosto (A2 32.5%, B1 41%); septiembre (A2 22.3 %, B1 32%); octubre (A2 10.3%), B1 18%), noviembre (A2 26%, B1 36%); diciembre (A2 48.3, B1 71%); se podría esperar disminuciones importantes de escorrentía para la temporada seca, enero (A2 60, B1 55%), febrero (A2 59%, B1 64%), marzo (A2 14.7%, B1 97%).

En términos generales, el impacto del cambio climático en la escorrentía superficial según los escenarios A2 y B1 determinan, posibles disminuciones para 11 de los 12 meses del año. Si se considera con el flujo lateral y el flujo de retorno, influyen en la producción del agua, se infiere entonces que la cuenca del río Changuinola tendrá un impacto negativo en la generación de agua para el futuro cercano 2014-2030.

Según Martínez (2012) [18] “En las latitudes bajas y zonas subtropicales se prevén importantes disminuciones en la precipitación y el escurrimiento, lo que ocasionara un incremento en las condiciones de escasez y mayor presión sobre los recursos hídricos en esas regiones”.

Por otro lado, a pesar de la disminución de la escorrentía, los escenarios de cambio climático reflejan para el futuro cercano (2014-2030) posibles aumentos en la erosión. Para el escenario A2, el mes de enero refleja diferencias porcentuales en comparación al periodo histórico de (18%), febrero (A2 35%), abril (289%), mayo (217%), junio (178%), julio (110%), agosto (71%), septiembre (117%), octubre (216%), noviembre (56%). En términos generales, según el escenario A2, para el futuro, se espera que el 91.2% de los meses registren aumentos en la erosión; siendo abril, mayo y octubre, los que manifestaran mayor incremento.

Por el contrario, para el escenario B1 solo el 66.6% de los meses podría presentar aumentos en la erosión, entre estas, febrero (22%), abril (186%), mayo y junio (186), agosto (4%), septiembre (60%), octubre (193%) y noviembre (42%). No obstante, los dos escenarios de cambio climático coinciden en que los meses de abril, mayo, junio y octubre probablemente, manifestaran mayor incremento. Esta situación, podría deberse al aumento de la intensidad de la lluvia.

Bizzari [19], señala que la intensidad de la precipitación sobre el suelo, determina la energía cinética con que las gotas de lluvia arrancan partículas del suelo, las cuales, son transportadas por la escorrentía superficial, reduciéndose la capacidad productiva de este recurso, de manera que, la energía cinética y la intensidad de la precipitación, proporciona una explicación sobre las diferencias de la erosión en climas templados y tropicales.

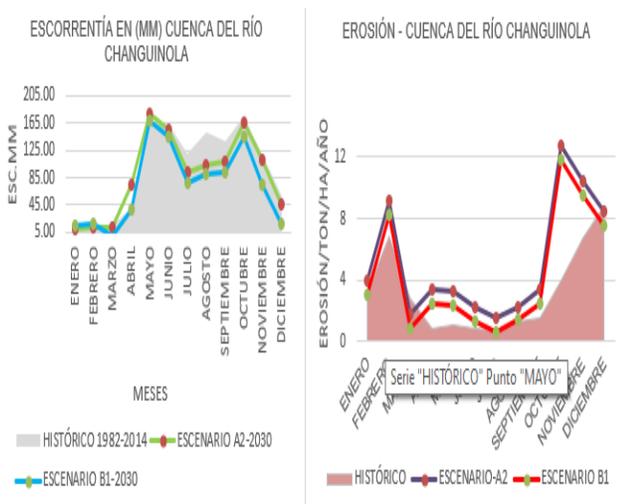


Figura 4: Escorrentía y erosión histórica (1982-2014) y en el futuro (2014-2030) cercano, calculada para la cuenca del río Changuinola Prov. De Bocas del Toro.

Con respecto a los escenarios A2 y B1 periodo 2046-2065, los resultados presentan cierta similitud a lo observado para la etapa 2014-2030; la gráfica permite observar para el escenario A2 reducciones en la escorrentía para los meses de julio, agosto y septiembre. No obstante, la erosión para dichos meses refleja aumento no solo para los meses antes mencionados sino, para todos los otros meses del año constituyéndose en un impacto significativo, que podría causar deslizamientos de tierra y contaminación del agua por material particulado.

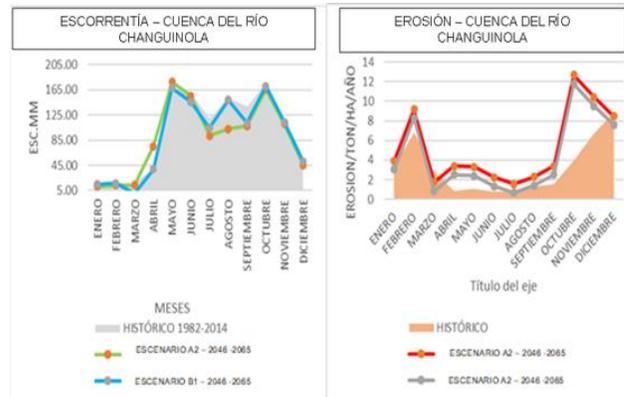


Figura 5: Escorrentía y erosión histórica (1982-2014) y futuro lejano (2046-2065), calculada para la cuenca del río Changuinola prov. De Bocas del Toro.

Conclusión

Del presente estudio, se puede concluir, que el impacto que podría tener el cambio climático en la seguridad hídrica; percibida a través de la vulnerabilidad, medibles según el grado de exposición, sensibilidad y la capacidad de adaptación de los subsistemas (biológico, físico, económico, y social) localizada en la cuenca del río Changuinola. Los resultados señalan que la vulnerabilidad más alta se registra en el corregimiento de la Gloria con un índice de 3.0 mientras que las comunidades del Empalme (1,8) y Valle de Risco (1.8) y Changuinola (1.7) son en promedio, menos vulnerables al impacto del cambio en la cuenca del río Changuinola.

Los cuatro corregimientos presentan una alta exposición a inundaciones por encontrarse en zonas planas en la parte baja de la cuenca.

La sensibilidad en el corregimiento de la Gloria es ligeramente mayor que el resto de los corregimientos debido a la deforestación de los bosques ribereños para la actividad ganadera, la inexistencia de agua potable, la posibilidad de contaminar el agua de consumo humano y por la instalación de letrinas próximas a la fuente de agua.

En referencia a la capacidad de adaptación, los corregimientos de la Gloria y Valle Risco presentan menos posibilidades de adaptarse el cambio climático. El indicador que mayormente presenta ponderación negativa es en el capital físico (infraestructura)es decir, el tipo de material con las cuales están hechas sus viviendas y acueductos rurales.

En cuanto a la vulnerabilidad futura a la seguridad hídrica, todos los modelos de cambio climático empleados para esta investigación, considerando el futuro cercano (2014-2030) y lejano (2046-2065), según el escenario A2, señalan el aumento de la escorrentía para todos los meses de abril y mayo. Sin embargo, tomando en cuenta el escenario B1, el aumento se podría esperar solo en el mes de abril para el futuro cercano, no se espera aumentos para el futuro lejano.

A pesar de los modelos y escenarios señalan aumentos en la escorrentía solo en dos de los 12 meses del año, se podría esperar un incremento de la erosión en 8 meses, el mayor incremento podría suceder en el mes de octubre tanto para el futuro cercano como el lejano. Esta situación podría afectar la calidad del agua futura, por arrastres de agroquímicos, purines (contaminación con coliformes fecales), turbidez en el agua por partículas del suelo. Riesgo por derrumbes, situación que, en el futuro indudablemente, impactaría en la seguridad hídrica en la cuenca del río Changuinola.

La vulnerabilidad está asociada en su mayoría a la pobreza de las familias que carecen de una vivienda apropiada, se ubican en áreas propensas a derrumbes, deslizamientos o inundaciones, y su actividad económica generalmente se desarrolla en zonas agrícolas ubicadas en planicies expuestas a inundaciones. En consecuencia, ante cualquier evento natural que cause afectaciones se enfrentan a pérdidas importantes para su economía, afectando así el bienestar social y desarrollo humano local.

En términos generales, los factores que configuran la vulnerabilidad ante el cambio climático se asocian a una amenaza derivada de los cambios o variaciones en el clima. Estos factores están determinados por el nivel de exposición ante una manera dada y la sensibilidad inherente de los sistemas naturales y humanos, contrarrestada por la habilidad de respuesta o capacidad adoptiva de dichos sistemas, que incluyen recursos financieros, tecnológicos y capacidad de organización y planificación, aspectos, ausentes en la cuenca hidrográfica del río Changuinola y posiblemente repetibles para toda la provincia.

Las universidades son las entidades a proveer insumos fruto de investigación, para contar con herramientas comparativas que posibiliten interpretaciones más exhaustiva de los resultados, de tal forma que sea posible una mayor aplicabilidad en la formulación de planes de gestión integral de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas, convirtiéndose la presente investigación en una contribución metodológica que permita a la provincia de Bocas del Toro, aportar en la consecución de los objetivos y metas nacionales en materia de recursos hídricos, vinculados a su vez a los lineamientos globales de los objetivos de desarrollo sostenible ODS que impulsa desarrollo del gobierno como meta para el 2030-2050.

Recomendaciones

Es necesario recomendar lo siguiente:

1. Es necesario que los gobernantes locales realicen de manera concertada un plan de adaptación al cambio climático y sus posibles impactos en los subsistemas existentes en la cuenca del río

Changuinola sobre todo lo que respecta el agua, procurando seguridad hídrica; teniendo en mente que debemos prevenir lo que no se puede adaptar y adaptarnos a lo que no se puede evitar.

