

[Coordinador]
Félix Javier Manjarrés Arias

Convergencia de las ingenierías

Enfoques interdisciplinarios y
soluciones innovadoras para los retos
contemporáneos en industria, energía,
automatización y producción
(Volumen II)



Religación
Press



Convergencia de las Ingenierías:

*Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras
para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía,
Automatización y Producción (Volumen II)*

[Coordinador]

Félix Javier Manjarrés Arias

Quito, Ecuador
2025

*Convergence of Engineering: Interdisciplinary Approaches
and Innovative Solutions for Contemporary Challenges in
Industry, Energy, Automation, and Production (Volume II)*

*Convergência das engenharias: Abordagens
interdisciplinares e soluções inovadoras para os desafios
contemporâneos em indústria, energia, automação e
produção (Volume II)*

Religación Press

[Ideas desde el Sur Global]

Equipo Editorial / Editorial team

Ana B. Benalcázar

Editora Jefe / Editor in Chief

Felipe Carrión

Director de Comunicación / Scientific Communication Director

Melissa Díaz

Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator

Sarahi Licango Rojas

Asistente Editorial / Editorial Assistant

Consejo Editorial / Editorial Board

Jean-Arsène Yao, Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova, Fabiana Parra, Mateus Gam-
ba Torres, Siti Mistima Maat, Nikoleta Zampaki, Silvina Sosa

Religación Press, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones CICSHAL-
RELIGACIÓN | Religación Press, is part of the editorial collection of the CICSHAL-
RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.

CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.

Correo electrónico | E-mail: press@religacion.com

www.religacion.com

Disponible para su descarga gratuita en | Available for free download at | <https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



Derechos de autor | Copyright: *Religación Press*, Félix Javier Manjarrés Arias; Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos, Nilson Yecid Bautista Chivata, Javier David Paredes Daza, Lidia Constanza Hurtado Peña, Erick Mejía Sánchez, Axel Soto González, Israel López Castillo, Lizeth Magaly Islas Ventura, Reyna Serrano Téllez, Angel David Flores Vidaurre, Enrique Santos Nauca Torres, Dilmer Aarown Mechan Flores, Ana Bertha Cotrina Camacho, Bryan Scott Becerra Huamán

Primera Edición | First Edition: 2025

Editorial | Publisher: *Religación Press*

Materia Dewey | Dewey Subject: 620 - Ingeniería y operaciones afines

Clasificación Thema | Thema Subject Categories: *TG - Ingeniería mecánica y de materiales* | *TH - Tecnología e ingeniería energética* | *TGP - Ingeniería de producción*

BISAC: TEC009000

Público objetivo | Target audience: *Profesional / Académico* / Professional / Academic

Colección | Collection: *Ingeniería*

Soporte | Format: *PDF / Digital*

Publicación | Publication date: 2025-12-22

ISBN: 978-9942-594-14-3

Título: Convergencia de las ingenierías: Enfoques interdisciplinarios y soluciones innovadoras para los retos contemporáneos en industria, energía, automatización y producción (Volumen II).

[APA 7]

Manjarrés Arias, F. J. (2025). *Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen II)* . Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.387>

Revisión por pares

La presente obra fue sometida a un proceso de evaluación mediante el sistema de dictaminación por pares externos bajo la modalidad doble ciego. En virtud de este procedimiento, la investigación que se desarrolla en este libro ha sido avalada por expertos en la materia, quienes realizaron una valoración objetiva basada en criterios científicos, asegurando con ello la rigurosidad académica y la consistencia metodológica del estudio.

Peer Review

This work was subjected to an evaluation process by means of a double-blind peer review system. By virtue of this procedure, the research developed in this book has been endorsed by experts in the field, who made an objective evaluation based on scientific criteria, thus ensuring the academic rigor and methodological consistency of the study.

Coordinador

Coordinator

Félix Javier Manjarrés Arias.

Es docente e investigador del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, especializado en el área de Diseño y Mecánica Computacional. Su formación académica inició con el título de Tecnólogo en Mecánica de Aviación mención Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la Fuerza Aérea, seguido por los títulos de Ingeniero Automotriz por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE e Ingeniero Industrial por la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Posteriormente, obtuvo los posgrados de Magíster en Gestión de Empresas mención PYMES en la ESPE y Magister en Ciencias en Diseño, Producción y Automatización Industrial por la Escuela Politécnica Nacional. Su trayectoria profesional incluye la participación en proyectos de investigación y vinculación, manteniendo colaboración interinstitucional con la Universidad Técnica de Cotopaxi, la Escuela Politécnica Nacional y la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Adicional a su rol en la ESPE, es catedrático en el programa de Maestría de Diseño Mecánico, con mención en Estructuras y Recipientes a Presión, de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Escuela Politécnica Nacional. Su producción científica está documentada en artículos académicos disponibles para consulta en su perfil de Google Scholar.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE | Latacunga | Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-2045-9276>

fxmanjarres@espe.edu.ec

Autores/as:

Félix Javier Manjarrés Arias; Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos, Nilson Yecid Bautista Chivata, Javier David Paredes Daza, Lidia Constanza Hurtado Peña, Erick Mejía Sánchez, Axel Soto González, Israel López Castillo, Lizeth Magaly Islas Ventura, Reyna Serrano Téllez, Angel David Flores Vidaurre, Enrique Santos Nauca Torres, Dilmer Aarown Mehan Flores, Ana Bertha Cotrina Camacho, Bryan Scott Becerra Huamán

Resumen

Este libro presenta un diálogo entre el conocimiento ancestral y la innovación contemporánea. Explora la sofisticada ingeniería maya y azteca, la cual transformó su entorno mediante sistemas hidráulicos, agrícolas y arquitectónicos integrados a una visión cósmica del mundo. En paralelo, examina investigaciones modernas sobre las propiedades de materiales como el polvo de carbón, el desarrollo de productos gastronómicos innovadores que redefinen sabores tradicionales, y el impacto transformador de la tecnología digital en la economía global. A través de estudios de caso concretos, la obra revela cómo el ingenio aplicado, ya sea para resolver problemas de habitabilidad, crear nuevos materiales o impulsar negocios, constituye un puente esencial entre el legado cultural y los desafíos de sostenibilidad y competitividad en el mundo actual.

Palabras clave:

Ingeniería ancestral, innovación tecnológica, sostenibilidad, cultura material, transformación digital.

Abstract

This book presents a dialogue between ancestral knowledge and contemporary innovation. It explores the sophisticated Maya and Aztec engineering, which transformed their environment through hydraulic, agricultural, and architectural systems integrated with a cosmic worldview. In parallel, it examines modern research on the properties of materials such as coal dust, the development of innovative gastronomic products that redefine traditional flavors, and the transformative impact of digital technology on the global economy. Through concrete case studies, the work reveals how applied ingenuity, whether to solve habitability problems, create new materials, or drive business, constitutes an essential bridge between cultural heritage and the challenges of sustainability and competitiveness in today's world.

Keywords:

Ancestral engineering, technological innovation, sustainability, material culture, digital transformation.

Resumo

Este livro apresenta um diálogo entre o conhecimento ancestral e a inovação contemporânea. Explora a sofisticada engenharia maia e asteca, que transformou seu entorno por meio de sistemas hidráulicos, agrícolas e arquitetônicos integrados a uma visão de mundo cósmica. Em paralelo, examina pesquisas modernas sobre as propriedades de materiais como o pó de carvão, o desenvolvimento de produtos gastronômicos inovadores que redefinem sabores tradicionais, e o impacto transformador da tecnologia digital na economia global. Através de estudos de caso concretos, a obra revela como a engenhosidade aplicada, seja para resolver problemas de habitabilidade, criar novos materiais ou impulsionar negócios, constitui uma ponte essencial entre o legado cultural e os desafios de sustentabilidade e competitividade no mundo atual.

Palavras-chave:

Engenharia ancestral, inovação tecnológica, sustentabilidade, cultura material, transformação digital.

Contenido

Revisión por pares	6
Peer Review	6
Coordinador	8
Coordinator	8
Resumen	10
Abstract	10
Resumo	11
Introducción	14
El ingenio aplicado: un puente entre la sabiduría ancestral y los desafíos del siglo XXI	
<i>Félix Javier Manjarrés Arias</i>	
Capítulo 1	19
Ingeniería Maya: ciencia, territorio y cosmos en una civilización del agua y la piedra	
<i>Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos</i>	
Capítulo 2	34
Thermal and Electrical Conductivity of Coal Powders: A Case Study	
<i>Nilson Yecid Bautista Chivata, Javier David Paredes Daza, Lidia Constanza Hurtado Peña</i>	
Capítulo 3	57
Tecnología, paisaje y poder: la ingeniería azteca en el corazón del México prehispánico	
<i>Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos</i>	
Capítulo 4	71
Evaluación sensorial y microbiológica de Habanebrijo: salsa de habanero (Capsicum chinense) y cerveza artesanal	
<i>Erick Mejía Sánchez, Axel Soto González, Israel López Castillo</i>	
Capítulo 5	85
Comparación múltiple de gelificantes en la textura de gomita sabor cocada: transformación de tradición a vanguardia	
<i>Lizeth Magaly Islas Ventura, Reyna Serrano Téllez</i>	
Capítulo 6	96
La transformación digital y la globalización: impacto de las tecnologías de información en la nueva economía y el comercio internacional	
<i>Angel David Flores Vidaurre, Enrique Santos Nauca Torres, Dilmer Aarown Mehan Flores, Ana Bertha Cotrina Camacho, Bryan Scott Becerra Huamán</i>	

Introducción. El ingenio aplicado: un puente entre la sabiduría ancestral y los desafíos del siglo XXI

Félix Javier Manjarrés Arias

Nos complace presentar este volumen, una obra que celebra la inteligencia práctica y el conocimiento aplicado como fuerzas transformadoras a lo largo del tiempo y los contextos. La presente colección reúne seis investigaciones que, en su aparente diversidad disciplinar, comparten un núcleo común: la búsqueda rigurosa de soluciones concretas a problemas materiales, económicos y sociales, desde la gestión de recursos hasta la innovación en la producción. Este prólogo tiene como propósito guiar al lector a través del particular viaje intelectual que propone el libro, destacando la singular contribución de cada capítulo y la narrativa de conjunto que emerge de su secuencia.

Manjarrés Arias, F. J. (2025). El ingenio aplicado: un puente entre la sabiduría ancestral y los desafíos del siglo XXI. En F. J. Manjarrés Arias. (Coord). *Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen II)*. (pp. 14-17). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.387.c731>



El viaje comienza en las profundidades del tiempo y la tradición. El **Capítulo 1, “Ingeniería Maya: ciencia, territorio y cosmos en una civilización del agua y la piedra”**, establece un fundamento filosófico y técnico crucial. Demuestra cómo el conocimiento tecnológico de una civilización ancestral se desarrolló en íntima simbiosis con su entorno, creando sistemas hidráulicos, agrícolas y arquitectónicos que eran a la vez funcionales, simbólicos y sostenibles. Este legado no se presenta como una reliquia, sino como una fuente de claves para la habitabilidad contemporánea.

Desde esta mirada a la ingeniería integrada con el paisaje, la obra da un salto a la investigación material contemporánea. El **Capítulo 2, “Thermal and Electrical Conductivity of Coal Powders: A Case Study”**, representa el rigor del método científico aplicado a un recurso energético específico. Su enfoque analítico y experimental sobre las propiedades del polvo de carbón para su aprovechamiento en briquetas ilustra cómo la optimización de materiales responde a necesidades energéticas y productivas actuales.

La reflexión retorna al pasado prehispánico con el **Capítulo 3, “Tecnología, paisaje y poder: la ingeniería azteca en el corazón del México prehispánico”**, ofreciendo un fascinante contrapunto y complemento al estudio maya. Aquí se analiza otra gran civilización, cuya ingeniería especialmente el sistema de chinampas y el control hidráulico del lago mostró una capacidad extraordinaria para sostener una mega urbe. El capítulo subraya, además, la inextricable relación entre tecnología, organización del poder y cosmovisión.

A partir de este punto, el libro pivota hacia la aplicación innovadora del conocimiento en la esfera de la producción y el consumo modernos. El **Capítulo 4, “Evaluación sensorial y microbiológica de Habanebrío: salsa de habanero (*Capsicum chinense*) y cerveza artesanal”**, ejemplifica la innovación gastronómica con base científica. Combina la revalorización de ingredientes locales con metodologías sensoriales y microbiológicas rigurosas para crear un producto

seguro, atractivo y con identidad cultural, conectando tradición culinaria con mercados contemporáneos.

Este enfoque en la innovación de productos se profundiza en el **Capítulo 5, “Comparación múltiple de gelificantes en la textura de gomita sabor cocada: transformación de tradición a vanguardia”**. A través de un estudio sensorial controlado, demuestra cómo la ciencia de alimentos puede optimizar y modernizar un dulce tradicional, identificando el ingrediente técnico (grenetina) que mejor traduce la esencia del sabor en una experiencia textural deseable para el consumidor actual.

Finalmente, la obra amplía su lente al panorama global con el **Capítulo 6, “La transformación digital y la globalización: impacto de las tecnologías de información en la nueva economía y el comercio internacional**. Este estudio sintetiza el impacto transversal de la tecnología digital, identificándola como el gran catalizador y desafío de la competitividad y la sostenibilidad en el siglo XXI. Cierra el volumen situando todas las formas de ingenio anteriores ancestral, material, gastronómico dentro del ecosistema interdependiente y acelerado de la economía global actual.

Conclusión

En conjunto, estos seis capítulos tejen una narrativa poderosa y necesaria: el ingenio aplicado es una constante humana, pero sus expresiones y contextos evolucionan. El libro nos muestra que la sofisticada gestión del agua por mayas y aztecas y la medición de la conductividad del polvo de carbón comparten un mismo espíritu de indagación práctica sobre la materia y la energía. Asimismo, la innovación que busca capturar el sabor único del habanero en una salsa o perfeccionar la textura de una gomita, dialoga con la búsqueda ancestral de armonía entre necesidad, recurso y cultura.

Esta colección trasciende, por tanto, la mera compilación de casos de estudio. Propone una epistemología del hacer y el resolver, donde el conocimiento, ya sea emergente de la observación milenaria

del cosmos o de un análisis de datos en Scopus, se valida en su capacidad para transformar positivamente la realidad material y social. El hilo conductor es la convicción de que los grandes desafíos de sostenibilidad, competitividad y bienestar requieren de una inteligencia práctica que sepa honrar el legado, comprender las propiedades fundamentales de los materiales y dominar las herramientas del presente.

Esta obra se ofrece, así como un testimonio y un instrumento. Para el académico, es un ejemplo de investigación aplicada en múltiples campos. Para el estudiante, una ventana a la diversidad de la ciencia y la ingeniería. Y para cualquier lector interesado en el futuro, un recordatorio elocuente de que las soluciones a los problemas más apremiantes a menudo se encuentran en la sabiduría acumulada del pasado, en el rigor del método científico y en la creatividad para reinventar, desde el paladar hasta la cadena de suministro global, nuestra relación con el mundo.

Capítulo 1

Ingeniería Maya: ciencia, territorio y cosmos en una civilización del agua y la piedra

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos

Resumen

Este capítulo examina la ingeniería maya como expresión de un conocimiento tecnológico sofisticado, ecológicamente equilibrado y profundamente integrado a la vida cultural. El análisis se organiza en tres dimensiones centrales: los sistemas hidráulicos que permitieron gestionar el agua en regiones de clima variable y sostener grandes centros urbanos; la arquitectura monumental planificada con criterios matemáticos y astronómicos de alta precisión; y los modelos agrícolas diversificados que garantizaron estabilidad alimentaria, conservación del suelo y regeneración ambiental mediante prácticas adaptativas de largo plazo. El estudio se desarrolla desde un enfoque cualitativo, histórico-interpretativo y analítico, sustentado en un paradigma humanista y un diseño narrativo de tópico. Los resultados muestran que la ingeniería maya no fue solo material o funcional, sino también simbólica, comunitaria y estrechamente vinculada al paisaje y al orden cósmico. Se concluye que su legado ofrece claves relevantes para pensar formas de habitabilidad sostenible ante la crisis climática actual.

Palabras clave:
Ingeniería maya;
Sostenibilidad
ecológica;
Arquitectura
mesoamericana;
Sistemas
agrícolas
prehispánicos;
Gestión hídrica.

Álvarez Sepúlveda, H. A., & Benoit Ríos, C. G. (2025). Ingeniería Maya: ciencia, territorio y cosmos en una civilización del agua y la piedra. En F. J. Manjarrés Arias, (Coord). Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen II). (pp. 19-32). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.387>. c732



Introducción

La civilización maya —extendida por lo que hoy corresponde a México, Guatemala, Belice, Honduras y El Salvador— se caracterizó por un desarrollo científico y tecnológico que permitió el florecimiento de ciudades complejas y la creación de redes políticas y comerciales de larga duración. Los mayas, lejos de ser únicamente una cultura ritual y astronómica, lograron avances significativos en ingeniería aplicada al manejo del agua, la agricultura, la arquitectura monumental y la planificación territorial. Investigaciones de los últimos treinta años (Freidel, 1993; Demarest, 2004; Lucero, 2006; Harada, 2024), muestran que esta civilización desarrolló sistemas constructivos y urbanos altamente adaptados a la ecología tropical, demostrando que ciencia y espiritualidad operaban como dimensiones complementarias del conocimiento. Como indican Coe y Houston (2015), la sofisticación de sus ciudades no puede comprenderse sin el conocimiento experimental acumulado durante siglos en torno a la observación climática, la cartografía del terreno y la experimentación constructiva. La ingeniería maya fue, por tanto, una expresión integral de su cosmovisión: una tecnología al servicio de la vida colectiva, el equilibrio ecológico y el orden simbólico del universo.

Lo anterior se vuelve aún más notable considerando que los mayas no contaban con herramientas metálicas de hierro, poleas, ruedas de tracción ni animales de carga para la movilización de materiales pesados, lo que los obligó a perfeccionar estrategias de talla, transporte manual y estabilización estructural (Demarest, 2004). Su capacidad de transformar materiales disponibles —piedra caliza, madera, estuco, obsidiana y arcillas— evidencia un dominio científico que, según Sharer y Traxler (2006), se basó en el conocimiento empírico acumulado y en una planificación urbana que articulaba infraestructura, astronomía y poder político. La alineación geométrica de sus ciudades con eventos celestes, la estandarización de patrones constructivos y la optimización de recursos naturales revelan una ingeniería orientada no solo a la funcionalidad, sino también a la mo-

numentalidad estética y simbólica (Schele & Mathews, 1998; Inomata & Houston, 2001).

Estudiar la ingeniería maya permite reconstruir su historia material y reflexionar sobre cómo las sociedades humanas pueden alcanzar equilibrio entre tecnología y naturaleza. En un mundo actual marcado por crisis hídricas, erosión de suelos y urbanización acelerada, los modelos ingenieriles mayas ofrecen lecciones sobre sostenibilidad, uso racional del territorio y convivencia ecológica. Reconocer la profundidad técnica de esta cultura implica también cuestionar la idea de progreso lineal, pues el desarrollo científico no siempre se expresa a través de maquinaria industrial, sino mediante conocimiento integrado a la tierra y al cosmos.

En consecuencia, el objetivo de este ensayo es analizar y poner en valor los avances de la ingeniería maya en tres dimensiones fundamentales —hidráulica, urbanística-arquitectónica y agrícola— para demostrar que se trata de un sistema tecnológico complejo, sostenible y culturalmente integrado, cuyas soluciones ofrecen claves interpretativas y aprendizajes vigentes para enfrentar desafíos ambientales y urbanos actuales. Así, la ingeniería maya constituye una referencia epistemológica que interpela el presente y abre posibilidades para el futuro.

Metodológicamente, este ensayo se construye a partir de una revisión de alcance de literatura arqueológica, historiográfica y antropológica centrada en la ingeniería de la civilización maya. Se analizaron fuentes provenientes de bases académicas como Scopus, Web of Science y Google Académico, además de obras clásicas de referencia. El estudio se sitúa en un enfoque cualitativo, histórico-interpretativo y analítico, sustentado en un diseño narrativo de tópico y un paradigma humanista que prioriza la comprensión del vínculo entre tecnología, ecología y cosmovisión, antes que la medición cuantitativa del desarrollo material. Esta estrategia permitió identificar patrones de diseño, técnicas constructivas y principios ecológicos presentes en la infraestructura maya, así como interpretar su función sociopolítica y

su pertinencia actual. A la vez, posibilita reflexionar sobre las proyecciones del modelo ingenieril maya para diseñar propuestas actuales orientadas a la sostenibilidad hídrica, urbana y agroecológica.

Ingeniería hidráulica: control del agua como fundamento del poder urbano

El agua fue el eje estructural de la supervivencia maya. En regiones como Petén y la península de Yucatán, la ausencia de ríos permanentes exigió la creación de sistemas de captación pluvial y almacenamiento a gran escala. Las ciudades mayas desarrollaron aguadas artificiales, chultunes subterráneos, estanques escalonados, suelos impermeabilizados con estuco y complejos drenajes que permitían retener agua incluso en temporadas de sequía prolongada. Scarborough (1998), sostiene que los mayas no solo gestionaron el recurso hídrico, sino que diseñaron auténticas redes hidráulicas urbanas capaces de abastecer a decenas de miles de habitantes. Este manejo hídrico fue especialmente determinante en centros urbanos con densidades poblacionales altas, donde el suministro periódico del recurso implicó un control social deliberado.

En Tikal se han encontrado reservorios interconectados, filtrados por capas de arena y grava, que mantenían el agua limpia durante meses, lo cual evidencia una comprensión avanzada sobre filtración y purificación. Palenque, por su parte, desarrolló acueductos abovedados que conducían agua mediante gravedad, demostrando dominio técnico sobre presión hidráulica, declive controlado y resistencia estructural en piedra (López y López, 2006). En Calakmul se ha documentado una red de 13 reservorios conectados, con canales de entrada y salida que regulaban el flujo en temporadas de lluvias extremas, evitando desbordamientos y desperdicio del recurso (Folan et al., 1995). La ingeniería maya fue, así, tanto preventiva como distributiva, orientada a la eficiencia y a la sostenibilidad urbana.

El agua también poseía profundas implicancias políticas y cosmológicas: quien controlaba los reservorios controlaba la vida misma, regulaba el tiempo agrícola y legitimaba su autoridad dentro del orden social. La élite gobernante supervisaba la construcción, mantenimiento y distribución del agua, asociando la gestión hidráulica al prestigio dinástico y al poder ritual (Demarest, 2004). Las ceremonias ligadas a Chaac, dios de la lluvia, reforzaban esta relación entre ingeniería y espiritualidad, pues el ciclo hídrico no se concebía únicamente como fenómeno natural, sino como fuerza divina que debía ser honrada para asegurar fertilidad y estabilidad territorial (Freidel, 1993). La infraestructura hidráulica operaba, así, como tecnología y como símbolo: un sistema material y ritual que articulaba ciudadanía, alimento, subsistencia y gobierno.

Desde una perspectiva actual, los sistemas hidráulicos mayas revelan un modelo de ingeniería resiliente frente a climas irregulares, capaz de equilibrar demanda urbana y disponibilidad natural. El diseño multiescalar —desde depósitos domésticos hasta reservorios urbanos masivos— anticipa principios modernos de gestión hídrica descentralizada y sustentabilidad territorial (Lucero, 2006; Inomata et al., 2021). Por ello, estudiar estos sistemas permite comprender cómo una civilización sin metalurgia avanzada ni maquinaria pesada diseñó soluciones hidráulicas comparables, en complejidad funcional, a infraestructuras modernas. Su legado ilumina un pasado extraordinario que ofrece orientaciones valiosas para enfrentar los desafíos del futuro.

Arquitectura, planificación urbana y matemática constructiva

Las ciudades mayas pueden ser leídas como organismos interconectados: pirámides-templo, palacios, canchas de juego de pelota, sacheob y observatorios formaban un plano urbano alineado con ciclos astronómicos y con una racionalidad espacial vinculada al movimiento del sol, la luna y Venus. La disposición de los edificios fue el resultado de una concepción matemática que integraba concep-

nes cosmogónicas y medición empírica del espacio. Schele y Mathews (1998), explican que muchas edificaciones responden a patrones matemáticos basados en proporción, simetría modular y orientación solar, siendo la pirámide de Kukulkán en Chichén Itzá el ejemplo más célebre. En los equinoccios, el efecto lumínico que simula el descenso de la serpiente emplumada revela un dominio geométrico y astronómico que trasciende la decoración: es arquitectura como calendario viviente y como discurso visual del tiempo (Aveni, 2001).

La relación entre arquitectura y cálculo se refleja también en el uso del calendario tzolk'in y en la concepción numerológica del espacio sagrado. Se han identificado patrones proporcionales que replican múltiplos del 13 y del 20 —números fundamentales en el conteo mesoamericano— en la disposición de plataformas, escalinatas y paneles decorativos. No se trató solo de construir ciudades habitables, sino de materializar el cosmos en piedra. De acuerdo con Houston et al. (2006), los edificios mayas funcionaban como “fijadores del tiempo”, espacios donde el pasado, el presente y el devenir se hacían visibles en sombra, luz y orientación.

Sharer y Traxler (2006), sostienen que la construcción con piedra caliza tallada, estuco y mortero implicó conocimiento avanzado de peso, fricción, distribución del esfuerzo y estabilidad estructural. Las bóvedas de aproximación —a diferencia del arco romano— permitieron cubrir espacios amplios mediante bloques inclinados que convergían en un vértice sin necesidad de cimbra metálica. Este recurso ingenieril, presente en Uxmal, Palenque y Copán, evidencia experimentación con cargas laterales y con técnicas de contrapeso. La monumentalidad no fue un acto improvisado: requirió planificación volumétrica, cálculo del peso y un conocimiento profundo del comportamiento mecánico de la piedra.

Los sacbeob —calzadas elevadas— integraron ciudades distantes mediante ingeniería vial que resistió humedad, raíces y erosión. Algunos alcanzaron más de 100 km de longitud, con capas de grava

compactada y revestimientos de cal que mantenían la superficie estable incluso bajo intensa lluvia tropical. Más que simples caminos, fueron arterias que conectaron centros ceremoniales, promoviendo circulación política, comercial y militar. La urbanística maya fue, por tanto, un entramado de conexiones rituales y estratégicas: cada espacio poseía un rol funcional dentro de un sistema mayor.

En este sentido, la arquitectura maya debe comprenderse como síntesis de tres racionalidades: técnica, simbólica y astronómica. La ciudad se convirtió en una herramienta de observación del cielo, un escenario político y un lugar habitable, confirmando que la ingeniería fue un vehículo para monumentalizar la memoria colectiva. Como indica Aveni (2001), la arquitectura maya fue una ciencia de la orientación, una manera de leer el firmamento mediante piedra, forma y proporción. Su sofisticación no emerge únicamente de la grandeza visible, sino del pensamiento matemático y cosmológico que la hizo posible.

Ingeniería agrícola, ecología y sostenibilidad productiva

Una civilización de tal magnitud solo pudo sostenerse mediante sistemas agrícolas eficientes y diversos. Aunque tradicionalmente se ha vinculado la agricultura maya al sistema de roza, tumba y quema, hoy se ha demostrado la existencia de agroecosistemas altamente complejos basados en camellones elevados (raised fields), huertos forestales (forest gardens) y terrazas en pendiente, los cuales permitieron optimizar la producción incluso en entornos ecológicamente adversos. Turner y Harrison (1983), documentaron en Pultrouser Swamp una infraestructura agrícola hidráulica capaz de transformar pantanos en terrenos fértiles, permitiendo cultivos continuos en condiciones de humedad extrema. Los canales permitían regular el flujo del agua, mientras que el sedimento acumulado aportaba nutrientes que renovaban de manera natural la fertilidad del suelo y prevenían su degradación.

Lucero (2006), argumenta que la agricultura maya fue un sistema de manejo forestal sustentable que equilibraba extracción y regeneración vegetal mediante técnicas de rotación, diversidad de cultivo y aprovechamiento vertical del ecosistema. Los huertos milperos integraban maíz, frijol, calabaza, tubérculos, plantas medicinales, árboles frutales y maderas duras, disminuyendo riesgo de agotamiento del suelo y aportando diversidad alimentaria; un modelo agroecológico que hoy se considera precursor de prácticas sustentables actuales. Además, la combinación de cultivos generaba relaciones simbióticas: el frijol fijaba nitrógeno, la calabaza protegía la humedad del suelo y el maíz actuaba como soporte estructural. La milpa funcionó, así, como sistema de autosuficiencia nutricional y regeneración ecológica simultánea.

El manejo agrícola maya no se limitó a la producción alimentaria, sino también a la construcción del paisaje. En zonas montañosas, como en la Sierra de los Cuchumatanes, la presencia de terrazas agrícolas permitió evitar la erosión y retener humedad en suelos inclinados, lo que muestra conocimiento avanzado sobre conservación edáfica. En otras regiones, como el norte de Belice o el Petén guatemalteco, se han encontrado campos elevados extensivos que constituyen auténticos paisajes agrohidráulicos, diseñados para absorber, drenar o retener agua según la temporada. La ingeniería agrícola maya fue, por tanto, adaptativa: modificó el ecosistema sin destruirlo, integrando infraestructura productiva con regeneración natural.

Esta ingeniería ecológica de carácter regenerativo permite afirmar que los mayas fueron pioneros en sostenibilidad agrícola, mucho antes de que el concepto existiera como categoría contemporánea (Houston et al., 2006; Inomata et al., 2021). Su lógica productiva contrasta con modelos actuales de monocultivo intensivo, que degradan suelos, reducen biodiversidad y exigen altos insumos químicos. La evidencia bibliográfica analizada indica que los sistemas mayas producían abundancia con resiliencia, manteniendo estabilidad ecológica durante siglos. Este legado abre aprendizajes relevantes frente al

cambio climático y la crisis alimentaria actual: la ingeniería agrícola puede sostener poblaciones sin comprometer el futuro del ecosistema. De este modo, la agricultura maya alimentó a una civilización y, a la vez, configuró un horizonte sostenible de relación con el territorio.

Conclusión

La ingeniería maya constituye uno de los logros tecnológicos más notables del continente americano. Lejos del estereotipo primitivista que dominó la historiografía durante décadas —que redujo su complejidad cultural a ritualismo o misticismo—, la literatura especializada demuestra que los mayas desarrollaron soluciones sofisticadas en hidráulica, urbanismo y agricultura sin depender de metales pesados, poleas, ruedas de tracción ni animales de carga. Su grandeza radica no solo en la monumentalidad de sus ciudades, sino en la racionalidad ecológica que integró observación ambiental, experimentación empírica y sentido espiritual del cosmos, configurando una tecnología que era al mismo tiempo científica y sagrada.