2. Para lograr lo antes mencionado, los gobernantes locales deberían tomar en cuenta el enfoque de gestión integrado de los recursos hídricos orientando esfuerzo al aseguramiento de la provisión de agua que satisfaga las necesidades de una demanda ordenada y eficiente entre estas:

- Reforestación de las fuentes de agua con especies nativas.
- Práctica de conservación de suelo con barreras vivas y muertas.
- Fortalecimiento de capacidades de la población objetiva en temas de cambio climático y posibilidades de adaptación a fin de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico.
- Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático.
- Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.
- Diversificación de cultivos en la provincia a fin de asegurar actividades socioeconómicas más sostenible acorde con la variabilidad climática.
- Reforzar los programas de alerta temprana antes posibles riesgos causados por amenazas naturales.
- Estrategia de gestión integrada para la adaptación y mitigación del cambio climático que abarque aspectos relacionados con la coordinación interinstitucional y promoción de la participación de las comunidades y sectores claves, la gestión de conocimiento, adaptación al cambio climático, la educación y concienciación de actores.
- Conservación y protección de los acuíferos, los acuíferos constituyen la mayor fuente de agua dulce para consumo humano en todo el mundo y pueden ser menos vulnerables que las aguas superficiales a los impactos directos del cambio climático. Por esta razón, los acuíferos representan un componente esencial para la reducción del riesgo de escasez de agua a corto plazo y el aumento de la seguridad hídrica a través de medidas de adaptación como la recarga gestionada de los acuíferos.

Referencias

- [1] CMNUCC, «Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.» 25 7 2005. [En línea]. Available: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. [Último acceso: 5 7 2023].
- [2] IPCC, «Sexto informe de evaluación del IPCC Cambio Climático.» 24 7 2022. [En línea]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-iii/>. [Último acceso: 2024].
- [3] C. C. Global, «Modelo de Clima Global (MCG).» 9 7 2014. [En línea]. Available: <https://cambioclimaticoglobal.com/modelo-de-clima-global-mcg/>. [Último acceso: 2024].
- [4] CATHALAC, «Disponibilidad para los sectores productivos ante un clima cambiante.» 15 6 2016. [En línea]. Available: <https://www.conagua.gob.pa/Seguridad-hidrica-reto-2/>. [Último acceso: 4 9 2023].
- [5] UN-Water, 25 3 2013. [En línea]. Available: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/05/UN_Water_Annual_Report_2013.pdf. [Último acceso: 6 4 2023].
- [6] CONAGUA, «Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050.» 2 5 2014. [En línea]. Available: <https://www.conagua.gob.pa/Introduccion/>. [Último acceso: 20 9 2023].
- [7] L. Martín, «Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe.» 1 5 2015. [En línea]. Available: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/analisis_prevencion_y_resolucion_de_conflictos_por_el_agua_en_america_latina_y_el_caribe_se_ruega_no_circular.pdf. [Último acceso: 2024].
- [8] Gabinete, «Gabinete N° 84 de 11 de agosto 2015.» 23 9 2016. [En línea]. Available: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/pan164511.pdf>. [Último acceso: 20 9 2023].
- [9] Henry, «Método Científico sobre el Cambio Climático: Un Análisis Detallado de su Impacto en el Agua.» 2023 8 2015. [En línea]. Available: <https://institutodelagua.es/cambio-climatico/metodo-cientifico-sobre-el-cambio-climaticocambio-climatico/>.
- [10] M. Reguant, «El método Delphi.» 29 7 2015. [En línea]. Available: <https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/download/14631/18093>. [Último acceso: 6 9 2023].
- [11] J. Mario, «Metodología para el Análisis de vulnerabilidad antes Amenazas de Inundación en Cuencas Hidrográficas.» 2016. [En línea]. Available: <http://scielo.org.co/pdf/cein/v27n2/0124-8170-cein-27-02-00109.pdf>. [Último acceso: 2023 7 8].
- [12] S. Hernández, «Metodología de la Investigación.» 8 5 2014. [En línea]. Available: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez.%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodologia%20C3%Ada%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>. [Último acceso: 6 5 2023].
- [13] I. N. d. E. y. Censo, «Censo 2023 por Analfabeta en la República de Panamá.» 2023. [En línea]. Available: <https://www.inec.gob.pa/archivos/P053342420231213141738Cuadro%2013.pdf>. [Último acceso: 9 5].
- [14] M. Bonch, «Mapping Vulnerability to Climate Change.» 5 5 2015. [En línea]. Available: <https://www.undp.org/publications/mapping-climate-change-vulnerability>. [Último acceso: 5 5 2023].
- [15] R. Ahumada, «Evaluación de la sensibilidad, asociada a factores sociodemográficos y económicos, de una zona rural expuesta a los impactos de la variabilidad y el cambio climático en México.» 26 8 2020. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662020000100120. [Último acceso: 12 6 2023].
- [16] IPCC, «Cambio Climático.» 8 6 2014. [En línea]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf. [Último acceso: 6 8 2023].
- [17] DINAC, «Veranillo de San Juan.» 2017. [En línea]. Available: <https://www.meteorologia.gov.py/wp-content/uploads/2020/06/Veranillo-de-San-Juan.pdf>.
- [18] P. Martínez, «Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México.» 15 6 2012. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353531976001.pdf>. [Último acceso: 25 8 2023].
- [19] C. Bizzarri, «La erosividad cualidad de la lluvia poco conocida.» 9 5 200. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/721/72102406.pdf>. [Último acceso: 9 5 2023].
- [20] G. Nacional, «Estrategia de desarrollo sostenible Bocas del Toro.» 5 10 2008. [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/7294021/plan-indicativo-de-ordenamiento-territorial-funcional>. [Último acceso: 2 10 2021].
- [21] J. L. R. López, «Alternativa de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura.» 2 4 2015. [En línea]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49801/Documento_completo.pdf-PDFA-U.pdf?sequence=3&isAllowed=y. [Último acceso: 12 10 2021].
- [22] M. A. Miñón, «Hacia una economía sostenible: interpretación, teorías e indicadores de desarrollo sostenible.» 8 11 2012. [En línea]. Available: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/9010/Hacia%20una%20econom%c3%ada%20sostenible%20CIUDAD%20Y%20TERRITORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 3 10 2021].
- [23] M. Mora y T. Ramirez, «Propuesta de Zonificación ambiental para las microcuencas de los ríos Blancos y Cuipilapa, Bagaces, Costa Rica.» 5 6 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/2056>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [24] A. Lejislativa, «Manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá.» 5 8 2002. [En línea]. Available: <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/44-de-2002-aug-8-2002.pdf>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [25] H. Sampieri, «Metodología de la Investigación Sexta Edición.» 3 5 2014. [En línea]. Available: <http://observatorio.epcartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-se>
- [26] C. Mena, «Generalización de modelos digitales de elevación condicionadas por puntos críticos de terreno.» 5 9 2011. [En línea]. Available: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/sRwfW69ZfcdgjcCHYhVv5kc/?lang=es&format=pdf>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [27] R. Tejeira, «La capacidad agroológica de los suelos en Panamá.» 3 5 2016. [En línea]. Available: <http://capacidadagrologica.blogspot.com/2016/05/clasificacionagrologica-o-capacidad-de.html>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [28] G. Vargas, «Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América Central.» 23 7 1992. [En línea]. Available: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/2273/2232>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [29] Corantioquia, «Diseño de la metodología para la formulación de los planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas.» 8 6 2003. [En línea]. Available: https://www.corantioqui.gov.co/ciadc/AGUA/AIRNR_CN_3258_2001_INTRODUCCION1.pdf. [Último acceso: 28 10 2021].
- [30] I. Mantilla, «Planificación del sistema de gestión ambiental para la central de abastos de Bucaramanga.» 6 5 2008. [En línea]. Available: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/192/digital_15840.pdf?sequence=1. [Último acceso: 29 10 2021].
- [31] G. Vargas, «Espacio y Territorio en el análisis geográfico.» 24 1 2012. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/jeffr/Downloads/Dialnet-EspacioYTerritorioEnElAnalisisGeografico-4796021.pdf>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [32] ETESA, «Precipitación.» 27 10 2021. [En línea]. Available: <https://www.etsa.com.pa/>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [33] I. T. Guardia, «Cartografía.» 10 25 2021. [En línea]. Available: <https://ignpanama.anati.gob.pa/index.php?start=3>. [Último acceso: 10 5 2021].
- [34] C. Ruiz, «Propuesta de Modelos Predictivos en la Planificación Territorial y Evaluación de Impacto Ambiental.» 1 9 2007. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Henriquez-2/publication/28185031_Propuesta_de_modelos_predictivos_en_la_planificacion_territorial_y_evaluacion_de_impacto_ambiental/links/606f95bd92851c8a7bb2dd4f/Propuesta-de-modelos-predictivos-en-la-planifi. [Último acceso: 2 8 2021].
- [35] F. Vargas, «La Cuenca Hidrográfica Como Unidad de Planificación Sostenible.» 6 5 2014. [En línea]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63234834/La_cuenca_como_unidad_de_planificacion_sostenible20200507-4045-jw8fgp-libre.pdf?1588908648=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_cuenca_hidrografica_como_unidad_de_pl.pdf&Expires=161669220007&S. [Último acceso: 8 5 2021].
- [36] Á. García, «Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis.» 5 4 2009. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/644/64411395008.pdf>. [Último acceso: 5 4 2023].

Dr. Jacinto Convit García: médico, divulgador científico, profesor comprometido e investigador

Dra. Omaira Oñate 

Universidad Hosanna de Panamá. República de Panamá.

omaonate@gmail.com

DOI: 10.33412/jpri.v16.1.4111



Resumen: La vida y obra de Jacinto Convit son un tesoro invaluable para la historia de la ciencia y la humanidad. Existen numerosas investigaciones, artículos científicos y bibliografías que detallan su trayectoria y sus múltiples contribuciones al campo de la medicina. En este artículo, nos centraremos en tres de sus aportes más significativos, que marcaron un antes y un después en el tratamiento de enfermedades infecciosas y oncológicas: el desarrollo de la vacuna contra la lepra, sus investigaciones pioneras en leishmaniasis y sus exploraciones en la inmunoterapia contra el cáncer de mama. A través de estos hitos, exploraremos como la vida personal y profesional de Jacinto Convit se entrelazó con sus descubrimientos, y como su incansable búsqueda de soluciones a la salud pública, impactó en la vida de millones de personas en todo el mundo.