Comprender su legado invita a reflexionar sobre la relación de la sociedad con el territorio. El modelo hidráulico demuestra que es posible regular el agua con eficiencia sin devastar cuencas ni ríos; la arquitectura demuestra que la planificación urbana puede dialogar con el movimiento solar y no solo con la expansión económica; la agricultura maya confirma que la producción alimentaria puede sostenerse a largo plazo mediante diversidad ecológica y no mediante monocultivo intensivo. En un mundo tensionado por crisis climáticas, migración ambiental, desertificación y colapso hídrico, la ingeniería maya emerge como alternativa epistemológica y como advertencia civilizatoria.

Su modelo —sostenible, adaptativo, simbólico y comunitario— recuerda que la tecnología puede ser compatible con la naturaleza y que el progreso no exige sacrificar biodiversidad, equilibrio ecológico ni cohesión social. Redescubrir su ciencia implica recuperar una re-

lación con el entorno en la que el conocimiento no se impone sobre la tierra, sino que dialoga con ella. La ingeniería maya, vista desde el presente, actúa a la vez como espejo y como horizonte: muestra lo que la humanidad fue capaz de construir y, al mismo tiempo, aquello que todavía podría llegar a lograr.

El estudio de la ingeniería maya abre un campo fértil para investigaciones venideras, especialmente en un contexto global que exige repensar los modelos de habitabilidad y producción alimentaria. Una proyección relevante consiste en profundizar el análisis comparativo entre infraestructura maya y tecnologías actuales de aprovechamiento hídrico, evaluando la pertinencia de aplicar modelos descentralizados de almacenamiento y filtración en zonas con stress hídrico. Asimismo, futuras investigaciones podrían ampliar el estudio geoarqueológico de campos elevados y huertos forestales para reconstruir con mayor precisión los ciclos productivos, tiempos de rotación y resiliencia ecológica ante eventos climáticos extremos. Otro eje emergente corresponde a la modelización 3D y simulación computacional de redes hidráulicas y urbanas, lo que permitiría evaluar su eficiencia en escenarios hidrometeorológicos diversos. Finalmente, se vuelve imprescindible explorar el vínculo entre ingeniería y cosmología para comprender cómo la racionalidad maya integró matemáticas, astronomía y territorialidad en un mismo sistema productivo y simbólico. Avanzar en estas líneas permitirá no solo ampliar el conocimiento científico sobre esta civilización, sino también incorporar sus lógicas tecnológicas como insumo para diseñar políticas públicas sostenibles en el presente y en el futuro.

Referencias

- Aveni, A. (2001). *Skywatchers: A revised and updated version of Skywatchers of Ancient Mexico*. University of Texas Press.
- Coe, M., & Houston, S. (2015). *Los mayas*. Thames and Hudson.
- Demarest, A. (2004). *Ancient Maya: The rise and fall of a rainforest civilization*. Cambridge University Press.
- Folan, W. J., Marcus, J., Pincemin, S., Carrasco, M. D., Fletcher, L. A., & López, A. M. (1995). Calakmul: New data from an ancient Maya capital in Campeche, Mexico. *Latin American Antiquity*, 6(4), 310–334. <https://doi.org/10.2307/971834>
- Freidel, D., Schele, L., & Parker, J. (1993). *Maya cosmos: Three thousand years on the shaman's path*. William Morrow.
- Harada, T. (2024). Más allá de la «visión de los vencidos»: Revalorización de la perspectiva indígena en el estudio de la geografía política de los mayas. *Cuadernos CANELA*, 35, 25–42.
- Houston, S., Stuart, D., & Taube, K. (2006). *The memory of bones: Body, being, and experience among the Classic Maya*. University of Texas Press.
- Inomata, T., & Houston, S. D. (2001). *Royal courts of the ancient Maya*. Westview Press.
- Inomata, T., Triadan, D., Vázquez López, V. A., Fernandez-Díaz, J. C., Omori, T., Méndez Bauer, M. B., García Hernández, M., Beach, T., Cagnato, C., Aoyama, K., & Nasu, H. (2020). Monumental architecture at Aguada Fénix and the rise of Maya civilization. *Nature*, 582(7813), 530–533. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2343-4>
- López Austin, A., & López Luján, L. (2001). *El pasado indígena*. Fondo de Cultura Económica.
- Lucero, L. J. (2006). *Water and ritual: The rise and fall of Classic Maya rulers*. University of Texas Press.
- Scarborough, V. L. (1998). Ecology and ritual: Water management and the Maya political process. *Latin American Antiquity*, 9(2), 135–159. <https://doi.org/10.2307/971991>
- Schele, L., & Mathews, P. (1998). *The code of kings: The language of seven sacred Maya temples and tombs*. Scribner.
- Sharer, R. J., & Traxler, L. P. (2006). *The ancient Maya*. Stanford University Press.

Turner, B. L., II, & Harrison, P. D. (1983). *Pulltrouser Swamp: Ancient Maya habitat, agriculture, and settlement in northern Belize*. University of Texas Press.

Mayan engineering: Science, territory and cosmos in a civilization of water and stone

Engenharia Maia: ciência, território e cosmos em uma civilização da água e da pedra

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0001-5729-3404>

halvarez@ucsc.cl

humalvarezsep@gmail.com

Académico de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile). Doctor en Sociedad y Cultura por la Universidad de Barcelona (España). Autor de diversos capítulos de libros y artículos sobre educación histórica publicados en revistas científicas indexadas a WoS, Scopus y Scielo.

Claudine Glenda Benoit Ríos

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0002-1791-2212>

cbenoit@ucsc.cl

claudbenoit@gmail.com

Académica del Departamento de Didáctica de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción (Chile). Doctora en Lingüística, por la Universidad de Concepción. Investigadora en didáctica de la comprensión y producción del lenguaje, y estrategias colaborativas durante el procesamiento.

Abstract

This chapter examines Mayan engineering as an expression of sophisticated technological knowledge that was ecologically balanced and deeply integrated into cultural life. The analysis is organized into three central dimensions: the hydraulic systems that allowed water to be managed in regions with variable climates and sustained large urban centers; monumental architecture planned with highly precise mathematical and astronomical criteria; and diversified agricultural models that ensured food stability, soil conservation, and environmental regeneration through long-term adaptive practices. The study is developed from a qualitative, historical-interpretative, and analytical approach, based on a humanistic paradigm and a topical narrative design. The results show that Mayan engineering was not only material or functional, but also symbolic, communal, and closely linked to the landscape and the cosmic order. It concludes that their legacy offers relevant keys to thinking about forms of sustainable habitability in the face of the current climate crisis.

Keywords: Mayan engineering; Ecological sustainability; Mesoamerican architecture; Pre-Hispanic agricultural systems; Water management.

Resumo

Este capítulo examina a engenharia maia como expressão de um conhecimento tecnológico sofisticado, ecologicamente equilibrado e profundamente integrado à vida cultural. A análise está organizada em três dimensões centrais: os sistemas hidráulicos que permitiram gerenciar a água em regiões de clima variável e sustentar grandes centros urbanos; a arquitetura monumental planejada com critérios matemáticos e astronômicos de alta precisão; e os modelos agrícolas diversificados que garantiram estabilidade alimentar, conservação do solo e

regeneração ambiental por meio de práticas adaptativas de longo prazo. O estudo é desenvolvido a partir de uma abordagem qualitativa, histórico-interpretativa e analítica, sustentada por um paradigma humanista e um desenho narrativo de tópico. Os resultados mostram que a engenharia maia não foi apenas material ou funcional, mas também simbólica, comunitária e estreitamente vinculada à paisagem e à ordem cósmica. Conclui-se que seu legado oferece chaves relevantes para pensar formas de habitabilidade sustentável perante a atual crise climática.

Palavras-chave: Engenharia maia; Sustentabilidade ecológica; Arquitetura mesoamericana; Sistemas agrícolas pré-hispânicos; Gestão hídrica.

Capítulo 2

Thermal and Electrical Conductivity of Coal Powders: A Case Study

Nilson Yecid Bautista Chivata, Javier David Paredes Daza,
Lidia Constanza Hurtado Peña

Abstract

In this study, the thermal and electrical conductivity of coal dust extracted from certain coal mines in the metropolitan area of San José de Cúcuta, in the department of Norte de Santander, Colombia, was investigated for the purpose of utilizing them in briquette production. Representative samples of thermal coal from the “La Milenita” and “Salazar” mines were taken and subjected to quartering and air drying. Proximate or physicochemical analyses of the samples were conducted, including sulfur content, swelling index, and calorific value, in accordance with respective ASTM standards. Subsequently, cylindrical samples of coal dust were manufactured with three grain sizes, using water as a binder with a moisture content of 20%. Thermal conductivity was determined as a function of compaction pressure at each mine using the KD2 Pro® equipment. Finally, electrical conductivity was experimentally obtained for the three grain sizes, maintaining a moisture content of 25%.

Keywords:
Coal powder;
Thermal
conductivity;
electric conductivity;
KD2;
logistics function.

Bautista Chivata, N. Y., Paredes Daza, J. D., & Hurtado Peña, L. C. (2025). Thermal and Electrical Conductivity of Coal Powders: A Case Study. En F. J. Manjarrés Arias, (Coord). *Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción* (Volumen II). (pp. 34-55). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.387.c733>



Introduccion

Colombia is a country with large reserves of high-quality coal, sufficient to supply the domestic and foreign markets (Marín et al., 2024). Most of the reserves are located in the Caribbean and Andean regions, in departments such as Antioquia, Boyacá, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Guajira and the Santanderes (South and North). The department of Norte de Santander stands out as one of the main suppliers, being responsible for approximately one-third of these reserves, which are mainly composed of thermal coals. These coals are mainly used in the ceramic production industry, in the manufacture of cement, and in thermoelectric plants (Marín et al., 2024; Rico, 2020). Given its geographic location, a large part of the production is destined for export through the port of Maracaibo in Venezuela (Bautista et al., 2011). On the other hand, in the San José metropolitan area, large quantities of this mineral are used in the production of heat in furnaces, in the generation of steam, and various thermal systems, competing directly with other raw materials such as oil, natural gas and even wood (Valencia & Quiroga, 2022; Ruiz et al., 2012; Bautista-Ruiz et al., 2011).

Coal is a black, combustible, sedimentary metamorphic rock composed of organic and inorganic components of varying abundance and origin (Moore et al., 2022; Nath, 2024). It is mainly composed of carbon (approximately 80%) and other light chemical elements such as hydrogen, oxygen, and nitrogen. Its composition is quite heterogeneous; part of the charcoal, known as charcoal mineral matter, does not come from plant remains, while another part is organic matter derived from plant residues. These residues, through biochemical and geological processes, change their physical and chemical properties (Akinyemi et al., 2021; Gómez et al., 2020).

The inorganic matter present in coal is the result of processes associated with peat accumulation and the evolution of the degree of carbonization (Moore et al., 2022; Thomas, 2020). Anthracite has the

highest carbon content, followed by bituminous coal (high, medium, and low volatile), sub-bituminous, lignite, and, finally, peat (Barragan et al., 2021). These components provide geological information on the depositional conditions and formation of coal sequences (Suárez-Ruiz & Crelling, 2008), being essential for the use and application of this fossil fuel (Strambo et al., 2018). One of the most basic ways to characterize coal is by physicochemical analysis, which aims to determine the amount of residual moisture (ASTM D3173), volatile matter (ASTM D3175), ash and fixed carbon (ASTM D3174), as well as sulfur content (ASTM D3172-13), swelling index (ASTM D720-91) and calorific value (ASTM D388-19). This approach constitutes the simplest and most generalized way to characterize coal in the laboratory (Paredes-Celi et al., 2019; Cheng, 2021).

Other properties of interest studied concerning the use of thermal carbon are its thermal and electrical conductivity (Ruiz et al., 2012; Bautista-Ruiz et al., 2011; Bautista et al., 2011). From physical principles, it is known that there are three different mechanisms for heat exchange between a point, a surface, or a hot and a cold body: heat transfer by radiation, convection, or conduction (Eivari et al., 2021). It is well known that metals conduct heat, while wool is a good thermal insulator. To understand the reason for this, it is relevant to relate macroscopic characteristics to microscopic parameters (Ausloos, 2001).

Fourier's law is phenomenological and constitutes a first approximation to the heat conduction model. This law is developed from observed phenomena rather than derived from basic principles. Thermal conductivity can be defined as the intrinsic ability of a material to transmit heat, i.e., it indicates the rate at which energy is transferred through the diffusion process (Forsberg, 2020). For a cylindrical system in which there is only radial heat transfer and no heat generation, it is possible to express the heat conduction law as follows:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(kr \frac{\partial T}{\partial r} \right) = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

Where T is the temperature (K), r is the radial distance (m), k is thermal conductivity ($W/m K$), ρ is the density mass density (kg/m^3), and c_p is the specific heat ($J/kg K$). Considering a steady state with constant thermal conductivity and linear radial heat flow, with boundary condition $T(r_i) = T_i$; $(r_0) = 0$ and using Fourier's law, it is possible to obtain a solution to the heat equation (Ausloos, 2001; Eivari et al, 2021; Carslaw & Jaeger, 1959). For this purpose, the thermal conductivity is expressed as:

$$k = \frac{q[\ln(t_2) - \ln(t_1)]}{4\pi(T_2 - T_1)} \quad (2)$$

Finally, when an electric field E (V/m) is displaced in one direction, a current density is produced J (A/m^2) due to the charge carriers; in most natural substances, it is observed that the current density is proportional to the intensity of the electric field, the constant of proportionality being known as the electrical conductivity, σ (Ω/m) of the material. This is known as Ohm's law (Sibley, 2021). The value of conductivity depends on the characteristics of each material, being very high in excellent metallic conductors and very low in insulators (Serway et al., 2018; Sanches et al., 2023).

When considering a straight wire of area A (m^2) and length L (m) subjected to a constant potential difference V (V), an electric current is generated I (A) which is related to the potential difference as follows:

$$V = RI \quad (3)$$

Where R (Ω) represents the opposition to the passage of current, also known as electrical resistance. By rewriting equation (3) as a function of the electric field and current density in the wire, an expression can be found that explicitly relates the electrical resistance of the material and its electrical conductivity (Serway et al., 2018; Sanches et al., 2023; Sibley, 2021; Bautista, 2011), being this:

$$\sigma = \frac{L}{RA} \quad (4)$$

In this work we report the results of the characterization of the mechanical, thermal, and electrical properties of coal from two mines belonging to the department of Norte de Santander, considering coal grains of three different grain sizes, compacted at different pressures. The results of this research will be relevant for rethinking how to reuse the reuse of coal dust generated during the extraction, transportation, and use of coal in the industry, which is usually considered waste. This strategy focuses on the production of compact briquettes to reduce the environmental impact footprint.

Methodology, materials and methods

Different samples of thermal coal were taken from the “La Milenita” and “Salazar” mines, which were supplied by the San Carlos coal company, located in Cúcuta. Once the samples were obtained, they were subjected to quartering and air drying, then crushed with a mechanical mill to obtain the coal powder, which was classified into three-grain sizes using sieves: #100 (149 μm), #50 (297 μm) and #30 (595 μm), according to A.S.T.M E1195, E-323, D-410 standards.

To perform the proximate and technological analyses, a total of 50 g of coal from each mine was quartered and crushed with a passing sieve #60 (250 μm) according to ASTM D2234 and ASTM D7430-08 standards. Then the physicochemical analysis was carried out to determine its chemical and physical composition, as well as the technological test to calculate the amount of sulfur, swelling, and calorific value, following the aforementioned standards. The results are reported in Table 1.

Thermal conductivity

To measure the thermal conductivity, the thermal charcoal was dried for 24 h at 40°C in an air circulation oven. Subsequently, cylindrical samples of coal powder were manufactured with 20% moisture (Ruiz et al., 2012; Bautista-Ruiz et al., 2012), as shown in Figure 1. Using the KD2 Pro® Thermal Properties Analyzer (Decagon-Devices, 2011), the thermal conductivity was experimentally determined for each mine, as illustrated in Figure 2. The experimental design involved introducing a constant amount of the wet coal powder mixture into high-pressure cylindrical molds. Using a hydraulic press, force was applied to a plunger to compact the coal. Once the sample was compacted, its conductivity was measured at room temperature. Several cylinders were prepared by varying the compaction pressure. The results for the different granulometries can be seen in Figures 4, 5 and 6.

Figure 1. Thermal carbon powder compaction pressure system. Ceramic Materials Research Center CIMAC. Francisco de Paula Santander University.



Source: own elaboration

Figure 2. Measurement of the thermal conductivity of carbon powder by means of the KD2 PRO® equipment. Ceramic Materials Research Center CIMAC. Francisco de Paula Santander University.



Source: own elaboration

The KD2 PRO® calculates thermal conductivity, resistivity and diffusivity values by monitoring the heat dissipation of an on-line heat source, given a known voltage. When an electrically heated long probe is inserted into the sample and a heat pulse is sent, the temperature rises from an initial temperature to a specific distance, from the probe, is:

$$T - T_0 = \left(\frac{q}{4\pi k} \right) E_i \left(\frac{-r^2}{4Dt} \right) \quad (5)$$

where q is the heat produced per unit length per unit time (W/m), D is the thermal diffusivity (m^2/s) and E_i is the exponential integral function

$$-E_i(-a) = -\gamma - \ln \left(\frac{r^2}{4Dt} \right) + \frac{r^2}{4Dt} - \left(\frac{r^2}{8Dt} \right)^2 + \dots \quad (6)$$

Being $a = r^2/4Dt$ and the Euler constant (Ruiz et al., 2012; Decagon-Devices, 2011; Fontana et al., 2001). If sufficiently large time intervals are taken, it is possible to neglect the higher-order terms presented in Eq. (6). Thus, the temperature variation obtained after suspending the heat source is:

$$T - T_0 = \frac{q}{4\pi k} \left[\ln(t) - \gamma - \ln\left(\frac{r^2}{4D}\right) \right] \quad (7)$$

Equation (7) presents a linear behavior between the change in temperature and the logarithm of time. In this case, the KD2 Pro® equipment can obtain the thermal conductivity of the sample according to equation (2). For the analysis of the results, a logistic growth function with a saturation limit is used, described as:

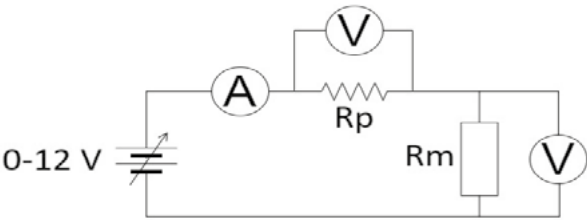
$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 - \left(\frac{x}{x_0}\right)^p} + A_2 \quad (8)$$

Which is a solution to the Nelder model, in which the parameter A_1 represent the value of the thermal property (thermal conductivity) of the sample without compaction pressure, A_2 is the value of the property with large compaction pressure (maximum saturation value), x_0 is the point at which the change in curvature occurs, and p the growth rate (Wu et al., 2020; Jukić & Scitovski, 1996).

Electrical conductivity

For the measurement of electrical conductivity, the setup shown in Figure 3 was recreated with the carbon samples. In this case, data were taken for the three-grain sizes of each mine, varying the voltage between 0 and 12 V DC, in a mixture of powder and distilled water with a moisture content of 15% and 25%.

Figure 3. Equivalent circuit in the performance of electrical conductivity tests.



Source: own elaboration

In the circuit shown in Figure 3, the value of R_p represents the test resistance, used to determine the value of the electric current flowing through the series circuit. On the other hand, R_m corresponds to the value of the electrical resistance of the sample of thermal carbon mixed with water at 25% humidity, deposited in an insulating container of known dimensions (Bautista et al., 2011). From the measurements made, the respective graph of V vs I was generated for each mine and its corresponding particle sizes, as shown in Figure 10 and Figure 11. Finally, the respective data analysis was carried out according to the theory.

Result and analysis

Table 1 presents the physicochemical analyses of the “La Milenita” and “Salazar” mines. As can be seen, these mines have two very similar types of coal. The swelling index indicates that being low, the presence of thermal coal deposits is confirmed in both cases. In addition, based on the amount of fixed carbon and volatile matter, it is determined that this mineral was classified as Bituminous type, characterized by being dense, black and hard, containing high A-B volatiles according to Barragan et al., 2021.

Table 1. Physicochemical and technological analyses obtained in the characterization of the coal.

Analysis	La Milenita mine (%)	Salazar mine (%)
Humidity	0.56	0.69
Ash	4.91	5.77
Volatile Matter	41.39	38.55
Fixed Carbon	53.14	54.99
Sulfur	0.69	0.72
Calorific Value	7722 Cal/g	7282 Cal/g
Swelling	2	4

Source: own elaboration

Results thermal conductivity

Figures 4 to 9 present the results of thermal conductivity under compaction pressure for each mine. It is evident that both mines show similar thermal conductivity values, even for different grain sizes. Using the logistic function (Eq. 8), it is observed that the first conductivity value ($P=0$) is low compared to the rest of the values, with a value near to $\kappa = 0.165 \text{ W/mK}$. From the second measurement onwards ($P = 250 \text{ psi}$), this physical parameter increases notably, reaching values close to $\kappa = 0.182 \text{ W/mK}$.

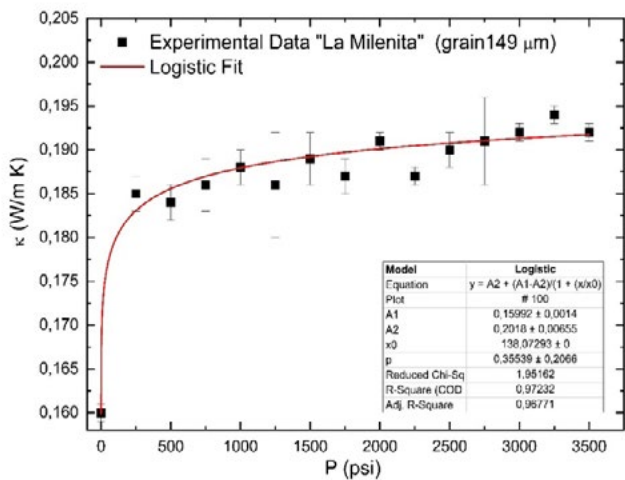
It can be assumed that the coal powder, not being under pressure, is more dispersed and may contain small regions of air that would hinder effective heat conduction. When pressure is applied to the sample, the charcoal is compacted, bringing the grains closer together and improving the heat transfer mechanism. It is also observed that, for subsequent measurements, the thermal conductivity continues to increase, but the change is not as significant as in the first measurement. Thus, for elevated pressures, the thermal conductivity remains almost constant and even, in some cases, tends to decrease slightly.

For the “La Milenita” mine, it is observed that the thermal conductivity shows a more favorable behavior for the #100 sieve, where a lower compaction pressure (250-1000 psi) is required for its application in the production of briquettes. However, the other grain sizes also show a consistently good approximation in the results, without the need to exceed 2500 psi of pressure.

As for the “Salazar” mine, it is observed that the thermal conductivity obtained for the #100 sieve is slightly better than for the #50 sieve, but requires a higher compaction pressure (1000-2000 psi) compared to the sample from the other mine. For the #30 sieve of this mine, it is observed that it takes longer to reach an approximately constant conductivity, reaching pressure values up to 3500 psi.

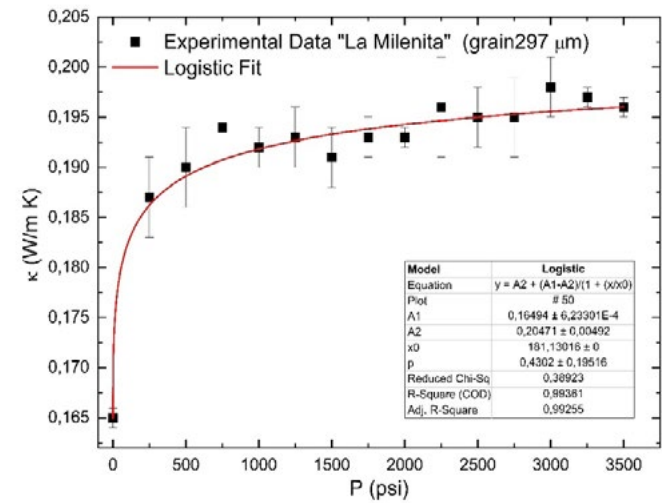
On the other hand, experimentally it was observed that, for high-pressure values, the sample begins to dry out because the pressure expels the water, which partially contributes to thermal conduction. This causes the thermal conductivity values to be almost constant or slightly decreasing compared to the values recorded for the pressures reported above. In addition, the grains are so close together that the change in density or volume of the sample is practically negligible.

Figure 4. Thermal conductivity vs. compaction pressure at La Milenita mine for a #100 sieve tests.



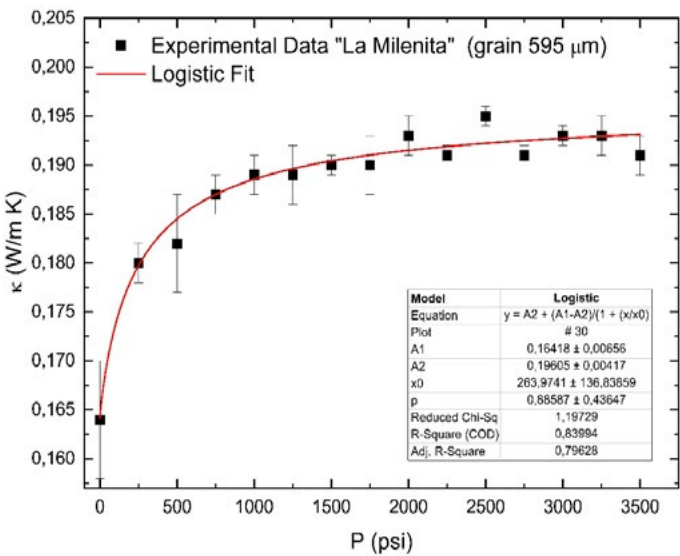
Source: own elaboration

Figure 5. Thermal conductivity vs. compaction pressure at La Milenita mine for a #50 sieve.



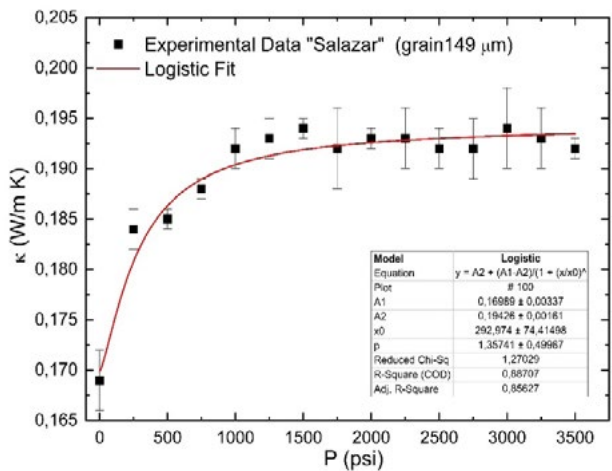
Source: own elaboration:

Figure 6. Thermal conductivity vs. compaction pressure at La Milenita mine for a #30 sieve.



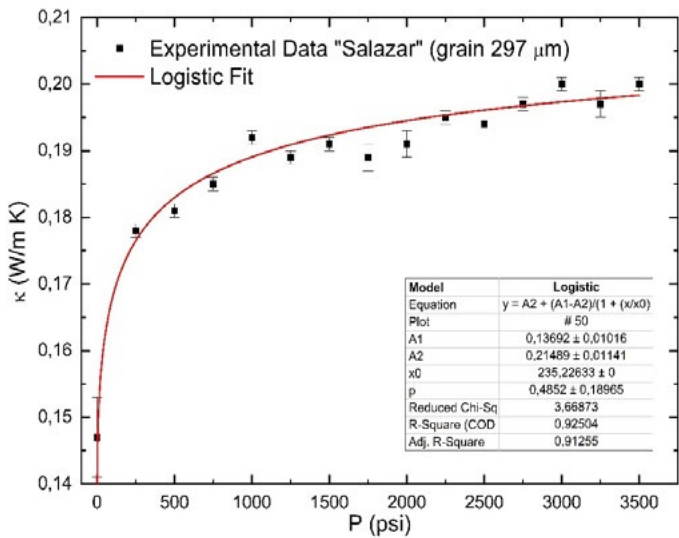
Source: own elaboration

Figure 7. Thermal conductivity vs. compaction pressure of Salazar mine for a #100 sieve.



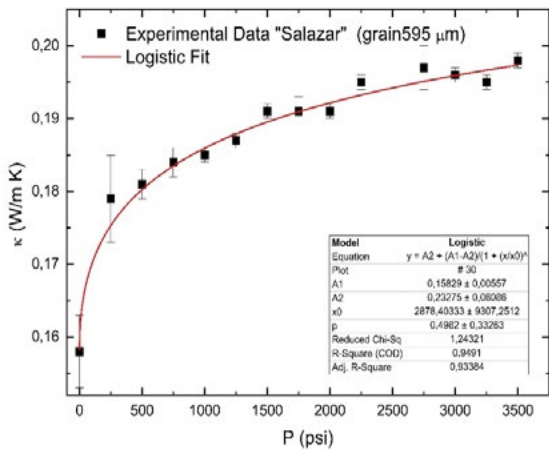
Source: own elaboration

Figure 8. Thermal conductivity vs. compaction pressure of Salazar mine for a #50 sieve.



Source: own elaboration

Figure 9. Thermal conductivity vs. compaction pressure of Salazar mine for a #30 sieve.