Palabras clave: científico, profesor, investigador, médico.

Title: Dr. Jacinto Convit García: physician, scientific communicator, committed professor and researcher.

Abstract: The life and work of Jacinto Convit are an invaluable treasure for the history of science and humanity. There are numerous investigations, scientific articles and bibliographies that detail his career and his multiple contributions to the field of medicine. In this article, we will focus on three of his most significant contributions, which marked a before and after in the treatment of infectious and oncological diseases: the development of the vaccine against leprosy, his pioneering research into leishmaniasis and his explorations into immunotherapy against breast cancer. Through these milestones, we will explore how Jacinto Convit's personal and professional life intertwined with his discoveries, and how his tireless search for solutions to public health impacted the lives of millions of people around the world.

Keyword: scientist, professor, researcher, doctor.

Tipo de artículo: histórico.

Fecha de recepción: 14 de enero de 2025.

Fecha de aceptación: 31 de enero de 2025.

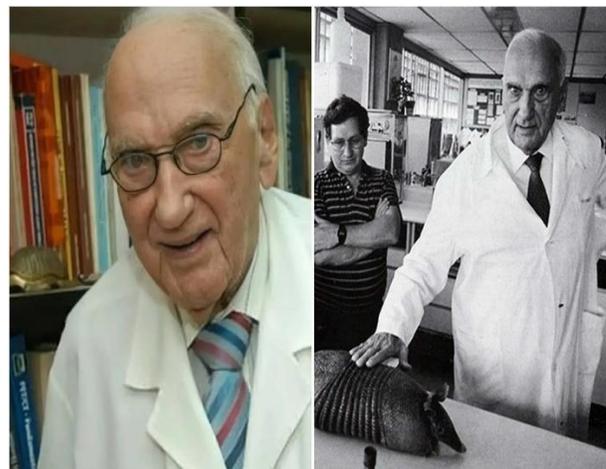


Figura 1. Dr. Jacinto Convit García. Fuente: Notitarde 12 de mayo 2023.

Familia, infancia y educación

Jacinto Convit García nace el 11 de septiembre de 1913 en La Pastora, un hermoso lugar colonial ubicado al noroeste de Caracas, capital de Venezuela, en medio de una convulsión global marcada por la Primera Guerra Mundial y la Gripe Española. Sus padres, Francisco de Asís Convit y Martí, un inmigrante catalán, y Flora García Marrero, venezolana, hija de inmigrante de origen canario, sus hermanos: Miguel Ángel, Reinaldo, René y Rafael. [2] [6] Crece en el seno de una familia unida, quienes forjan en él valores sólidos, donde la familia es el vínculo más importante. Se caracterizó, por ser desde niño un buen observador de la naturaleza e interesado por la lectura. Su infancia y adolescencia trascurren históricamente en Venezuela, durante el régimen de Juan Vicente Gómez (1908-1935); en medio de un escenario político, social y sanitario devastador, donde las enfermedades infecciosas eran una amenaza constante, fue testigo desde temprana edad de eventos de escala mundial que podían impactar de manera drástica la salud de las poblaciones. Estas crisis sanitarias globales subrayaron la fragilidad humana y la importancia de contar con sistemas de salud robustos, desafíos sanitarios de su época que le sembraron la vocación, que lo llevaría a dedicar su vida a mejorar la salud pública y a buscar soluciones innovadoras para las enfermedades que aquejaban a la humanidad. [2] [6]

Educación

Cursa sus estudios de primaria en el Colegio San Pablo de Caracas, escuela donde se subraya la importancia de los valores y las buenas costumbres. En el Liceo Caracas hoy Complejo Educativo Andrés Bello, realiza sus estudios de secundaria, allí contó, con la guía de dos distinguidos maestros: Don Pedro Arnal y Don Rómulo Gallegos, quienes ejercen una influencia positiva, en su formación. Rómulo Gallegos, su profesor de filosofía y letras, es quien luego se convierte en presidente de Venezuela (1947); escritor reconocido por obras como Doña Bárbara, Canaima, Cantaclaro, entre otras. Convit,

como estudiante, fue brillante, apasionado de la lectura y los estudios, con una gran sensibilidad por ayudar a las personas que más sufren, por lo que decide estudiar la profesión médica. [2] [6] En 1932 ingresa a la escuela de Medicina de la Universidad Central de Venezuela (UCV) donde obtiene el título de Doctor en Ciencias Médicas en 1938. En junio de 1944, el Instituto Inter-Americano le ofrece una beca para viajar a Nueva York y realizar estudios de dermatología en el 'Skin and Cancer Hospital', hoy en día, 'Skin & Cancer Unit' de la New York University. Continúa su estadía en Estados Unidos hasta junio de 1945, cuando se traslada a Case Western Reserve University en Ohio, por tres meses, para realizar un curso sobre epidemiología y bioestadística de la lepra con el profesor James Doule. Producto de ambas formaciones en el exterior, recibe un certificado de entrenamiento en lepra por parte del Leonard Wood Memorial Institute [2] [6].

Profesor comprometido

Inicia su carrera docente en 1940, enseñando a los estudiantes de la cátedra de Medicina Tropical, aspectos clínicos y de diagnóstico de la lepra en Cabo Blanco, leprosoario ubicado en el Departamento Vargas, cerca de Caracas la capital venezolana. Imparte sus conocimientos de dermatología como profesor en la Escuela Nacional de Enfermeras, específicamente, de 1946 a 1948. [2] [7] En 1953 es designado profesor en la Cátedra de Clínica Dermatológica y Sifilográfica de la UCV, entre 1955 y 1958, estructura el Servicio de Dermatología en el Hospital Dr. José María Vargas de Caracas, con actividades importantes en el campo asistencial, docente y de investigación científica. Durante el año 1963 destaca en su carrera docente su estadía como profesor visitante del Departamento de Dermatología en Miami University, dirigido por el profesor Harvey Blank, con quien el doctor Convit intercambia valiosos aportes. [2] [7] En 1964 se inicia en Caracas el curso de posgrado en dermatología, años después, el posgrado se trasladará al Instituto Nacional de Dermatología, siendo el doctor Jacinto Convit parte del equipo creador de esta importante contribución a la academia. En 1982, el doctor Convit, es designado profesor honorario de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, uno de los últimos cargos docentes que ejerce. [2] Su labor docente, es fundamental para transmitir su conocimiento y pasión por la ciencia a los estudiantes, inspirándolos a seguir una carrera en este ámbito.

La vacuna contra la lepra de Convit: Un hito en la medicina tropical.

La lepra es una enfermedad milenaria que ha dejado una profunda huella en la historia de la humanidad. Desde tiempos bíblicos, la sociedad ha respondido imponiendo el aislamiento de los enfermos con lepra. En Venezuela, se construyeron varios leprosoarios desde el siglo XVI, siendo La Hoyada en Caracas uno de los primeros, posteriormente reubicados, a la Guaira como es el caso de Cabo Blanco y la Isla de Burros o Providencia en el Lago de Maracaibo, lo que refleja la falta de

conocimiento sobre la enfermedad y las profundas implicaciones sociales que tenía ser diagnosticado con lepra. [2] [4] [7].

El Dr. Convit trabajó siete años en la Leprosaría Nacional de Cabo Blanco, lugar que consideraba otra universidad, que le habría de mostrar que la esencia de la medicina más que la ciencia debía ser lo humanista. Decía: Un médico es un ser que se debe al otro, es un humanista que sabe lo que la persona tiene y es capaz de ponerse en su lugar. Allí, desarrolla sus investigaciones con el único remedio para la lepra empleado hasta el momento, el aceite de Chaulmoogra, y otros compuestos químicos, que le permitieron generar un tratamiento ambulatorio eficaz contra la enfermedad que empezó a correr entre los centros médicos del país, lo que significó, una gran victoria en la lucha contra la estigmatización y el aislamiento de los enfermos. Esto le permitió, alcanzar su sueño de cerrar los sitios de reclusión para los enfermos, e hizo de Venezuela el primer país del mundo en eliminar el aislamiento de los leproso. [2] [4].

La vacuna de Convit, representa un hito en la medicina tropical por su impacto en la salud pública, pues contribuyó significativamente a disminuir los casos de lepra en Venezuela y otras regiones del mundo, mejorando la calidad de vida de millones de personas; su innovación científica, con un modelo de vacuna único en su tipo, utilizando una combinación de bacilos de la lepra y la BCG (Bacilo de Calmette-Guérin). Esta innovación abrió nuevas vías para el desarrollo de vacunas contra otras enfermedades infecciosas. Su trabajo se centró en enfermedades que afectaban principalmente a las poblaciones más vulnerables, demostrando que la ciencia puede ser una herramienta poderosa para combatir la desigualdad, transformar vidas y mejorar la salud de millones de personas en todo el mundo. [2] [4]

El legado de Convit en la lucha contra la leishmaniasis

La leishmaniasis es una enfermedad parasitaria producidas por diferentes especies del parásito *Leishmania*, forma parte del grupo de enfermedades asociadas a la pobreza, principalmente porque los que la padecen viven en áreas rurales remotas, pero además estas personas presentan un estigma social debido a que muchas veces sufren desfiguración del rostro o quedan con cicatrices muy notorias debido a las lesiones; por tanto, las personas sufren un impacto psicológico permanente que los lleva a mantenerse ocultos, aunque la leishmaniasis superficial no necesariamente genera la muerte del paciente, básicamente genera su muerte social. [3].

Para 1968 el Dr. Jacinto Convit se integra en grupos de trabajo para estudiar las Leishmaniasis y en el transcurso de su investigación demuestra que en el desarrollo de la Leishmaniasis Cutánea (LC) actúa fuertemente un defecto inmunológico del huésped, más que las presuntas adaptaciones, variaciones o mutaciones de dicho parásito, sin negar la existencia de cepas, y otros aspectos inherentes al parásito. Esto, lo lleva a ver la viabilidad de aplicar el modelo de

vacuna contra la lepra, para curar la Leishmaniasis, utilizando una mezcla de promastigotes de cultivos de *Leishmania* muertos más BCG viable. Principalmente estudió la efectividad de la vacuna en la forma de leishmaniasis cutánea (LC) localizada, que resultó en un completo éxito con la cura de esta forma de la enfermedad. Generando así una vacuna que es muy barata y no produce efectos secundarios, a diferencia de los medicamentos que se usan para su tratamiento farmacológico, que son extremadamente costosos y con fuertes efectos secundarios. [2] [3].

El legado de Jacinto Convit en la investigación de la leishmaniasis trascendió fronteras, inspirando a generaciones de científicos y mejorando la calidad de vida de millones de personas. Su fundación, apoya los esfuerzos por impulsar la vacuna para leishmaniasis diseñada por el Dr. Convit, y asegurar que la misma se siga aplicando y distribuyendo no solo en Venezuela sino en otros países afectados por esta enfermedad. [2] [3] Adicionalmente, la Fundación Jacinto Convit, contribuye con el diagnóstico preciso y temprano de la población afectada, a través de las instituciones hospitalarias del país, además, desarrolla líneas de investigación en esta área, que comprendan estudios de epidemiología molecular de los parásitos, así como el incentivo de nuevas alternativas terapéuticas para tratar la enfermedad.

Convit y el papel de la inmunidad en el cáncer de mama

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) menciona que el cáncer de mama es el tipo de cáncer más frecuente y letal en las mujeres de América Latina y el Caribe. La elevada incidencia del cáncer de mama, ha hecho que muchos investigadores se avoquen a hacer estudios en esta área en busca de nuevas opciones terapéuticas, más efectivas y menos perjudiciales para el paciente. [1] [2] El Dr. Jacinto Convit, dedicó gran parte de su vida a la investigación de diversas enfermedades, entre ellas la lepra y la leishmaniasis. Sin embargo, en las últimas décadas de su carrera, también enfocó su atención en el cáncer de mama, propuso una inmunoterapia como tratamiento para el cáncer de mama. La terapia autóloga que plantea está compuesta por células tumorales del paciente, BCG y formalina. Esta propuesta es documentada y publicada por el doctor Jacinto Convit en la Gaceta Médica de Caracas, en 2006, titulada "Desarrollo de una autovacuna + BCG y su posible uso en el tratamiento del cáncer". [2] En el 2010, a sus noventa y siete años, se crea la Asociación Civil para el Desarrollo de la Inmunoterapia del Cáncer (Asoinmucáncer) que sirve de plataforma para reunir esfuerzos e impulsar el desarrollo de la investigación. [1] [2] Las investigaciones de Convit sobre el papel de la inmunidad en el cáncer de mama representan un hito en la oncología. Su enfoque innovador, que buscaba potenciar las defensas naturales del organismo, sigue inspirando a nuevas generaciones de investigadores. La inmunoterapia contra el cáncer de mama es un campo en constante evolución, y los avances futuros prometen revolucionar el tratamiento de esta enfermedad.

La Fundación Jacinto Convit: Un Legado de Divulgación Científica

En junio de 2012, el Dr. Jacinto Convit a la edad de noventa y ocho años crea la Fundación Jacinto Convit, que representa una extensión natural de su vida y obra como divulgador científico. Al establecer esta fundación, consolidó su compromiso con la divulgación científica y garantizó la continuidad de su legado. [2] Son estas, algunas formas, en que la fundación relaciona la vida de Convit como divulgador científico:

- La fundación se encarga de mantener viva la memoria y los valores del Dr. Convit, transmitiendo a las nuevas generaciones su pasión por la investigación y su compromiso con la salud pública.
- Apoya proyectos de investigación, fomenta la generación de nuevo conocimiento y el desarrollo de soluciones innovadoras para los problemas de salud.
- Busca despertar el interés de jóvenes y adultos por la ciencia, fomentando vocaciones científicas y promoviendo la cultura científica en la sociedad.
- Trabaja para garantizar que los avances científicos lleguen a las poblaciones más vulnerables, promoviendo el acceso a tratamientos y servicios de salud de calidad.
- Establece alianzas con instituciones académicas, gubernamentales y privadas para fortalecer el impacto de sus iniciativas y ampliar su alcance. [2] [5] [8]

La Fundación Jacinto Convit es un testimonio del compromiso del Dr. Convit con la divulgación científica. Al promover la investigación, la educación y el acceso a la salud, la fundación perpetúa su legado y contribuye a construir un futuro más saludable y justo para todos. [2] [5] El Dr. Jacinto Convit, tras dedicar su vida a la ciencia y a la humanidad, falleció en Caracas el 12 de mayo de 2014 a los cien años. Su legado, compuesto por valiosos aportes científicos y un profundo compromiso social, sigue inspirando a millones en todo el mundo. [2] [5].

Referencias

- [1] Cáncer. (s. f.). <https://www.jacintoconvit.org.ve/es/antecedentes/cancer/>
- [2] Huerta, K., Duarte, M., Carballo, J., Mendez, M., Escovar, R., & Convit, A. (s. f.). Biografía Doctor Jacinto Convit: Médico, científico, docente y humanista. *Gaceta Médica de Caracas*, 128(4), 587-606. <https://doi.org/10.47307/gmc.2020.128.4.14>
- [3] Leishmaniasis. (s. f.). <https://www.jacintoconvit.org.ve/es/antecedentes/leishmaniasis/>
- [4] Soto, H. E. L. (2018). Leprosería de Cabo Blanco - Circulante y vida Cotidiana bajo la mirada de Jacinto Convit. *Mycoins*. https://www.academia.edu/22008361/Leproser%C3%Ada_de_Cabo_Banco_Circulante_y_vida_cotidiana_bajo_la_mirada_de_Jacinto_Convit
- [5] VITAE Academia Biomédica Digital. (s. f.). <https://vitae.ucv.ve/?module=articulo&rv=80&n=3421&m=1&me=3448>
- [6] FUNDACIÓN BENGEOA, "Dr. Jacinto Convit: un siglo de dedicación a la salud de la humanidad." *Biografías*. [Online]. Available: <https://www.fundacionbengoa.org/novedades/publicaciones/biografias/dr-jacinto-convit-un-siglo-de-dedicacion-a-la-salud-de-la-humanidad/>
- [7] M. Sanchez, "El Hombre y la Ciencia. Jacinto Convit: más que un Prócer de la salud, un ciudadano ejemplar." *Boletín Malarial. Y Salud Ambient.*, vol. LIV (1), no. 1, pp. 111-115, 2014, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.ve/pdf/bmsal/v54n1/art14.pdf>

Eugenio Espejo: Médico, científico, prócer, periodista, abogado, filósofo, teólogo, escritor y traductor ecuatoriano

Ing. Juan Carlos Muñoz López, Mgs. 

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta Ecuador -Vicerrectorado Académico.

juan.munoz@uleam.edu.ec

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4112



Resumen: Francisco Javier Eugenio de Santa Cruz y Espejo, fue un ilustre periodista, médico, polígrafo, teólogo, filósofo, escritor y precursor de la independencia ecuatoriana [1]. Fue un desatacado médico ecuatoriano que aportó en la época a la cura del mal denominado “peste de los indios”, realizó estudios de Teología y Derecho y se licenció en Filosofía[2]. La filosofía fue una de sus más inquietantes pasiones, estudió a filósofos griegos, romanos y franceses. Era un hombre muy ilustrado, le apasionaba la lectura, lo que le permitió aprender varios idiomas como el francés, latín y el griego [3].

Se consideran como sus obras maestras: “El nuevo Luciano de Quito”, “Marco Porcio Catón” y “La ciencia blandardina”, con las cuales intenta persuadir al estudio de la Literatura y a su vez hace una apología del Clero [3]. Fue perseguido y encerrado injustamente, acusado de hereje, panfletista, subversivo y calumniador de sacerdotes.[4].

Palabras Claves: Periodista, médico, teólogo, precursor, escritor, científico ecuatoriano.

Title: Eugenio Espejo, Ecuadorian doctor, scientist, hero, journalist, lawyer, philosopher, theologian, writer and translator.

Abstract: Francisco Javier Eugenio de Santa Cruz y Espejo was an enlightened journalist, doctor, polymath, theologian, philosopher, writer and precursor of Ecuadorian independence [1]. He was an outstanding Ecuadorian doctor who contributed at the time to the cure of the disease called "Indian plague", he studied Theology and Law and graduated in Philosophy [2]. Philosophy was one of his most disturbing passions, he studied Greek, Roman and French philosophers. He was a very enlightened man, he was passionate about reading, which allowed him to learn several languages such as French, Latin and Greek [2].



Figura 1. Francisco Javier Eugenio de Santa Cruz y Espejo.

Fuente: La enciclopedia biográfica en línea

His masterpieces are considered: "The new Lucian of Quito", "Marco Porcio Catón" and "La ciencia blandardina", with which he tries to persuade the study of Literature and at the same time makes an apology for the Clergy [3]. He was unjustly persecuted and imprisoned, accused of being a heretic, a pamphleteer, a subversive and a slanderer of priests.[4]

Keyword: Ecuadorian journalist, doctor, theologian, precursor, writer, scientist.

Tipo de artículo: histórico.

Fecha de recepción: 6 de enero de 2025.

Fecha de aceptación: 31 de enero de 2025.