Source: own elaboration

Results electrical conductivity

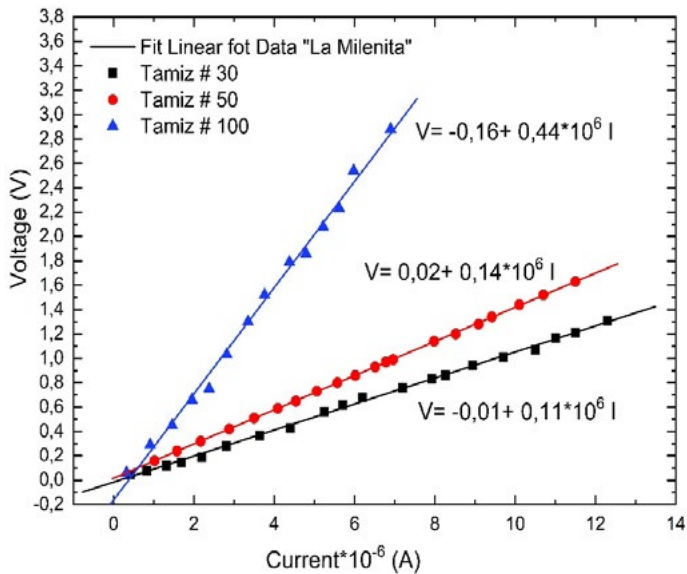
For the electrical conductivity test, a test resistor was used with a value of Ω was used to control the current in the circuit. Figures 10 and 11 show the Ohm’s law results for the “Salazar” and “La Milenita” mines. Table 2 shows the electrical conductivity parameters for each grain size.

Table 2. Electrical conductivity of coal for different grain sizes.

Electrical Conductivity			
Mine	Sieve #30	Sieve #50	Sieve #100
Salazar	8.06	5.01	2.11
La milenita	1.62	1.22	0.40

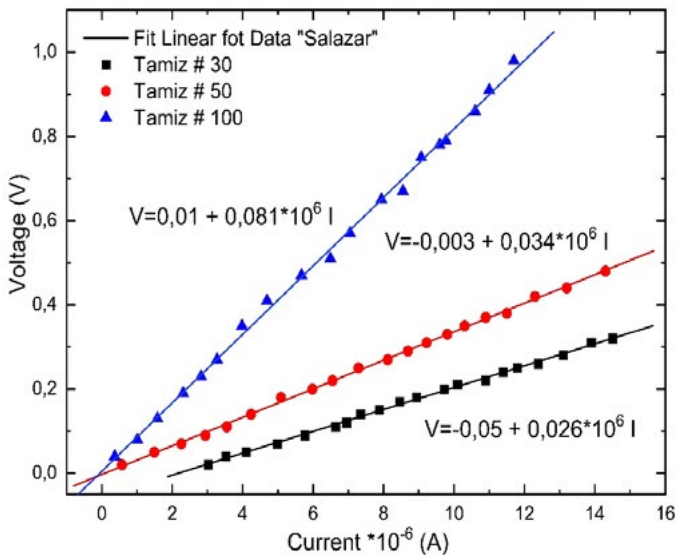
Source: own elaboration

Figure 10. Ohm's Law at different grain sizes for the “Salazar” mine.



Source: own elaboration

Figure 11. Ohm's Law at different grain sizes for “La Milenita” mine.



Source: own elaboration

Figures 10 and 11 show a linear behavior typical of ohmic materials. In both mine samples, an increasing trend of the electrical resistance exerted by the coal is noted as the grain size becomes smaller. This is reflected in Table 2, where the measured values of electrical conductivity are found. The “Salazar” mine presents a better behavior in terms of electrical conductivity, with a maximum of $\sigma = 8.06 * 10^{-5} \Omega/cm$ in comparison with the “La Milenita” mine, which has a maximum of $\sigma = 1.6 * 10^{-5} \Omega/cm$ being the first mine the best electrical conductor.

According to Table 1, “Salazar” has a higher amount of ash, which is usually indicative of the presence of conductive materials that benefit the transport of electric current. On the other hand, as the grain size decreases, the surface area increases, which means that the water added to the sample has to be distributed to a greater extent. This results in a smaller amount of surface area being occupied for a constant concentration, creating an insulating barrier. Therefore, better electrical conductivity is observed for sieves with a larger grain size.

Conclusion

Coal samples from the Salazar and La Milenita mines were characterized, obtaining thermal conductivity as a function of compaction pressure and electrical conductivity.

It is observed that the Salazar mine presents better electrical conductivity compared to the La Milenita mine. Likewise, the grain size that presented the best electrical conductivity is $595 \mu m$ (sieve #30).

The thermal conductivity of the La Milenita mine does not present significant changes in thermal conductivity when changing the grain size, while in the Salazar mine it is observed that its thermal conductivity increases slightly for larger grain sizes. However, being

so small would reflect that in the practice of briquette manufacturing it is not impactful.

This study provides a basis for the reuse of coal dust arising from the extraction, transportation and processing of thermal coal from the Norte de Santander region and will contribute to the creation of briquettes that could be used in the most efficient way possible, thus generating a positive impact on environmental problems and sustainable development.

Acknowledgements

We would like to thank the Center for Research in Ceramic Materials of the Francisco de Paula Santander University and its staff for lending us their facilities and support. We also thank the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, which financed the realization of this project, the Materials Physics Research Group for their hospitality, and the Carbon and Carbochemistry Group, which lent us their facilities and equipment.

References

- Akinyemi, S., Bohórquez, F., Nazrul, I., Saikia, B., Hoffmann Sampaio, C., & Crissien Borrero, T., & Silva, L. (2021). Petrography and geochemistry of exported colombian coals: Implications from correlation and regression analyses. *Energy Geoscience*, 2(3), 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2020.12.003>
- ASTM International. (2018). ASTM D3174-12; Standard test method for ash in the analysis sample of coal and coke from coal. <https://n9.cl/xa6tt>
- ASTM International. (2019). ASTM D388-19; Standard Classification of Coals by Rank. https://www.astm.org/d5865_d5865m-19.html
- ASTM International. (2020). ASTM D3175-20; Standard test method for volatile matter in the analysis sample of coal and coke. <https://www.astm.org/d3175-20.html>
- ASTM International. (2021). ASTM D3172-13; Standard practice for proximate analysis of coal and coke. <https://www.astm.org/d3172-13r21e01.html>
- ASTM International. (2022). ASTM D720/D720M-24; Standard test method for free-swelling index of coal. https://www.astm.org/do720_do720m-22.html
- Ausloos, M. (2001). Thermal conductivity. In K. H. J. Buschow, R. W. Cahn, M. C. Flemings, B. Ilshner, E. J. Kramer, S. Mahajan, & P. Veyssière, (eds.). *Encyclopedia of Materials: Science and Technology* (pp. 9151–9155). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043152-6/01650-8>
- Barragán, M. A. A., Díaz, A. L., Gómez, L. F. L., & Lancheros, E. G. (2021). *Gasificación de briquetas de carbón con biomasa: una alternativa energética sostenible*. Editorial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-UPTC. <https://doi.org/10.19053/9789586605182.9789586605199>
- Bautista, N., González, E., Bautista-Ruiz, J., & Peña-Rodríguez, G. (2011). Conductividad eléctrica de carbón térmico a diferente humedad y tamaño de grano. *Revista Habitus: Semilleros de investigación*, (3), 70–78. <https://doi.org/10.19053/22158391.1786>
- Bautista Ruiz, J. H., Peña Rodríguez, G., & Aperador Chaparro, W. (2011). Efecto del tipo y concentración de aglutinante en la conductividad térmica de polvos de carbón. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(1), 17–28.
- Cheng, Y., Liu, Q., & Ren, T. (2021). *Coal mechanics*. Springer.

- Crank, J. (1975). *The mathematics of diffusion*. Clarendon Press.
- Decagon Devices. (2011). *KD2 Pro thermal properties analyzer operator's manual*.
- Eivari, H. A., Sohbatzadeh, Z., Mele, P., & Assadi, M. H. N. (2021). Low thermal conductivity: fundamentals and theoretical aspects in thermoelectric applications. *Materials Today Energy*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.mtener.2021.100744>
- Fontana, A. J., Wacker, B., Campbell, C. S., & Campbell, G. S. (1998). *Simultaneous thermal conductivity, thermal resistivity, and thermal diffusivity measurement of selected foods and soil. 2001 ASAE Annual Meeting*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. <https://doi.org/10.13031/2013.5543>
- Forsberg, C. H. (2020). *Heat transfer principles and applications*. Academic Press.
- Gómez Rojas, O. P., Blandón, A., Perea, C., & Mastalerz, M. (2020). Petrographic characterization, variations in chemistry, and paleoenvironmental interpretation of Colombian coals. *International Journal of Coal Geology*, 227. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2020.103516>
- Jukić, D., & Scitovski, R. (1996). The existence of optimal parameters of the generalized logistic function. *Applied Mathematics and Computation*, 77(2-3), 281–294. [https://doi.org/10.1016/S0096-3003\(95\)00251-0](https://doi.org/10.1016/S0096-3003(95)00251-0)
- Marín Ariza, D. C., Mejía Mejía, C. H., & Mosquera Micolta, P. A. (2024). *Viabilidad financiera de sustituir los ingresos de la industria del carbón y petróleo en Colombia* [Tesis de especialización, Universidad Santo Tomás].
- Moore, T. A., Dai, S., Huguet, C., Pearse, J., Liu, J., Esterle, J. S., & Jia, R. (2022). Petrographic and geochemical characteristics of selected coal seams from the late Cretaceous-Paleocene Guaduas Formation, Eastern Cordillera Basin, Colombia. *International Journal of Coal Geology*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2022.104042>
- Nath, M. (2024). Importance of Coal Characteristics for Effective Utilization of Coal. *Environmental Science Archives*, 3(2), 76–82. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13825058>
- Paredes-C, J. A., Romero-R, L. M., Bedout-O, J. D. D., & Bernal-R, C. M. (2019). Análisis próximos y petrografía orgánica del carbón de la formación Los Cuervos en el sector de Chucarima (Chitagá, Norte de Santander) Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (45), 34–40. <https://doi.org/10.15446/rbct.n45.76114>

- Rico, P. F. R. (2020). Análisis al sector energético colombiano, 2010-2019. Una visión para el desarrollo de energías sostenibles. *Documentos De Trabajo ECACEN*, (1). <https://doi.org/10.22490/ECACEN.4121>
- Ruiz, J. H. B., Chaparro, W. A., & Mejía, A. S. (2012). Variación de las propiedades térmicas de polvos de carbón en función de la humedad y la distribución del tamaño de grano. *Respuestas*, 17(2), 93–101.
- Ruiz, I. S., & Crelling, J. C. (2008). *Applied coal petrology: The role of petrology in coal utilization*. Elsevier/Academic Press.
- Sánchez-Ortiga, E., & Ferrando Martín, V. (2023). *Fundamentos de Electromagnetismo*. Síntesis.
- Serway, R. A., Jewett, J. W., Wilson, K., & Rowlands, W. (2016). *Physics for Global Scientists and Engineers*. Cengage AU.
- Sibley, M. J. (2021). *Introduction to Electromagnetism: From Coulomb to Maxwell*. CRC Press.
- Speight, J. G. (2015). *Handbook of coal analysis*. John Wiley & Sons.
- Strambo, C., Espinosa, A. C. G., Velasco, A. J. P., & Atteridge, A. (2018). *Privileged coal: the politics of subsidies for coal production in Colombia*. Stockholm Environment Institute.
- Thomas, L. (2020). *Coal geology*. John Wiley & Sons.
- Valencia Rodriguez, K. D., & Quiroga Rodriguez, C. G. (2022). *Métodos de producción limpia que se pueden usar en la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta: ventajas y desventajas*. Universidad Francisco de Paula Santander.
- Wu, K., Darcet, D., Wang, Q., & Sornette, D. (2020). Generalized logistic growth modeling of the COVID-19 outbreak: comparing the dynamics in the 29 provinces in China and in the rest of the world. *Nonlinear Dynamics*, 101(3), 1561–1581. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05862-6>

Conductividad térmica y eléctrica de polvos de carbón: un caso de estudio ***Condutividade térmica e elétrica de pós de carvão: um estudo de caso***

Nilson Yecid Bautista Chivata

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia | Tunja | Colombia

<https://orcid.org/0000-0002-3422-0779>

nilson.bautista@uptc.edu.co

nilbaufisica@gmail.com

Físico, Magister en Ingeniería Mecánica, Docente e investigador en ciencias básicas en el programa de Licenciatura en Tecnología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Seccional Duitama.

Javier David Paredes Daza

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia | Duitama | Colombia

<https://orcid.org/0000-0002-0336-9335>

javier.paredes@uptc.edu.co

jp163398@gmail.com

Doctor en Ciencias de la Educación, Magister en Educación y Licenciado en Educación Industrial. Profesor investigador del programa de Licenciatura en Tecnología e Integrante del Comité Editorial del Periódico El RED@CTOR de la UPTC, Sede Duitama.

Lidia Constanza Hurtado Peña

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia | Duitama | Colombia

<https://orcid.org/0000-0002-8006-0294>

Lidia.hurtado@uptc.edu.co

Psicos33@hotmail.com

Psicopedagoga, Especialista en Pedagogía de los Derechos Humanos y Magister en Pedagogía. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Resumen

En este estudio se investigó la conductividad térmica y eléctrica de polvos de carbón extraídos de algunos yacimientos carboníferos del área metropolitana de San José de Cúcuta, en el departamento de Norte de Santander, Colombia, con el propósito de utilizarlos en la producción de briquetas. Se tomaron muestras representativas de carbón térmico de las minas “La Milenita” y “Salazar”, las cuales fueron sometidas a cuarteo y secado al aire libre. Se llevaron a cabo análisis próximos o físicoquímicos de las muestras, incluyendo la cantidad de azufre, el índice de hinchamiento y el poder calorífico, conforme a las respectivas normas ASTM. Posteriormente, se fabricaron muestras cilíndricas de polvos de carbón con tres tamaños de grano, utilizando agua como aglutinante con una humedad del 20%. Se determinó la conductividad térmica en función de la presión de compactación en cada mina mediante el equipo KD2 Pro®. Finalmente, se obtuvo experimentalmente la conductividad eléctrica en los tres tamaños de grano, manteniendo una humedad del 25%.

Palabras clave: Polvo de carbón; conductividad térmica; conductividad eléctrica; KD2; función logística.

Resumo

Neste estudo, investigou-se a condutividade térmica e elétrica de pós de carvão extraídos de algumas jazidas carboníferas da área metropolitana de San José de Cúcuta, no departamento de Norte de Santander, Colômbia, com o propósito de utilizá-los na produção de briquetes. Foram coletadas amostras

representativas de carvão térmico das minas «La Milenita» e «Salazar», as quais foram submetidas a quarteamento e secagem ao ar livre. Foram realizadas análises próximas ou fisicoquímicas das amostras, incluindo a quantidade de enxofre, o índice de inchamento e o poder calorífico, conforme as respectivas normas ASTM. Posteriormente, foram fabricadas amostras cilíndricas de pós de carvão com três tamanhos de grão, utilizando água como aglutinante com uma umidade de 20%. Determinou-se a condutividade térmica em função da pressão de compactação em cada mina utilizando o equipamento KD2 Pro®. Por fim, a condutividade elétrica foi determinada experimentalmente nos três tamanhos de grão, mantendo uma umidade de 25%.

Palavras-chave: Pó de carvão; Condutividade térmica; condutividade elétrica; KD2; função logística.