Familia, infancia y educación

Nace en Quito, capital de Ecuador, el 21 de febrero de 1747, hijo de Luis de la Cruz y Espejo (Chusig), un indígena nativo de Cajamarca (Perú) y de María Catalina Aldaz, una humilde mujer quiteña [5]. Sus primeras letras las aprendió en una escuela regentada por los frailes dominicos, luego su bachillerato lo culminó en el colegio San Luis de la Compañía de Jesús. En 1762 obtuvo una licenciatura en Filosofía, posteriormente ingresó a la Universidad de los dominicos y 5 años más tarde (1767) se doctoró en medicina, siguiendo el ejemplo de su padre, naciendo de ahí su inclinación por el estudio de la medicina [6].

Años antes de recibirse como médico (1764), en Quito se había declarado una epidemia denominada “Mal de manchas” o “peste de indios”, enfermedad que el mismo describió, siendo considerada esta su primera obra, la cual no trascendió [7]. Consta en el acta de graduación del “Libro de Oro” de la Universidad de San Gregorio, como maestro, el 8 de junio de 1762 [8]. Fue un apasionado de la literatura y escritura,

practicaba la lectura a tiempo completo, lo que le permitió aprender el francés, latín y griego.[9]

Trabajo médico

En 1772, Espejo empezó a ejercer la medicina en Quito. En 1785, el Cabildo de Quito le solicitó la redacción de un método para prevenir la enfermedad de la viruela. El doctor Espejo realizó estudios e investigaciones científicas para realizar aportes para combatir, neutralizar y erradicar la epidemia de las viruelas[10] en Quito. En su informe atribuyó el problema de la viruela a causas sociales y culturales; afirmó que: *los responsables de las epidemias contagiosas eran la ignorancia en cuestiones de higiene, las deficientes condiciones sanitarias de la ciudad y hasta la mala formación médica y los propios sacerdotes betlemitas que, sin criterio, dirigían el hospital de Quito*[11]. El doctor Eugenio Espejo con sus estudios e investigaciones científicas realizó aportes para combatir, neutralizar y erradicar la epidemia de la viruela, que ocasionarían en la Colonia un alto índice de mortalidad de nativos en la Real Audiencia de Quito.

Doctor en Medicina, defendió la necesidad de la vacunación[12]. El conocimiento del Dr. Espejo con respecto a las inoculaciones y la cuarentena de los enfermos de viruela era notoriamente avanzado para su época[13].

Primer periódico de Quito

El año de 1792 fue crucial en su carrera: editó en Quito el primer periódico que se publicó en esta ciudad y del país [14], que se titulaba: *Primicias de la cultura de Quito*, que ha devenido en un verdadero símbolo de los comienzos del periodismo y de la formación de una embrionaria opinión pública en el Ecuador[15].

Cargos destacados

Eugenio Espejo fundó la primera Biblioteca Pública del Ecuador[12] y fue el primer bibliotecario de la Universidad de Quito[14]. Fue el primer periodista e higienista de Ecuador [15]. *Pensamiento de Eugenio Espejo*

Fiel defensor de sus raíces y tradiciones culturales, repudiado por su extracción social (cultivó ciertas tradiciones españolas), buscó que se le reconociera a través de las letras. En cuanto a su ideología política, se puede decir que Eugenio Espejo fue el precursor de la independencia de lo que hoy es Ecuador [16].

Un hecho muy particular en su pensamiento es que se autocalificaba como "Un hombre de letras", con su basta producción literaria buscó solucionar los problemas sociales, políticos y económicos de la época, mediante la modificación de las costumbres y de su discurso [17].

Resumiendo, la ideología de Espejo en tanto que era un "hombre de letras", llevó consigo un objetivo político preciso: la modificación de las costumbres de su época. Ello hacía necesario crear un nuevo discurso con objetivos tanto combativos como pedagógicos, y a la tarea de forjarlo le dedicó toda su vida [18].

El final de su vida

Con sus trabajos literarios criticaba al clero y a las autoridades gubernamentales, a manera de sátira, lo cual conllevó a que se le arrestara y encarcelara [19].

Espejo murió el 27 de diciembre de 1795, en Quito, a la temprana edad de 48 años, diciendo: «*Quiteños sed felices. Quiteños levantad la frente a vuestro futuro. Quiteños, sed los dispensadores del buen gusto, de las artes y las ciencias*» [20]. Por ser considerado el precursor de la independencia de Ecuador, y su aporte a la medicina fue inmortalizado en el desaparecido billete de 500 sucres (antigua moneda del Ecuador) [21]. Así mismo varias instituciones educativas y casas de salud llevan su nombre como el legendario hospital de especialidades "Eugenio Espejo" de Quito [22].



Figura 2. Billete de 500 Sucres. Fuente: Banco Central del Ecuador.

Referencias:

- [1] Real Academia de Historia del Ecuador, "Francisco Javier Eugenio de Santa Cruz y Espejo. Available: <https://dbe.rah.es/biografias/15762/francisco-javier-eugenio-de-santa-cruz-y-espejo>."
- [2] El Comercio: "Eugenio Espejo, transformador de la educación.. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/sociedad/eugenio-espejo-transformador-de-la-educacion.html>
- [3] Instituto Tecnológico Superior Quito, "Biografía de Eugenio Espejo". [Online]. Available: <https://www-studocu.com/ec/document/unidad-educativa-monte-tabor-nazaret/arte-y-diseno/biografia-de-eugenio-espejo/72661397>.
- [4] Wikipedia, "Eugenio Espejo," Fundación Wikipedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Eugenio_Espejo
- [5] Educación y universidades Ministerio de ciencia, "Francisco Javier Eugenio de Santa Cruz y Espejo," Real Academia de la Historia. [Online]. Available: <https://dbe.rah.es/biografias/15762/francisco-javier-eugenio-de-santa-cruz-y-espejo>
- [6] R. F.-B. Plutarco Naranjo V., *Eugenio Espejo: Su época y su pensamiento*. Universidad Andina Simón Bolívar / Corporación Editora Nacional, 2020. [Online]. Available: <https://www.uasb.edu.ec/publicacion/eugenio-espejo-su-epoca-y-su-pensamiento-2/>
- [7] Universidad Politécnica de Madrid, "Santa Cruz y Espejo, Francisco Javier Eugenio de (1747-1795)," Biblioteca Nacional de España. [Online]. Available: <https://datos.bne.es/persona/XX1187880.html>

- [8] Lumitos, "Eugenio Espejo," Química.es. [Online]. Available: https://www.quimica.es/enciclopedia/Eugenio_Espejo.html
- [9] D. Andrade-Mora, "EUGENIO DE SANTACRUZ Y ESPEJO Y EL DÍA DEL MÉDICO ECUATORIANO," Noticiero Médico. [Online]. Available: <https://www.noticieromedico.com/post/eugenio-de-santacruz-y-espejo-y-el-dia-del-medico-ecuadoriano>
- [10] Universidad de Alicante, "Biografías de traductores," vol. 293, no. 2008. p. 2012, 2012. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/5728/572860981007/html/>
- [11] Universidad Indoamericana, "El origen y legado de Eugenio Espejo plasmado en un libro," Noticias. [Online]. Available: <https://www.indoamerica.edu.ec/el-origen-y-legado-de-eugenio-espejo-plasmado-en-un-libro/>
- [12] E. M. y otros Víctor Moreno, María E. Ramírez, Cristian de la Oliva, "Eugenio Espejo," Busca biografías. [Online]. Available: https://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/8287/Eugenio_Espejo
- [13] Tomás Fernández y Elena Tamaro, "Biografía de Eugenio Espejo," La enciclopedia biográfica en línea. [Online]. Available: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/espejo.htm>
- [14] B. Núñez-Freile, "EL PENSAMIENTO MÉDICO DE EUGENIO ESPEJO: SU APORTE A LA MEDICINA EUROPEA DEL SIGLO XVIII1," *Bol. la Acad. Nac. Hist.*, vol. C, no. Enero-junio, pp. 1–23, 2022, [Online]. Available: <https://academiahistoria.org.ec/index.php/boletinesANHE/article/view/255/496>
- [15] A. R. M. Salazar, "El verdadero rostro de Eugenio Espejo," *Rev. Eugenio Espejo*, vol. 10, no. 2, pp. 1–12, 2016, doi: 10.37135/ee.004.01.05.
- [16] Redacción, "Eugenio Espejo, el primer médico del Ecuador," *El Universo*. [Online]. Available: <https://www.eluniverso.com/opinion/cartas-al-director/eugenio-espejo-el-primer-medico-del-ecuador-nota/>
- [17] E. Ayala-Mora, "Eugenio Espejo, el precursor perseguido," Canal cero. [Online]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/firmas/eugenio-espejo-periodico-primicias-heroe-libertad/>
- [18] Tomás Fernández y Elena Tamaro. «*Biografía de Eugenio Espejo*» [Internet]. Barcelona, España: Editorial Biografías y Vidas, 2004. Disponible en <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/espejo.htm> [página consultada el 4 de enero de 2025].
- [19] C. Freyre, Academia Ecuatoriana de la Lengua, "Eugenio Espejo escritor satírico. Las cartas riobambenses". [Online]. Available: <http://www.academiaecuatorianadelalengua.org/eugenio-espejo-escritor-satirico-las-cartas-riobambenses/>
- [20] Instituto Metropolitano de Patrimonio: "Vida Pasión y Muerte de Eugenio Espejo". [Online]. Available: https://patrimonio.quito.gob.ec/?page_id=3223
- [21] Banco Central del Ecuador. "Colección de monedas del Ecuador", [Online]. Available: <https://museodelamoneda.bce.fin.ec/>
- [22] Hospital de Especialidades "Eugenio Espejo", "Historia del hospital". [Online]. Available: https://hee.gob.ec/?page_id=237

Octavio Cordero Palacios

¹Ana María Ramírez Hecksher , ²Carmen

Paola Rivadeneira Crespo 

¹Universidad de Guayaquil, ²Unidad Educativa Bilingüe Jefferson Ecuador

ana.ramirez@ug.edu.ec; crivadeneira@jefferson.edu.ec

DOI: 10.33412/pri.v16.1.4113



Resumen: Octavio Cordero Palacios (n. Santa Rosa, Cuenca (Ecuador), 3 de mayo de 1870 – f. 17 de diciembre de 1930)[1] fue un escritor, dramaturgo, poeta, matemático, ingeniero, topógrafo, periodista, abogado, poliglota, latinista, profesor e inventor ecuatoriano[2][3]. Dominaba el Latín, Griego, Inglés y Francés además del Español[4].