Capítulo 3

Tecnología, paisaje y poder: la ingeniería azteca en el corazón del México prehispánico

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos

Resumen

Este capítulo presenta un análisis integral de la ingeniería azteca entendida como un sistema tecnológico complejo, capaz de articular hidráulica, agricultura y urbanismo para sostener una de las sociedades más densamente pobladas del mundo prehispánico. Se examinan tres dimensiones centrales: el control hidráulico del entorno lacustre; la agricultura intensiva y ecológicamente estable de las chinampas; y la arquitectura monumental junto con la planificación urbana que expresaron y consolidaron el orden político, ritual y cosmológico del imperio Mexica. El estudio se desarrolla desde un enfoque cualitativo, interpretativo y narrativo de tópico, sustentado en un paradigma humanista e intercultural. Los resultados evidencian que la ingeniería azteca no solo respondió a exigencias materiales, sino que integró cosmovisión, organización comunitaria y dispositivos de legitimación del poder. Se concluye que los sistemas tecnológicos aztecas ofrecen claves pertinentes para abordar desafíos actuales vinculados con sostenibilidad, gestión hídrica y diseño urbano resiliente.

Palabras clave:
Ingeniería azteca;
Hidráulica
prehispánica;
Chinampas;
Urbanismo
mesoamericano;
Sostenibilidad
histórica.

Álvarez Sepúlveda, H. A., & Benoit Ríos, C. G. (2025). Tecnología, paisaje y poder: la ingeniería azteca en el corazón del México prehispánico. En F. J. Manjarrés Arias, (Coord). Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen II). (pp. 57-69). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.387.c734>



Introducción

La civilización azteca, asentada en el complejo sistema lacustre del valle de México, desarrolló algunas de las soluciones tecnológicas más avanzadas y adaptativas del mundo prehispánico. Su ingeniería no puede comprenderse como un fenómeno aislado ni utilitario; por el contrario, estuvo íntimamente entrelazada con su cosmovisión, sus estructuras de organización sociopolítica y un conocimiento ecológico profundamente arraigado en la observación sistemática del entorno (Ali & Al-Gharib, 2024). Según López y López (2006), la ingeniería mexica constituyó un dispositivo cultural que integraba técnica, ritualidad y poder, permitiendo que la vida urbana floreciera en un espacio que, para otras sociedades, habría resultado inhabitable. Del mismo modo, Smith (2013), enfatiza que la capacidad azteca para transformar un paisaje inestable —caracterizado por lagos someros, suelos de alta salinidad e inundaciones recurrentes— fue fundamental para la consolidación de Tenochtitlan como centro hegemónico de Mesoamérica.

Este dominio tecnológico se sustentó en la combinación de conocimiento empírico acumulado, organización colectiva del trabajo y una concepción del agua como entidad viva y sagrada, lo cual orientó decisiones urbanísticas y agrícolas. A ello se suma que, como apuntan Townsend (2009) y Berdan (2014), la ingeniería azteca no solo resolvía necesidades materiales, sino que también expresaba formas de legitimación política y ordenamiento simbólico del territorio.

En este marco, el presente ensayo examina la ingeniería azteca a partir de tres dimensiones fundamentales: (1) la ingeniería hidráulica destinada al control del entorno lacustre; (2) el sistema agrícola de chinampas, considerado uno de los modelos de intensificación productiva más eficientes del mundo preindustrial; y (3) la arquitectura y el urbanismo monumental como recursos para proyectar autoridad política, estabilidad urbana y orden cosmológico. A través de este análisis, se busca demostrar que la ingeniería mexica fue simultá-

neamente ciencia, cultura y estrategia de dominación, constituyendo un ejemplo paradigmático de cómo las sociedades originarias articularon conocimiento ecológico, tecnología y poder para sostener sistemas urbanos complejos.

Metodológicamente, este ensayo se construye a partir de una revisión de alcance de literatura especializada sobre ingeniería azteca, urbanismo mesoamericano y tecnologías agrícolas e hidráulicas del valle de México. Se analizaron fuentes obtenidas desde bases de datos como Scopus, Scielo y Google Académico, además de obras clásicas de referencia. El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo, interpretativo y narrativo de tópico, sustentado en un paradigma humanista e intercultural que privilegia la comprensión histórica, ecológica y simbólica de la tecnología antes que su simple cuantificación funcional. Esta estrategia permitió examinar la ingeniería azteca como un sistema integrado de saberes —hidráulicos, agrícolas, arquitectónicos y cosmológicos— y analizar cómo estas soluciones técnicas materializaron formas de organización política, control territorial y orden ceremonial. Al mismo tiempo, posibilita proyectar implicancias para debates recientes sobre sostenibilidad, urbanismo ecológico y recuperación de tecnologías ancestrales.

Ingeniería hidráulica: dominio del agua y transformación del paisaje

La ingeniería hidráulica azteca representó una de las innovaciones tecnológicas más sofisticadas del mundo prehispánico y se constituyó como la base material del desarrollo urbano de Tenochtitlan. Fundada en 1325 en un islote del lago de Texcoco, la capital mexicana enfrentaba desafíos ambientales continuos: fluctuaciones drásticas del nivel del agua, variaciones estacionales, alta salinidad, suelos inestables y la urgente necesidad de abastecer de agua dulce a una población que, hacia el siglo XVI, superaba ampliamente las 200.000 personas (Smith, 2013; Bravo, 2022). Este contexto geográfico obligó a la sociedad mexicana a desarrollar sistemas hidráulicos altamente

especializados que articularan conocimiento técnico, organización comunal y una profunda comprensión del ciclo hidrológico del valle.

Para responder a estas exigencias, los aztecas impulsaron obras de ingeniería de gran escala, muchas de ellas diseñadas en colaboración con los acolhuas de Texcoco. Durán (2006), atribuye a Nezahualcōyotl —gobernante y sabio acolhua— un papel fundamental en el diseño de los proyectos hidráulicos, destacándolo como ingeniero, planificador y astrónomo. Su obra más emblemática fue el Albarradón de Nezahualcōyotl, documentado por León (2003) y ampliamente descrito en códices y testimonios coloniales. Este dique monumental, con más de 16 kilómetros de extensión, combinó estacas de ahuehuate, relleno de piedra y cal, y un sistema de compuertas que permitía regular el flujo del agua. Sus funciones eran dobles: (a) contener las aguas salobres del lago de Texcoco y proteger las zonas de cultivo, y (b) mitigar las inundaciones estacionales que amenazaban a Tenochtitlan, cuyo nivel freático dependía de las lluvias anuales.

No obstante, el Albarradón no fue la única obra destacada. El acueducto de Chapultepec se convirtió en un hito de la ingeniería hidráulica mesoamericana. Este sistema funcionaba a partir de dos canales paralelos que transportaban agua dulce desde los manantiales de Chapultepec hasta el corazón de Tenochtitlan. Su diseño dual permitía que uno de los conductos pudiera ser reparado mientras el otro continuaba en funcionamiento, garantizando el suministro continuo. Los materiales empleados —piedra labrada, madera, arcilla compactada y canales elevados— reflejan un dominio técnico orientado a evitar filtraciones y asegurar un flujo constante en un terreno altamente poroso.

A estas obras se sumaban una compleja red de canales internos, considerados por Berdan (2014), como verdaderas “avenidas acuáticas” que estructuraban la vida urbana. Estos canales, junto con sus puentes removibles, facilitaban el transporte, el comercio y la movilidad cotidiana, a la vez que funcionaban como mecanismos defensivos en caso de invasión. De igual modo, existían sistemas de drenaje

subterráneo y plataformas estabilizadoras construidas con pilotes de madera para evitar hundimientos, técnica que hoy se asocia a la ingeniería de suelos.

Estas intervenciones evidencian que la ingeniería hidráulica azteca no se limitó a una adaptación pasiva al entorno, sino que implicó una profunda transformación del paisaje. Como señalan López y López (2006), para los mexicas el agua era simultáneamente recurso vital, fuerza sagrada y elemento ordenado por la acción humana. En este sentido, su control combinaba técnica, cosmología y política: controlar el agua significaba controlar la ciudad, los cultivos, el comercio y los ritmos simbólicos asociados al calendario y al ciclo agrícola. La ingeniería hidráulica, entonces, operaba como infraestructura material y como dispositivo de legitimación del poder imperial.

Chinampas: ingeniería agrícola, ecología y sostenibilidad

El sistema chinampero, desarrollado inicialmente por pueblos xochimilcas y posteriormente perfeccionado y expandido por los aztecas, constituye uno de los sistemas de ingeniería agrícola más productivos y sofisticados del mundo preindustrial. Este modelo de intensificación agrícola surgió como resultado de un profundo conocimiento de la ecología lacustre del valle de México y de una prolongada tradición de manejo ambiental. Su desarrollo permitió sostener niveles de producción excepcionalmente altos en un entorno que, a primera vista, parecería inhóspito para la agricultura tradicional.

Lejos de tratarse de simples huertos, las chinampas eran parcelas artificiales construidas sobre cuerpos de agua poco profundos, formando una red agrícola altamente especializada (Bobbink & Rey, 2022). Esta estructura se conformaba a partir del entrelazamiento de raíces de ahuejotes (*Salix bonplandiana*), vegetación acuática, lodo y sedimentos extraídos de los canales. Este ensamblaje generaba suelos ricos en nutrientes y con una gran capacidad de retención de humedad. Las acequias que delimitaban cada chinampa facilitaban el dre-

naje y permitían mantener un equilibrio hídrico constante, esencial para asegurar el crecimiento continuo de cultivos a lo largo del año.

La eficiencia de este sistema era excepcional. Coe y Koontz (2002), estiman que las chinampas podían producir entre cuatro y siete cosechas anuales, cifras que superaban ampliamente los rendimientos agrícolas de Europa y Asia en el siglo XV y XVI. Esta alta productividad se explicaba por una combinación de factores: manejo biológico de suelos, rotación planificada, fertilización continua mediante lodos lacustres, uso de policultivos (maíz, frijoles, chiles, tomates, amaranto), y un trabajo comunitario que articulaba conocimientos técnicos con prácticas rituales asociadas al ciclo agrícola (Berdan, 2014).

Más allá de su rendimiento, las chinampas representan uno de los sistemas de agricultura sostenible más antiguos y eficientes conocidos. Las chinampas contribuían a estabilizar el ecosistema lacustre, aumentar la biodiversidad y prevenir la erosión de suelos. Su diseño posibilitaba la recarga natural de nutrientes, minimizaba la degradación ambiental y creaba microclimas favorables al cultivo. López y López (2006), destacan que este modelo constituye un “ecosistema agroecológico” funcional, basado en principios que, actualmente, son fundamentales para la agricultura regenerativa: reciclaje de nutrientes, complementariedad vegetal, manejo integrado del agua y resiliencia frente a fluctuaciones climáticas.

Asimismo, el sistema chinampero funcionaba como un paisaje socialmente organizado. Su mantenimiento requería cooperación comunitaria, especialmente para limpiar canales, renovar estacas, coordinar turnos de riego y administrar el espacio productivo. Este componente colectivo fortalecía la cohesión social y garantizaba la continuidad del sistema a largo plazo.

En un contexto global marcado por la crisis climática, la pérdida de suelos fértiles y el colapso de los sistemas agrícolas intensivos, las chinampas han adquirido un renovado interés académico. Gliess-

man (2014), considera este modelo como una referencia para diseñar sistemas de agricultura regenerativa, debido a su alta productividad, bajo impacto ambiental y flexibilidad ecológica. En esta línea, las chinampas no solo son un testimonio del ingenio tecnológico mesoamericano, sino también una fuente de inspiración para enfrentar los desafíos climáticos e hídricos del siglo XXI.

Arquitectura y urbanismo monumental: ingeniería del poder, la ritualidad y el espacio

La ingeniería azteca alcanzó una sofisticación notable en el ámbito arquitectónico y urbanístico, donde la monumentalidad, el orden espacial y la planificación funcional se articularon para expresar poder político, cosmología y cohesión social. Tenochtitlan, fundada en un islote del lago de Texcoco, fue concebida como un centro urbano planificado que integraba líneas simbólicas, hidráulicas y militares. Su trazado hipodámico —descrito por Smith (2013) y Bravo (2022)— se organizaba a partir de una cuadrícula ordenada por ejes cardinales que definían un espacio claramente jerarquizado: en el centro se encontraba el recinto sagrado (teocalli), rodeado por barrios especializados (calpulli), calzadas que la conectaban con tierra firme y una compleja red de canales navegables que articulaban la movilidad, el comercio y el control territorial.

Entre estas estructuras, el Templo Mayor constituye la obra arquitectónica más emblemática y significativa. Este monumento fue un edificio en constante expansión, producto de siete fases superpuestas que reflejaban momentos clave del desarrollo político del imperio. Su doble escalinata representaba la dualidad cosmológica entre Tláloc (agua, fertilidad) y Huitzilopochtli (sol, guerra), una dicotomía central para comprender la función teológica del Estado mexica. La ingeniería necesaria para sostener el Templo Mayor en suelos lacustres incluía técnicas avanzadas de cimentación sobre pilotes, plataformas de contención, drenaje interno y ajustes estructurales destinados a resistir hundimientos diferenciales.

Más allá de su valor arquitectónico, los templos, plazas y recintos rituales funcionaban como tecnologías del poder (Torres et al., 2024; Ali & Al-Gharib, 2024). Desde una perspectiva antropológica, Carrasco (1999), sostiene que estos lugares operaban como estructuras político-teológicas destinadas a materializar el orden del cosmos mexica en el espacio urbano. La monumentalidad del recinto sagrado comunicaba jerarquías sociales, legitimaba el rol del tlatoani como mediador entre dioses y hombres, y ordenaba los ciclos ceremoniales que articulaban la vida colectiva. Así, la arquitectura no solo servía criterios funcionales, sino que representaba un lenguaje simbólico que delimitaba roles, reforzaba narrativas de dominación y estructuraba la memoria colectiva.

El urbanismo azteca también respondía a una lógica de movilidad, defensa y eficiencia. Las calzadas que conectaban Tenochtitlan con tierra firme —Tlacopan, Tepeyac y Iztapalapa— estaban diseñadas para resistir el tránsito intenso y, al mismo tiempo, funcionar como sistemas de contención hídrica, regulando el flujo del agua entre lagos. Los puentes desmontables permitían aislar rápidamente la ciudad en caso de invasión, combinando principios militares con el dominio del entorno lacustre. Asimismo, los canales internos constituían verdaderas avenidas acuáticas utilizadas para el transporte de mercancías, la navegación cotidiana y el abastecimiento urbano, demostrando una integración única entre ingeniería hidráulica y planeación urbana (Berdan, 2014).

Finalmente, la organización espacial del calpulli —unidad básica sociopolítica— garantizaba una estructura urbana descentralizada, pero funcional. Cada barrio incluía viviendas, espacios rituales menores, talleres productivos y mercados locales, lo que configuraba una ciudad altamente especializada en la que la vida religiosa, económica y administrativa se entrelazaba con la ingeniería del entorno (Smith, 2013; Ali & Al-Gharib, 2024). De este modo, Tenochtitlan no fue sólo una capital imperial, sino un modelo de ciudad lacustre cuya arquitectura y urbanismo encarnaban, simultáneamente, ciencia, orden simbólico y estrategia de dominación.

Conclusión

La ingeniería azteca constituye una de las expresiones más notables del ingenio tecnológico prehispánico y un ejemplo sobresaliente de cómo las sociedades originarias fueron capaces de transformar su entorno mediante conocimiento, organización y creatividad. En un paisaje que muchos considerarían hostil —suelo lacustre inestable, variaciones extremas en los niveles de agua y limitaciones territoriales— los mexicas levantaron un sistema hidráulico monumental, un modelo agrícola de productividad excepcional y una arquitectura urbana planificada que integraba poder, ritualidad y cohesión social. Su tecnología no se limitaba a resolver necesidades materiales, sino que estaba profundamente vinculada con su cosmovisión, sus formas de gobierno y la vida comunitaria cotidiana.