Palabras clave: escritor, dramaturgo, poeta, matemático, ingeniero, topógrafo, periodista, abogado, latinista, profesor e inventor.

Title: Octavio Cordero Palacios.

Abstract: Octavio Cordero Palacios (born Santa Rosa, Cuenca (Ecuador), May 3, 1870 – died December 17, 1930)[1] was an Ecuadorian writer, playwright, poet, mathematician, engineer, surveyor, journalist, lawyer, polyglot, Latinist, professor and inventor[2][3]. He was fluent in Latin, Greek, English and French in addition to Spanish.[4].

Keyword: writer, playwright, poet, mathematician, engineer, surveyor, journalist, lawyer, Latinist, professor and inventor.

Tipo de artículo: histórico.

Fecha de recepción: 8 de enero de 2025.

Fecha de aceptación: 31 de enero de 2025.

Familia, infancia y educación

Sus padres fueron Don Vicente Cordero Crespo y Doña Rosa Palacios Alvear[5][6]. Su padre fue un poeta destacado y un periodista conservador y editor de la publicación El criterio[4]. La escuela primaria la realizó en la Escuela de los Hermanos Cristianos en Cuenca (Ecuador), la secundaria en el Colegio de San Luis, y finalmente ingresó a la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad de Cuenca donde obtuvo el título de Doctor, lo que le permitió acceder a la Corte Superior del Azuay como abogado[7].

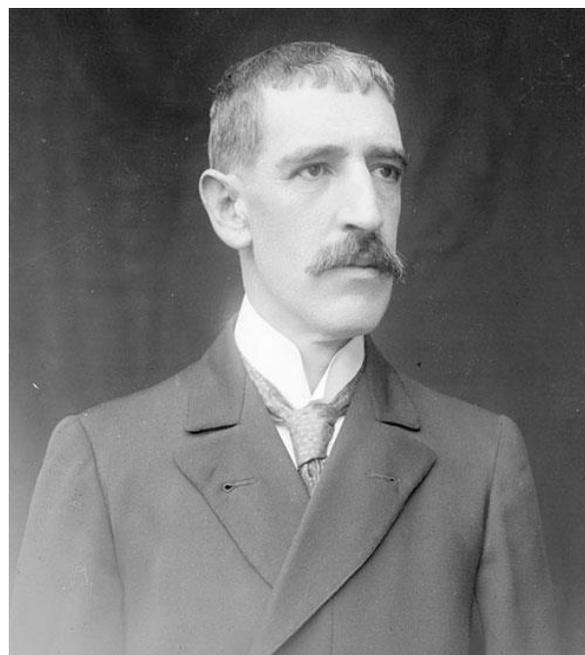


Figura 1. Octavio Cordero Palacios. Fuente: <https://cementerioPatrimonialdeCuenca.com/personajes-ilustres/octavio-cordero-palacios-2/>

Inventiones

Sus invenciones fueron muy sobresalientes, entre ellas podemos encontrar: un ordenador mecánico y un dispositivo numérico de cálculo o ábaco para el cálculo de la raíz cuadrada y un texto de trigonometría[8].

En 1902, crea un ordenador o maquina mecánica que nombró "Clave Poligráfica" o "Metaglota" para la traducción de idiomas. El dispositivo traducía palabras de una lengua a otra lengua. Después de su muerte, su primo Humberto Cordero reconstruyó la máquina y la exhibió en Quito en 1936. La exposición fue un éxito, y el ordenador fue saludado como un "diccionario mecánico maravilloso". También inventó un "dispositivo numérico de cálculo para calcular la raíz cuadrada de números", así como un "texto de trigonometría en verso".

Cargos destacados

Ocupó los siguientes cargos: presidente de la Corte de Justicia de la provincia del Azuay y presidente de las Municipalidades de las ciudades de Cuenca y Azogues. Fue socio del Centro de Estudios Históricos y Geográficos del Azuay y miembro de la Academia Nacional de Historia de Quito[2]. Trabajó en los periódicos conservadores «El Ciudadano» y «El Derecho»[5]. Marchó a la frontera sur con el grado de Sargento Mayor de Ingeniería de Reserva y el Gobierno Nacional le confió el levantamiento topográfico de un plano de la frontera ecuatoriano-peruana en 1910[8].

Fue profesor de Filosofía y Literatura del Colegio Benigno Malo de Cuenca[7], Diputado por la provincia del Azuay en los congresos de 1916 y 1918, Ministro Juez de la Corte Superior de Justicia de Cuenca, de 1918 a 1928, Inspector General del Ferrocarril Sibambe-Cuenca, y Miembro del Centro de Estudios Históricos y Geográficos de Cuenca.

Actividades intelectuales y traducciones

Expandió también sus actividades intelectuales al campo de la docencia, la historia, la filología, la política y la dramaturgia[9].

Un listado general de sus obras corresponde a[6]:

- Gazul (1890)
- Los Hijos de Atahualpa (1891)
- Los Borrachos (1892)
- Vida de Abdón Calderón (1916)
- El Quechua y el Cañari (1923)
- El Azuay Histórico (1891)
- Protomebamba y sus Crónicas Documentadas para la Historia de Cuenca (1924)
- El Cuervo, de Edgar Allan Poe (traducción al español)

Sus aportes a la cultura estriban en las publicaciones *Vida de Abdón Calderón (1916)* y *El Quichua y el Cañari (1923-24)*. Como historiador, aborda la trayectoria de la región cuencana desde tiempos aborígenes -tiempos precuencanos, a su decir-. Entre sus estudios se cuentan: *Crónicas documentadas para la historia de Cuenca. La emancipación: noviembre de 1820, mayo de 1822*[10], *El Quechua y el Cañari(1923)*, *La muerte de don Juan Seniergues, El Azuay histórico(drama histórico)*[5], *Tiempos precuencanos. Los inco-cañaris, la contrarrevolución de 1809, Don Francisco Calderón. Hoja de servicios de un marinero de doce años, El Señor Caldas y la lápida de Tarqui, La poesía de la Ciencia. Escribió la obra de teatro «Los Hijos de Atahualpa», y en 1892, el drama «Los Borrachos»*

Otro de sus notables trabajos literarios fue la traducción al español de los versos de «El Cuervo», de Edgar Allan Poe, considerada como una de las más fieles que se ha realizado[5] *Rapsodias Clásicas*, una traducción al español de los palabras de los poetas clásicos Virgilio y Horacio[4].

Muerte

Octavio Cordero, presintiendo que su fin se acercaba, manifestó a sus hijos: «Si hay una piedra para mi sepulcro, si hay una piedra, no se grabe allí mi nombre, sino esta estrofa». Si hiere... hiere... y hiere de Dios la augusta mano / ¿Qué hacer? ¡Caer por tierra, hundir la frente en ella / y recibir silente, centella tras centella / el fuego todo y la ira del rayo soberano! [8].

Murió en Cuenca el 17 de diciembre de 1930 a causa de una complicación hepática. En los apuntes autobiográficos que quedaron a su muerte escribió: “En mi primera juventud fueron las letras mis estudios preferidos, especialmente las letras clásicas”[7].

Referencias

- [1] Wikisource, “Octavio Cordero Palacios,” Wikisource. [Online]. Available: https://es.wikisource.org/wiki/Autor:Octavio_Cordero_Palacios
- [2] Cementerio patrimonial de Cuenca, “OCTAVIO CORDERO PALACIOS,” Personajes ilustres. [Online]. Available: <https://cementeriopatrimonialdecuenca.com/personajes-ilustres/octavio-cordero-palacios-2/>
- [3] wikidata, “Octavio Cordero Palacios,” Wikidata. [Online]. Available: <https://www.wikidata.org/wiki/Q16030035>
- [4] E. Literature, “Octavio Cordero Palacios,” Ecuadorian Literature. [Online]. Available: <https://www.ecuadorianliterature.com/octavio-cordero-palacios/>
- [5] E. Avilés, “Cordero Palacios Dr. Octavio,” Enciclopedia del Ecuador. [Online]. Available: https://www.enciclopediaecuador.com/dr-octavio-cordero-palacios/#google_vignette
- [6] Eured, “Octavio Cordero Palacios,” Eured. [Online]. Available: https://www.eured.cu/Octavio_Cordero_Palacios
- [7] R. Perez-Pimentel, “CORDERO PALACIOS OCTAVIO,” Archivo bibliográfico. [Online]. Available: <https://rodolfoperezpimentel.com/cordero-palacios-octavio-2/>
- [8] Enciclopedia del Ecuador <https://www.enciclopediaecuador.com/dr-octavio-cordero-palacios/>
- [9] CCE Azuay, “Octavio Cordero Palacios.” [Online]. Available: <https://www.cceazuay.gob.ec/octavio-cordero-palacios/>
- [10] O. Cordero Palacios, “Crónicas documentadas para la Historia de Cuenca. Tomo I: La emancipación,” Biblioteca virtual Miguel de Cervantes. [Online]. Available: <https://data.cervantesvirtual.com/manifestation/283249>

Guía para autores

Formato de artículos

PRISMA Tecnológico

Editorial Tecnológica
prisma@utp.ac.pa



PRISMA Tecnológico (ISSN 2312-637X) es una publicación anual de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) que se realiza a través de la Editorial Universitaria. Es una revista abierta que ofrece artículos de contenido tecnológico y científico multidisciplinarios, cuyo objetivo es divulgar conocimiento técnico-científico, y tratar temas de ingeniería en sus múltiples disciplinas, de manera comprensible y amena, con claridad, amplitud y responsabilidad.