En el escenario global actual, marcado por crisis ambientales, estrés hídrico y modelos urbanos insostenibles, la ingeniería azteca ofrece aprendizajes valiosos. Las chinampas muestran que es posible diseñar sistemas agrícolas productivos que regeneren los ecosistemas en lugar de degradarlos. Las obras hidráulicas evidencian estrategias de adaptación que aprovechan las dinámicas naturales del agua en vez de intentar dominarlas de manera destructiva. La arquitectura ritual-urbana propone una forma de comprender la ciudad como un espacio donde se articulan dimensiones simbólicas, sociales y ecológicas, alejándose de visiones puramente utilitarias.

Estudiar estas tecnologías permite reconocer que la sustentabilidad no es una invención reciente, sino una práctica históricamente construida por múltiples culturas. Al recuperar y reinterpretar estos saberes, es posible imaginar futuros más equilibrados entre sociedad y naturaleza, donde la ingeniería se conciba como una forma de construir vínculos, significados y modos de habitar el mundo.

El estudio de la ingeniería azteca abre un campo fértil para investigaciones futuras que integren enfoques interdisciplinarios desde la arqueología, la historia ambiental, la ingeniería, la agroecología

y los estudios urbanos. En primer lugar, resulta necesario profundizar en la modelación hidrológica de las obras mexicas para comprender mejor su comportamiento ante variaciones climáticas extremas, lo cual podría aportar estrategias actuales de adaptación al cambio climático. Asimismo, el sistema chinampero demanda estudios experimentales que evalúen su viabilidad a gran escala como modelo de agricultura regenerativa en contextos urbanos y periurbanos. Por otra parte, la arquitectura y el urbanismo mexica ofrecen oportunidades para investigar cómo la planificación simbólica y la organización comunitaria pueden incorporarse en el diseño de ciudades resilientes, integradas y culturalmente significativas. Finalmente, es imprescindible avanzar en investigaciones colaborativas con comunidades indígenas, con el fin de recuperar, revitalizar y resignificar conocimientos ancestrales que aún hoy pueden contribuir a enfrentar desafíos globales en torno al agua, la sostenibilidad y la justicia socioambiental.

Referencias

- Ali, D., & Al-Gharib, A. (2024). Rituals and sacrifices in the Aztec civilization. *Journal of International Crisis and Risk Communication Research*, 7(7), 1476. <https://doi.org/10.63278/jicrcr.vi.1620>
- Berdan, F. (2014). *Aztec archaeology and ethnohistory*. Cambridge University Press.
- Bobbink, I., & Rey, C. (2022). Chinampas agriculture and settlement patterns the contemporary relevance of Aztec floating gardens. *Blue Papers*, 1(2), 90-99. <https://doi.org/10.58981/bluepapers.2022.2.09>
- Bravo, V. (2022). México-Tenochtitlan: La ciudad que surgió del agua y tocó el Sol. *Antropología Americana*, 7(14), 81-101. <https://doi.org/10.35424/anam.v7i14.1380>
- Carrasco, D. (1999). *City of sacrifice: The Aztec empire and the role of violence in civilization*. Beacon Press.
- Coe, M., & Koontz, R. (2002). *Mexico: From the Olmecs to the Aztecs*. Thames & Hudson.
- Durán, D. (2006). *Historia de las Indias de Nueva España e islas de la Tierra Firme*. Porrúa.
- Gliessman, S. (2014). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems*. CRC Press.
- León, M. (2003). *La visión de los vencidos*. UNAM.
- López, A., y López, L. (2006). *El pasado indígena*. Fondo de Cultura Económica.
- Smith, M. (2013). *The Aztecs*. John Wiley & Sons.
- Torres, E., Castellón, E., y Alfonso, Y. (2024). Contribución de las antiguas técnicas agrícolas precolombinas al desarrollo del turismo rural sostenible. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, (7), 1-16. <https://doi.org/10.46380/rias.v7.e379>
- Townsend, C. (2009). *The Aztecs*. Thames & Hudson.

Technology, landscape and power: Aztec engineering in the heart of pre-Hispanic Mexico

Tecnologia, Paisagem e Poder: A Engenharia Asteca no Coração do México Pré-Hispânico

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0001-5729-3404>

halvarez@ucsc.cl

humalvarezsep@gmail.com

Académico de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile). Doctor en Sociedad y Cultura por la Universidad de Barcelona (España). Autor de diversos capítulos de libros y artículos sobre educación histórica publicados en revistas científicas indexadas a WoS, Scopus y Scielo.

Claudine Glenda Benoit Ríos

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0002-1791-2212>

cbenoit@ucsc.cl

claudbenoit@gmail.com

Académica del Departamento de Didáctica de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción (Chile). Doctora en Lingüística, por la Universidad de Concepción. Investigadora en didáctica de la comprensión y producción del lenguaje, y estrategias colaborativas durante el procesamiento.

Abstract

This chapter presents a comprehensive analysis of Aztec engineering understood as a complex technological system capable of coordinating hydraulics, agriculture, and urban planning to sustain one of the most densely populated societies in the pre-Hispanic world. Three central dimensions are examined: hydraulic control of the lake environment; intensive and ecologically stable agriculture on the chinampas; and monumental architecture together with urban planning that expressed and consolidated the political, ritual, and cosmological order of the Mexica empire. The study is developed from a qualitative, interpretive, and narrative approach to the topic, based on a humanistic and intercultural paradigm. The results show that Aztec engineering not only responded to material demands, but also integrated worldview, community organization, and devices for legitimizing power. It is concluded that Aztec technological systems offer relevant keys to addressing current challenges related to sustainability, water management, and resilient urban design.

Keywords: Aztec engineering; Pre-Hispanic hydraulics; Chinampas; Mesoamerican urbanism; Historical sustainability.

Resumo

Este capítulo apresenta uma análise abrangente da engenharia asteca compreendida como um sistema tecnológico complexo, capaz de articular hidráulica, agricultura e urbanismo para sustentar uma das sociedades mais densamente povoadas do mundo pré-hispânico. Três dimensões centrais são examinadas: o controle hidráulico do ambiente lacustre; a agricultura intensiva e ecologicamente estável das chinampas; e a arquitetura monumental juntamente com o planejamento urbano que expressaram e consolidaram a ordem política,

ritual e cosmológica do Império Mexica. O estudo é desenvolvido a partir de uma abordagem qualitativa, interpretativa e narrativa de tópico, sustentada por um paradigma humanista e intercultural. Os resultados evidenciam que a engenharia asteca não apenas respondeu a exigências materiais, mas integrou cosmovisão, organização comunitária e dispositivos de legitimação do poder. Conclui-se que os sistemas tecnológicos astecas oferecem chaves pertinentes para abordar desafios atuais vinculados à sustentabilidade, gestão hídrica e desenho urbano resiliente.

Palavras-chave: Engenharia asteca; Hidráulica pré-hispânica; Chinampas; Urbanismo mesoamericano; Sustentabilidade histórica.

Capítulo 4

Evaluación sensorial y microbiológica de Habanebrijo: salsa de habanero (*Capsicum chinense*) y cerveza artesanal

Erick Mejía Sánchez, Axel Soto González, Israel López Castillo

Resumen

“Habanebrijo” surge como respuesta a la necesidad de innovar en el mercado de salsas mínimamente procesadas en Tulancingo, Hidalgo, México donde la diversidad sensorial de los productos disponibles es limitada. Utilizando el chile habanero (*Capsicum chinense*) y cerveza artesanal, el estudio se propuso desarrollar una salsa que no solo resalte los sabores autóctonos, sino que también garantice la calidad y la seguridad microbiológica del producto. La metodología adoptada incluyó la formulación de la salsa, caracterización sensorial a través del método Check All That Apply (CATA), y evaluaciones microbiológicas que aseguraron que el producto se ajustara a los estándares de inocuidad. Los análisis sensoriales revelaron un perfil atractivo, con notas ahumadas y de fermentación que destacaron su singularidad, mientras que los resultados microbiológicos confirmaron la ausencia de patógenos. Los hallazgos sugieren que “Habanebrijo” ofrece una propuesta innovadora que no solo cautiva el paladar del consumidor, sino que también promueve el uso de ingredientes locales, apoyando la economía de la región. Así, el proyecto se plantea como una estrategia para posicionarse en el mercado gastronómico nacional, contribuyendo al fortalecimiento de la identidad culinaria mexicana.

Palabras clave:
Habanero;
Cerveza artesanal;
Salsa;
Evaluación sensorial;
Microbiología

Mejía Sánchez, E., Soto González, A., & López Castillo, I. (2025). Evaluación sensorial y microbiológica de Habanebrijo: salsa de habanero (*Capsicum chinense*) y cerveza artesanal. En F. J. Manjarrés Arias, (Coord). *Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen II)*. (pp. 71-83). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.387.c735>



Introducción

El chile habanero *Capsicum chinense* es uno de los ingredientes más representativos de la gastronomía mexicana, originario de Yucatán Quintana roo, México, es uno de los chiles más picosos del mundo con un nivel que puede superar las 350,000 unidades en la escala Scoville (Cazares et al., 2019)

Este chile ha sido ocupado por siglos en la gastronomía mexicana añadiendo un toque único y potente a la comida. Es reconocido por su intensidad picante y su aporte de compuestos bioactivos como lo es la capsaicina, con propiedades que pueden beneficiar a la salud humana, el uso de este chile esta arraigado a las tradiciones del sur del país, sin embargo, debido a que es un chile endémico mexicano su consumo se ha popularizado por el resto de la república y es el representante de los chiles mexicanos a nivel mundial, en su mayoría el chile se consume en salsas frescas o cocidas, así como se le complementa con otros ingredientes para mejorar el perfil organoléptico del producto (Mejía & Solleiro, 2024).

Por otro lado, la cerveza artesanal ha cobrado gran relevancia en los últimos años debido a su diversidad de perfiles sensoriales, resultado de procesos de fermentación y materias primas especializadas como la cebada perla, lúpulo, así como la incorporación de maíz, trigo, especias, café o chocolate lo que aporta directamente en el perfil de aromas y sabor de la cerveza haciéndolas más atractivas para el consumidor, en Hidalgo la cerveza artesanal ha tomado mayor fuerza llegando a tener algunas casas productoras locales, siendo las más populares Cervecería Un Hidalgo y Cervecería Pachuca (Balcázar et al., 2022).

Habanebrio propone la elaboración de una salsa innovadora a base de habanero "*Capsicum chinense*" y cerveza artesanal oscura, creando un producto que combine la intensidad, perfil de sabores, olores y color de las materias primas obteniendo una experiencia única y exclusiva que atrape el paladar de los consumidores.

Esta salsa busca ofrecer una alternativa diferenciada dentro del mercado de salsas mínimamente procesadas en el valle de Tulancingo, por lo tanto, se incorporaron técnicas de caracterización sensorial y microbiológica para así garantizar tanto la calidad como la seguridad del consumo.

Objetivo

Diseñar y caracterizar el perfil sensorial y microbiológico de una salsa de habanero "*Capsicum chinense*" con cerveza artesanal como alternativa innovadora en la oferta de productos mínimamente procesados del valle de Tulancingo.

Justificación

El consumo de salsas forma parte esencial de la dieta mexicana, no solo como acompañamiento sino como un elemento de identidad y de cultural. Sin embargo, la mayoría de las salsas comerciales disponibles en el mercado de Tulancingo ofrecen salsas ya estandarizadas, con poca innovación en el uso de ingredientes y técnicas que aporten nuevos matices sensoriales o beneficios nutrimentales. Por lo que el presente trabajo pretende elaborar y caracterizar el perfil sensorial y microbiológico de una salsa de habanero *Capsicum chinense* con cerveza artesanal como alternativa innovadora en la oferta de productos mínimamente procesados del valle de Tulancingo. El chile habanero *Capsicum chinense* aporta un perfil picante característico y compuestos bioactivos como la capsaicina, reconocida por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y potencialmente analgésicas. Por su parte, la cerveza artesanal oscura contribuye con notas ahumadas, ácidas y amargas derivadas de su proceso de fermentación y de los granos tostados empleados en su elaboración.

La integración de estos ingredientes da como resultado un producto diferente, con un perfil sensorial innovador y un valor agre-

gado dentro del mercado de alimentos mínimamente procesados. Además, el desarrollo de Habanebrio fortalece la oferta de productos locales en el valle de Tulancingo y Pachuca de Soto, promoviendo la economía local así logrando asociaciones con productores de materia prima, así apoyando a la economía de la región.

Metodología y materiales

Para la elaboración de la salsa se siguió la formulación que se muestra en la Tabla I, los insumos como cebolla, chile, ajo y jitomate son previamente tatemados, los vegetales son colocados en un coludo donde se agrega la cerveza y se llevan a 90°C por 15 min, una vez suavizados se colocan en licuadora (Oster mod. BLST 4655-013) junto con los demás ingredientes para formar una salsa emulsionada.

Tabla 1. Formulación de salsa Habanebrio

Ingrediente	Kg
Chile habanero	0.070
Jitomate	0.200
Cebolla blanca	0.100
Ajo	0.008
Sal	0.007
Pimienta negra molida	0.002
Vinagre	0.032
Aceite de oliva	0.031
Cilantro	0.015
Cerveza oscura	0.250

Fuente: elaboración propia

La salsa fue envasada en un frasco de vidrio previamente esterilizado, una vez colocada dentro de este se cerró herméticamente con la metodología de Vázquez (2025).

Caracterización sensorial

Para caracterizar el perfil de sabor de Habanebri se llevó a cabo el método Check All That Apply (C.A.T.A) con 15 jueces entrenados a quienes se les entregó un listado de atributos relacionados al aroma y sabor de la salsa, mismos que fueron descritos previamente por los autores de la investigación, los jueces seleccionaron la intensidad y persistencia de cada atributo utilizando una escala de 5 puntos (García & Pi, 2022). Así mismo se realizó una prueba de aceptabilidad con 50 jueces consumidores para conocer la aprobación de Habanebri, a cada evaluador se le entregó una muestra del producto junto con una boleta la cual contaba con 3 parámetros (sabor, olor y textura), en cada parámetro se encontraba una escala hedónica de 3 puntos siendo 1 “me desagrada”, 2 “me agrada” y 3 “me agrada mucho”.

Determinación de la carga microbiológica

Con modificaciones en la metodología de la NOM-111-SSA1-1994 y NOM-112-SSA1-1994 con se determinó la carga microbiológica en Habanebri, de manera general se pesó 1 g de la salsa y fue diluida en 9 mL de agua peptonada previamente esterilizada en tubos de ensayo realizando diluciones base 10, las cuales fueron sembradas en cajas Petri con medios de cultivo para conteo estándar (mesófilos totales), McConkey para enterobacterias, Sal y Manitol para estafilococos y papa dextrosa (PDA) para mohos y levaduras, las placas fueron incubadas a 30 ± 2 °C.

Resultados

Con la formulación estándar antes descrita se obtuvo un 1 kg de salsa lo que equivale a 1.5 L, al envasar se estima un total de 0.15 L por envase (Figura 1) obteniendo así 10 botellas para la comercialización de esta.

Figura 1. Salsa Habanebrío



Fuente: elaboración propia

Este rendimiento asegura la posibilidad de escalar la producción de manera uniforme, manteniendo la proporción de ingredientes y características sensoriales del producto.