PRISMA Tecnológico se ha diseñado con varias secciones que permiten incluir artículos de diversos tipos. Las secciones de la revista y los tipos de artículo permitidos se describen en la «Guía para autores - Políticas de publicación y ética».

A continuación, se listan los tipos de artículo y las secciones de la revista.

- Tipos de artículo: investigación, ensayo, revisión, tutorial, e histórico.
- Secciones de la revista y tipos de artículos que se aceptan en las mismas: Impacto (ensayo), Tecnología y Sociedad (investigación y ensayo), Actualidad Tecnológica (ensayo, revisión y tutorial), Tecnología a Fondo (revisión y tutorial), Tecno I+D (investigación), Tecno-Historia (histórico).

1. Formato

Escriba el documento en página tipo carta (21.9 cm x 27.94 cm). Todo material impreso, incluyendo texto, ilustraciones, gráficas y ecuaciones, debe mantenerse dentro de un área de impresión de 17.52 cm de ancho, por 22.86 cm de alto, con márgenes de 2.54 cm superior e inferior y de 2.03 cm a izquierda y derecha. No escriba o imprima nada fuera de esta área de impresión. Todo texto debe estar en un formato de dos columnas completamente justificado. Las columnas deben ser de 8.36 cm de ancho, con una separación entre ellas de 0.8 cm.

Tipos de letra y estilos

Utilice Word con el tipo de letra Arial Narrow. Por favor evite el uso de "bit-mapped fonts". Caracteres True-Type 1 son preferidos.

Título principal

El título principal debe iniciar en la primera columna, justificado a la izquierda, en Arial Narrow, 20 puntos, tipo negrita. Ponga en mayúscula solamente la letra inicial y aquellas de nombres propios o siglas. Si tiene subtítulo, éste debe ir a continuación, justificado a la izquierda, en Arial Narrow 16 puntos,

tipo negrita. Incluya a continuación una línea en blanco de 12 puntos.

El título debe expresar claramente el tema en el que se centra el artículo, de modo que el lector pueda extraer, con solo leerlo, una idea de lo que va a encontrar después. Los autores procurarán no incluir en él abreviaturas salvo que éstas sean de uso generalizado (WCDMA, OFDM, etc.). En caso de duda, no las incluya.

Nombre(s) de autor(es) y afiliación(es)

Los nombres de los autores deben estar justificados a la izquierda justo debajo del título (o subtítulo) en Arial Narrow, 12 puntos, negrita. Cuando son múltiples autores deben mostrarse uno, seguido de otro. Use un subíndice seguido del nombre del autor para indicar el primer autor (a) y el autor de correspondencia (b). Para indicar la afiliación de cada autor use un superíndice numerado después del nombre de cada autor. Debajo, coloque el superíndice y la afiliación correspondiente en Arial Narrow 8 puntos. De forma similar, coloque debajo de las afiliaciones en el orden de los autores el correo electrónico de los mismos, también en Arial Narrow 8 puntos. Incluya a continuación una línea en blanco de 12 puntos.

Se entiende por primer autor (a) la persona que lidera la organización y escritura del artículo, y por autor de correspondencia (b) a la persona responsable de la comunicación oficial del artículo, de la organización y dirección del grupo de trabajo.

Además, todos los autores deben incluir su perfil ORCID, si no lo tienen deben registrarse en la siguiente dirección:

<https://orcid.org/>

El siguiente ejemplo ilustra el formato de nombres de autores, ORCID y afiliaciones.

Ejemplo:

Carlos Babel^a , Benito Chan¹ , Juan Bernal^b 

¹Universidad Tecnológica de Panamá

²Centro Experimental Internacional

¹{carlos.babel, benito.chan}@utp.ac.pa

²juan.bernal@cei.org

Incluir en cada artículo la licencia Creative Commons, utilizada por la revista como icono debajo de la información de autores:



Resumen

El resumen debe ser escrito en texto completamente justificado y en itálica, en la parte superior de la columna izquierda, debajo de la información del autor. Utilice la palabra "Resumen" como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, inicie el resumen, el cual debe estar escrito en Arial Narrow 10 puntos, espacio sencillo, itálica y puede ser hasta 7.62 cm de largo. Deje una línea (tamaño 10) en blanco después del resumen, luego incluya una lista de palabras claves.

Todos los tipos de artículo deben acompañarse de un resumen, con excepción de los trabajos en la sección Tecno-Historia. El resumen debe recoger los aspectos más destacados del trabajo, de modo que éste sea comprensible sin tener que leer el resto del artículo.

Para los artículos de Tecno I+D el resumen debe ser estructurado conteniendo objetivos, métodos, resultados y conclusiones. Para todas las otras secciones, el resumen no se estructurará. Nunca se incluirán citas bibliográficas en el resumen.

Palabras clave

Utilice la expresión “Palabras clave” como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, incluya de 3 a 7 palabras claves en Arial Narrow 10 puntos itálicas a espacio sencillo. Seguido de los dos puntos la primera letra debe ir en minúscula, salvo excepciones (nombres propios, siglas, otras).

Sección en inglés

Después de las palabras claves deben aparecer el título, el resumen y las palabras claves en inglés en el formato anterior, indicando cada uno como se muestra a continuación.

Title: ...

Abstract: ...

Key words: ...

Texto principal

Escriba su texto principal en Arial Narrow 10 puntos, a espacio sencillo. No use doble espacio. Todos los párrafos deben tener una sangría de 0.5 cm. Asegúrese que el texto está completamente justificado, es decir, raso a la izquierda y a la derecha. Por favor no agregue ninguna línea en blanco entre párrafos.

Cabeceras de primer nivel

Los títulos de primer nivel, por ejemplo, “1. Introducción”, deben estar en Arial Narrow 12 puntos negrita, con mayúscula inicial, a la izquierda de la columna con una línea en blanco antes. Utilice un punto (“.”) después de la numeración, no una coma. Como en el título, use mayúscula solo para la primera letra, nombres propios o siglas.

Cabeceras de segundo nivel

Los títulos de segundo nivel, por ejemplo, “1.1 Antecedentes”, deben estar en Arial Narrow 11 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

Cabeceras de tercer nivel

Los títulos de tercer nivel, por ejemplo, “1.1.1 Secciones”, no se recomiendan. Sin embargo, de ser necesarios, use Arial

Narrow de 10 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

Viñetas

Las viñetas deben ir justificadas a la izquierda y a espacio sencillo. La posición de la viñeta con respecto a la columna del texto debe ser cero (0) cm, y las posiciones de la tabulación y la sangría del texto de la viñeta deben ser 0.3 cm.

Diseño de la última página

Si la última página de su documento está solo parcialmente llena, arregle las columnas para que estén igualmente balanceadas si es posible, en lugar de tener una sola columna larga.

Enumeración de páginas y encabezados

No enumere automáticamente las páginas en el procesador, y no utilice ningún tipo de encabezado (header or footer).

Figuras y tablas

Todas las figuras y tablas deben ocupar el ancho completo (en lo posible) de una columna. Figuras y tablas muy grandes pueden ocupar ambas columnas, pero procure usar estas figuras y tablas de dos columnas de ancho solo cuando sea absolutamente necesario. Las leyendas de figura se colocan debajo de las figuras, y los títulos de las tablas se colocan centrados sobre las tablas. Las figuras y tablas deben enumerarse separadamente y en forma consecutiva usando números arábigos. Por ejemplo: “Figura 1. Esquema de modulación”, “Tabla 1. Datos de entrada”. Las leyendas de figuras y tablas deben ser Arial Narrow de 10 puntos. Use mayúscula inicial solo para la primera palabra de cada leyenda de figura o título de tabla. Para el contenido de las tablas use Arial Narrow de 8 puntos. Localice las tablas y figuras lo más cerca posible a la primera referencia de las mismas, al inicio o final de cada columna; evite colocarlas en el medio de las columnas. A continuación, se presenta un ejemplo de formato correcto para las tablas y figuras en la Figura 1 y la Tabla 1.



Figura 1. Ejemplo de imagen con resolución aceptable.

Tabla 1. Ejemplo de una tabla.

Sectores	N	%
Arriba	10	14.5
Abajo	13	60.2

Fuente: Adaptado de [2]

Todas las figuras (gráficas, ilustraciones, fotos) deben estar centradas, inclusive el título. Los artes (figuras, etc.) deben estar en su sitio dentro del artículo (preferiblemente como parte del texto en lugar de pegados). Procure utilizar ilustraciones, gráficas y fotos de alta calidad, mínimo 300 dpi, para evitar que se distorsionen si se amplían o reducen. Una vez se apruebe su artículo, se le solicitará que envíe las imágenes en formato JPG o PNG y las tablas o fórmulas en formato PDF de ser necesario.

Ecuaciones y símbolos

Para las ecuaciones, utilice el editor de ecuaciones de Microsoft y asegúrese de utilizar tipo Arial Narrow 10 puntos para las variables, números y texto en general. Para el formato de la ecuación (Format Object) seleccione "in line with text" y asegúrese que la numeración correspondiente queda alineada a la derecha y la ecuación queda centrada, como se ilustra a continuación

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) \, dr \, d\varphi \quad (1)$$

Enumere las ecuaciones en forma consecutiva en paréntesis. Para hacer las ecuaciones más compactas puede utilizar el solidus (/), la función exp, o exponentes apropiados, y use paréntesis para evitar ambigüedades en los denominadores, como en

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) \, dr \, d\varphi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \quad (2)$$

$$\cdot \int_0^{\infty} \exp(-\lambda |z_j - z_i|) \lambda^{-1} J_1(\lambda r_2) J_0(\lambda r_i) \, d\lambda.$$

Asegúrese que los símbolos en su ecuación se han definido antes que aparezca la ecuación o inmediatamente después de la ecuación. Utilice tipo itálica para los símbolos (así, por ejemplo, T para referirse a una temperatura, mientras que T para la unidad Tesla). Refiérase a "(1)" no a "ec. (1)" ni "ecuación (1)".

Confine las ecuaciones a una columna y de ser necesario, divídalas en los símbolos algebraicos apropiados (como en (2)).

Con respecto a los símbolos matemáticos, letras griegas u otros elementos gráficos asegúrese que se muestran e imprimen correctamente, y que están incluidos en los tipos de letras (font packages) disponibles regularmente en MS Word.

Pies de página

Procure no utilizar pies de página. Si se utiliza colóquelo en la parte inferior de la columna de la página en la cual se hace referencia. Use Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo. Para facilitar la lectura, evite el uso de pies de página e incluya las observaciones necesarias en el texto (entre paréntesis, si se prefiere, como se ilustra aquí).

Secciones más comunes

Las siguientes secciones son las más usuales (pero no están limitadas a éstas) en un artículo de investigación.

Resumen: en el caso del resumen estructurado, el mismo debe incluir cuatro elementos identificables,

- El objetivo, es decir, el propósito fundamental del estudio y la hipótesis principal si la hubiera.
- Los materiales y métodos, se mencionan los procedimientos para la realización del estudio, se describen modelos, esquemas, herramientas, equipos, así como los métodos de modelado, simulación, observación y analíticos.
- Los resultados más relevantes del estudio, incluyendo la magnitud de los efectos y su importancia.
- Las conclusiones más relevantes que se sustentan directamente en los datos, junto con su aplicación.

Introducción: debe ubicar al lector en el contexto del trabajo. La introducción debe contener:

- La naturaleza del problema cuya solución o información se describe en el documento.
- El estado de la técnica en el dominio tratado (con sus respectivas referencias bibliográficas).
- El objetivo del trabajo, su relevancia y su contribución en relación al estado de la técnica.
- La descripción de la forma como el documento está estructurado, evitando que parezca una tabla de contenido.

Materiales y métodos: es importante presentar el diseño y tipo de investigación, pasos de la investigación, métodos y materiales. Además, también deben incluirse los criterios de selección del material tratado, los controles, estudios planeados y realizados.

Resultados y discusión: se recomienda presentar los resultados en orden lógico acorde a la metodología planteada. Usar tablas y figuras cuando sea posible para presentar los resultados de forma clara y resumida.

- Deben indicarse claramente los hallazgos más significativos.
- Posterior a la presentación de los resultados, se destacarán y discutirán los aspectos más importantes del trabajo. Toda afirmación debe estar avalada por los resultados obtenidos. Y por último, comparar los resultados obtenidos con estudios previos
- Se evitará repetir la enumeración de los resultados o los conceptos que se presentan en la introducción. Los autores expondrán el significado y trascendencia de los resultados obtenidos, su concordancia o no con estudios similares ya realizados, las limitaciones de su trabajo y la continuación lógica de éste.
- Se recomienda extremar la síntesis evitando repeticiones innecesarias.
- Tenga mucho cuidado en el texto del artículo al usar porcentajes o estadísticas con un pequeño número de muestras. Es incorrecto: "El sesenta por ciento (3/5) de las muestras X y el 20% (1/5) de Y han demostrado resistencia a los medicamentos." Es correcto: "Tres de cada cinco ejemplares de

X y 1 de cada 5 ejemplares de Y han demostrado resistencia a los medicamentos."

- Cuando un número empieza una oración entonces debe escribirlo en letras. Además, utilice numerales cuando las cifras sean mayores que 10.

Conclusión: las conclusiones deben ser enunciadas con claridad y deberán cubrir:

- Las contribuciones del trabajo y su grado de relevancia.
- Las ventajas y limitaciones de las propuestas presentadas.
- Referencia y aplicaciones de los resultados obtenidos.
- Recomendaciones para trabajos futuros.
- Impacto sobre la comunidad científica

Es importante indicar que no se requiere una sección de conclusión, pero que si se incluye debe cuidar que, aun cuando una sección de conclusión pueda resumir los puntos principales del artículo o ensayo, no debe duplicar el resumen en la conclusión. Una conclusión, como se ha indicado, debe elaborarse sobre la importancia del trabajo o sugerir aplicaciones y extensiones del mismo.

Los otros tipos de artículos tendrán estructura libre.

Apéndices (Anexos)

Los apéndices o anexos, de ser necesarios, aparecen antes del agradecimiento.

Agradecimiento

Podrán incorporarse, cuando se considere necesario, las personas, centros o entidades que hayan colaborado o apoyado la elaboración del trabajo, sin que ello justifique la calidad de autor. Debe especificarse la naturaleza de la ayuda.

Utilice el término en singular en el encabezado, aun cuando pueda tener muchos agradecimientos. Evite expresiones tales como "Uno de nosotros (S.A.M) agradece...". En lugar de esto, escriba "S. A. M. agradece...". El reconocimiento de apoyo a algún patrocinador o de apoyo financiero va en esta sección, por ejemplo, "Este trabajo fue financiado o apoyado en parte por la Secretaría Nacional bajo el acuerdo BS12345".

Referencias

La sección de Referencias va al final del documento y no debe estar enumerada. En ella debe listar y enumerar todas las referencias bibliográficas en Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo.

Utilice los estilos Regular e Itálica para distinguir entre los diferentes campos como se muestra en los ejemplos de esta sección.

Las referencias bibliográficas aparecerán seguidas de la última sección del texto, o de los agradecimientos, sin cambiar de hoja.

En el texto, enumere los elementos consecutivamente (en orden de aparición) en paréntesis cuadrados (e.g., [1]). Cuando se refiera a un elemento de la referencia, simplemente use el número de referencias, como en [2]; no use "Ref. [2]" o "Referencia [2]", excepto al inicio de una oración, e.g., "En [2] se muestra que...". Múltiples referencias se deben enumerar cada una con paréntesis separados (e.g., [1], [2], [4]-[6]).

A continuación se ilustran diferentes categorías con su formato que incluyen: libro [1], libro en una serie [2], artículo de revista (journal) [3], artículo en revista electrónica con DOI [4], artículo de conferencia [5], patente [6], sitio web [7], página web [8], hoja de datos [9], libro de datos como un manual [10], tesis de maestría o doctorado [11], reporte técnico [12], estándar [13].

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Gonçalves, E. Fox, & L. Watson, "Towards a digital library theory: a formal digital library ontology," *International Journal on Digital Libraries*, vol. 8, no. 2, pp. 91-114, 2008. <http://doi:10.1007/s00799-008-0033-1>
- [5] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [6] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [7] (2002) The IEEE website. [Online]. Disponible en: <http://www.ieee.org/>
- [8] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Disponible en: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] FLEXChip Signal Processor (MC68175/D), Motorola, 1996.
- [11] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [12] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [13] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Std. 802.11, 1997.



Portal de REVISTAS ACADÉMICAS UTP



Bienvenido al Portal de Revistas Académicas (Investigación, Académica, Cultural, Congresos Nacionales e internacionales) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).
 Este sitio nace como una iniciativa del proyecto UTP-Ridda² para mostrar la producción científica e investigativa desarrollado por los docentes, investigadores y estudiantes de la UTP. Este proyecto es desarrollado por la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, Editorial Universitaria y la Dirección de Comunicación Estratégica, con el apoyo de las principales autoridades de nuestra Universidad.
 El objetivo de esta plataforma es visibilizar la producción científica en las revistas científicas en vías de mejorar el alcance de las publicaciones a nivel nacional e internacional a través de la integración en directorios, bases de datos, catálogos e indexaciones.

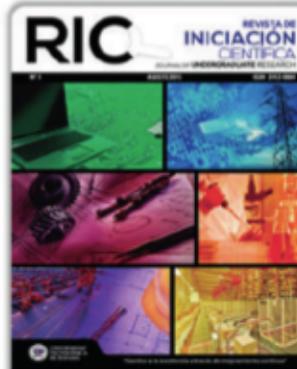
A partir del 2018 las publicaciones de los volúmenes de las revistas I+D Tecnológico, Prisma Tecnológico y la Revista de Iniciación Científica (RIC) se les asignará un DOI (Digital Object Identifier).



I+D Tecnológico
 ISSN: 1680-8894
 E-ISSN: 2219-6714



Prisma Tecnológico
 ISSN: 2076-8133
 E-ISSN: 2312-637X



Revista de Iniciación Científica
 ISSN: 2412-0464
 E-ISSN: 2413-6786



Revista RETOS XXI
 ISSN: 2524-1125
 E-ISSN: 2524-1133



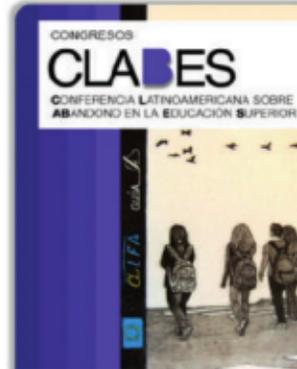
El Tecnológico
 ISSN: 1819-9623
 E-ISSN: 1819-9623



Cultural Maga
 ISSN: 1018-1563
 E-ISSN: 1018-1563



Memorias de Congresos UTP



Congresos CLABES

Visítenos en:

<http://www.revistas.utp.ac.pa>

No es necesario registrarse para tener acceso a los contenidos de las revistas



Universidad Tecnológica de Panamá
Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso,
Edificio #3, planta baja.
Teléfono: (507) 560-3703 / Telefax: (507) 560-3442
Correo electrónico: editorial@utp.ac.pa
Web: www.utp.ac.pa
Apartado Postal 0819-07289 El Dorado
Panamá, República de Panamá