Perfil de sabor por el método C.A.T.A.

Tras aplicar la prueba sensorial a jueces conocedores de entre 19 y 21 años se obtuvieron los atributos que se enlistan en la Tabla II, durante diversas rondas de análisis los jueces determinaron la intensidad y persistencia de dichos atributos, esto ayuda a conocer la inclinación del producto por algún perfil aromático y el tiempo que perdura la sensación en el paladar de los consumidores, lo que ayuda a reforzar la asociación de los olores, aromas y sabores con el producto.

De acuerdo a los datos obtenidos el parámetro que sobresale en intensidad y persistencia es el Ahumado, esto podría explicarse por el tatemado de los ingredientes y el uso de cerveza oscura, ya que, naturalmente, el tatemado confiere a las materias primas características torrefactas ocasionadas por las melanoidinas liberadas en la reacción de Maillard, por otro lado las cervezas oscuras poseen toques a caramelo quemado, café o chocolate lo que complementa al

tatemado y potencia la nota ahumada en la salsa.

Tabla 2. Descriptores sensoriales, intensidad y persistencia en salsa Habanebrio

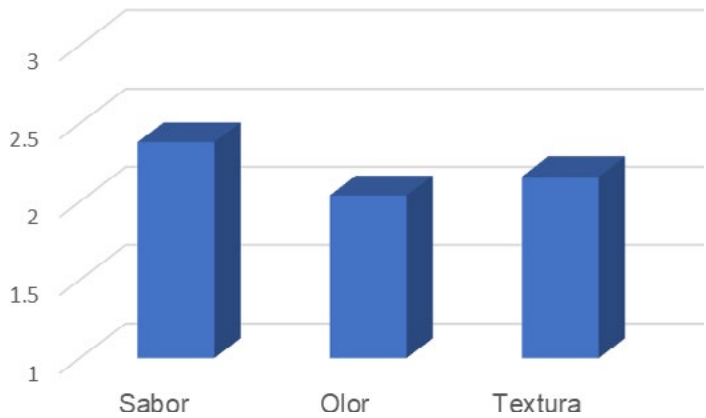
Parámetro	Intensidad	Persistencia
Picante	2.60±0.99	3.00±0.89
Cerveza	3.13±1.46	2.87±1.02
Ahumado	4.00±1.00	3.40±0.89
Fermentación	3.47±1.06	3.13±1.06
Dulzor natural	2.67±0.45	2.80±0.15
Salado	3.20±0.65	3.07±1.09
Amargor ligero	2.60±0.75	2.33±1.20
Aroma herbal/ fresco	2.87±0.56	2.60±0.89
n=3; ± representa desviación estándar		

Fuente: elaboración propia

Otro atributo sobresaliente es el aroma “*suis generis*” de la fermentación, el cual prevalece aun cuando la cerveza fue sometida a un proceso de cocción donde se alcanzó una temperatura de 90°C, esto es indicativo de la calidad de la materia prima, esto es un diferenciador importante en el mercado, ya que muchas ocasiones el “fermento” en una salsa indica que el producto ya no es apto para el consumo, sin embargo, actualmente las salsas lactofermentadas han tomado mayor importancia por sus beneficios a la salud, esto podría posicionar a Habanebrio como un producto idóneo para la introducción de esta tendencia al mercado hidalguense.

Los demás atributos mostraron valores similares lo que nos habla de un balance en el perfil organoléptico de la salsa, esto junto con la formulación y estandarización del proceso garantiza que la salsa podría ser introducida de manera exitosa en el mercado de las salsas artesanales, esto se ve reflejado en la Figura 2, donde se muestra que la aceptación general de Habanebrio es positiva ya que el sabor, textura y olor se encuentran equilibrados.

Figura 2. Aceptación de Habanebrío



Fuente: elaboración propia

Análisis microbiológicos

El aseguramiento de la calidad no solo se enfoca en el perfil sensorial, la inocuidad del producto es vital para poder ofrecerla a los consumidores, en la Tabla III se muestran los resultados obtenidos para la determinación de carga microbiológica en la salsa, como se puede observar el proceso de elaboración ha sido efectivo ya que no se detectaron enterobacterias y la carga para mesófilos, hongos y levaduras están dentro de los parámetros permitidos por la NOM-130-SSA1-1995 para alimentos envasados en recipientes de cierre hermético, específicamente para mermeladas, purés y jaleas.

Tabla 3. Conteo estándar de microorganismos deterioradores

Mesófilos Totales	Enterobacterias	Hongos y Levaduras
500	UFG /G NE	20
n=3; ± representa desviación estándar, NE=No encontrado		

Fuente: elaboración propia

Esto permite comercializar la salsa Habanebrijo con la total seguridad de que no será causa de alguna Enfermedad de Transmisión por Alimentos (ETA), algo que la mayoría de los productos mínimamente procesados o artesanales muchas ocasiones no pueden garantizar debido a que los procesos no siempre son estandarizados o no se siguen buenas prácticas de manufactura

Conclusión

La investigación sobre el desarrollo de la salsa “Habanebrijo” a base de chile habanero (*Capsicum chinense*) y cerveza artesanal ha logrado cumplir su objetivo general de diseñar y caracterizar el perfil sensorial y microbiológico del producto. Este estudio no solo resalta la riqueza de un insumo emblemático de la gastronomía mexicana, sino que también resalta la integración de la cerveza artesanal como un ingrediente que potencia el sabor y la exclusividad de la salsa.

A través de una metodología rigurosa que incluye la evaluación sensorial mediante el método CATA y el análisis microbiológico conforme a normativas de seguridad alimentaria, se obtuvieron resultados positivos que validan la calidad del producto. Los análisis sensoriales demostraron que “Habanebrijo” ofrece un perfil atractivo, donde las notas ahumadas y de fermentación destacan, indicativas de la alta calidad de los ingredientes utilizados. La aceptación general del producto entre los consumidores fue notable, lo que sugiere su potencial para capturar el interés en un mercado donde predominan las salsas estandarizadas.

Adicionalmente, los resultados microbiológicos reflejan que la salsa cumple con los estándares de inocuidad, permitiendo su comercialización sin riesgo de enfermedades alimentarias. Esto es significativo, ya que muchas salsas artesanales carecen de los controles necesarios para garantizar su seguridad.

En conclusión, el desarrollo de “Habanebrio” no solo aporta una opción innovadora al mercado de salsas mínimamente procesadas en el valle de Tulancingo, sino que también promueve el uso de ingredientes locales y contribuye al fortalecimiento de la economía regional. Este proyecto se posiciona como una valiosa adición al patrimonio gastronómico mexicano, destacando la fusión de tradiciones con innovación en la industria alimentaria.

Referencias

- Ares, G., & Jaeger, S. R. (2015). Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: Experimental considerations and impact on outcome. *Food Quality and Preference*, 40, 230–242. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.003>
- Balcázar, J. M. M., Calderón, L. F. P., & Campozano, M. R. V. (2022). Análisis comparativo del valor nutricional de la cerveza artesanal y la cerveza industrial. *Revista Ciencia UNEMI*, 15(38), 61–72.
- Cázares-Sánchez, E., Chávez-Bravo, E., Santillán-Reyes, A. M., & García-Sánchez, J. R. (2019). Capsaicina: propiedades, aplicaciones y potencial en salud humana. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 50(3), 45–56.
- García, C. D., & Pi, L. B. (2022). Determinación de los atributos de calidad sensorial de salsas y aderezos con catadores, expertos y consumidores. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(3), 42–47.
- Mejía Chávez, A. O., & Solleiro Rebolledo, J. L. (2024). Innovación social en la organización productiva para agregar valor al chile habanero en la Península de Yucatán. *Investigación Administrativa*, 151(1), 1–15. <https://doi.org/10.35426/ia151637>
- Padilla, B., González, A., & Martínez, C. (2017). La cerveza artesanal en México: un sector en crecimiento. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 41, 1159–1171.
- Secretaría de Salud. (1995, 1 de agosto). NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Diario Oficial de la Federación. <https://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>
- Vazquez, K. A. (2025). Determinación de la eficiencia del uso de conservadores químicos en salsa roja artesanal. *Investigación y Ciencia Aplicada a la Ingeniería*, 8(48), 45–58. <https://doi.org/10.1234/ica.2025.8.48.45>

Sensory and Microbiological Evaluation of Habanebrio: Habanero (Capsicum chinense) and Craft Beer Sauce

Avaliação Sensorial e Microbiológica de Habanebrio: Molho de Habanero (Capsicum chinense) e Cerveja Artesanal

Erick Mejía Sánchez

Universidad Vizcaya de las Américas | Tulancingo | México

<https://orcid.org/0009-0005-1831-6817>

cidiv_tulancingo@uva.edu.mx

erickdjdbxms16@gmail.com

Egresado de la licenciatura en Gastronomía por la Universidad Vizcaya de las Américas campus Tulancingo. Participo en el proyecto con la investigación Evaluación sensorial y microbiológica de Habanebrio: salsa de habanero (Capsicum chinense) y cerveza artesanal, en ExpoCiencias Hidalgo 2025.

Axel Soto González

Universidad Vizcaya de las Américas | Tulancingo | México

<https://orcid.org/0009-0007-5160-2211>

cidiv_tulancingo@uva.edu.mx

elgatorrococinero@gmail.com

Egresado de la licenciatura en Gastronomía por la Universidad Vizcaya de las Américas campus Tulancingo. Participo en el proyecto con la investigación Evaluación sensorial y microbiológica de Habanebrio: salsa de habanero (Capsicum chinense) y cerveza artesanal, en ExpoCiencias Hidalgo 2025.

Israel López Castillo

Universidad Vizcaya de las Américas | Tulancingo | México

<https://orcid.org/0009-0005-7226-7913>

cidiv_tulancingo@uva.edu.mx

Egresado de la licenciatura en Gastronomía por la Universidad Vizcaya de las Américas campus Tulancingo. Participo en el proyecto con la investigación Evaluación sensorial y microbiológica de Habanebrio: salsa de habanero (Capsicum chinense) y cerveza artesanal, en ExpoCiencias Hidalgo 2025.

Abstract

“Habanebrio” emerges as a response to the need for innovation in the minimally processed sauce market in Tulancingo, Hidalgo, Mexico, where the sensory diversity of available products is limited. Using habanero pepper (*Capsicum chinense*) and craft beer, the study aimed to develop a sauce that not only highlights native flavors but also guarantees the product’s quality and microbiological safety. The adopted methodology included sauce formulation, sensory characterization through the Check-All-That-Apply (CATA) method, and microbiological evaluations that ensured the product met food safety standards. Sensory analyses revealed an attractive profile, with smoky and fermentation notes that highlighted its uniqueness, while microbiological results confirmed the absence of pathogens. The findings suggest that “Habanebrio” offers an innovative proposal that not only captivates the consumer’s palate but also promotes the use of local ingredients, supporting the region’s economy. Thus, the project is presented as a strategy to position itself in the national gastronomic market, contributing to the strengthening of Mexican culinary identity.

Keywords: Habanero; Craft beer; Sauce; Sensory evaluation; Microbiology.

Resumo

“Habanebrio” surge como resposta à necessidade de inovar no mercado de molhos minimamente processados em Tulancingo, Hidalgo, México, onde a diversidade sensorial dos produtos disponíveis é limitada. Utilizando a pimenta habanero (*Capsicum chinense*) e cerveja artesanal, o estudo propôs-se a desenvolver um molho que não apenas destaque os sabores nativos, mas também garanta a qualidade e a segurança microbiológica do produto. A metodologia adotada incluiu a formulação do molho, caracterização sensorial por meio do método Check-All-That-Apply (CATA) e avaliações microbiológicas que asseguraram que o produto se ajustasse aos padrões de inocuidade. As análises sensoriais revelaram um perfil atrativo, com notas defumadas e de fermentação que destacaram sua singularidade, enquanto os resultados microbiológicos confirmaram a ausência de patógenos. Os achados sugerem que “Habanebrio” oferece uma proposta inovadora que não apenas cativa o paladar do consumidor, mas também promove o uso de ingredientes locais, apoiando a economia da região. Assim, o projeto se apresenta como uma estratégia para se posicionar no mercado gastronômico nacional, contribuindo para o fortalecimento da identidade culinária mexicana. Palavras-chave: Habanero; Cerveja artesanal; Molho; Avaliação sensorial; Microbiologia.

Capítulo 5

Comparación múltiple de gelificantes en la textura de gomita sabor cocada: transformación de tradición a vanguardia

Lizeth Magaly Islas Ventura, Reyna Serrano Téllez

Resumen

La gastronomía moderna busca innovar productos tradicionales como la cocada para atraer a consumidores jóvenes. Este estudio evaluó el efecto del agar-agar, la grenetina y la fécula de maíz en la textura de una gomita sabor cocada. Se elaboraron tres formulaciones y se aplicó una prueba sensorial con 30 jueces, analizando dureza, flexibilidad, masticabilidad y aceptación mediante ANOVA y Tukey. La gomita con grenetina mostró diferencias significativas y obtuvo la mejor textura y mayor aceptación, mientras que agar y fécula generaron productos quebradizos y poco masticables. Se concluye que la grenetina es el gelificante más adecuado para esta aplicación.

Palabras clave:
Gelificantes;
Textura;
Gomitas;
Cocada;
Evaluación sensorial

Islas Ventura, L. M., & Serrano Téllez, R. (2025). Comparación múltiple de gelificantes en la textura de gomita sabor cocada: transformación de tradición a vanguardia. En F. J. Manjarrés Arias, (Coord). Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen II). (pp. 85-94). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.387.c736>



Introducción

La gastronomía moderna se encuentra en una constante búsqueda por reinterpretar los sabores tradicionales mediante técnicas innovadoras que aporten nuevas experiencias sensoriales al consumidor. En este contexto, la confitería mexicana representa una fuente inagotable de inspiración, ya que combina ingredientes emblemáticos con una amplia variedad de texturas, colores y sabores.

En México los dulces típicos son parte de nuestra gran tradición culinaria y se caracterizan por emplear ingredientes básicos que se unen para formar genialidades” (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER],2022), dentro de los dulces típicos mexicanos más consumidos a lo largo del año son las cocadas, según la SADER (2022), la cocada es un dulce tradicional que se realiza con coco rallado, azúcar y leche, sin embargo, la sobre producción de estos productos y la poca innovación limitan su impacto entre consumidores de entre 12 y 25 años, ya que esta población está en búsqueda de nuevas experiencias culinarias (Bello Flores, 2022).

Dentro de la gastronomía de vanguardia existen diferentes técnicas para modificar la textura de los alimentos, para esto se hace uso de agentes gelificantes o espesantes que actúan sobre el agua de las matrices alimentarias, llamándolos hidrocoloides (Gavilanes et al., 2023).

Estos son incorporados en las formulaciones de productos para poder modificar la estructura, textura y apariencia final, dando como resultado un producto con sabor familiar, pero con una percepción sensorial diferente lo que permite que los consumidores experimenten con la innovación dentro de la repostería (Gavilanes et al., 2023).

En este estudio se compara el efecto de distintos agentes gelificantes en la textura de una gomita sabor cocada, evaluando los resultados mediante una prueba sensorial comparativa realizada por un panel de consumidores, analizando propiedades de textura y acep-

tación, contribuyendo al desarrollo de un producto que conserve la esencia de la tradición, pero con un enfoque innovador y técnicamente fundamentado.

Materiales y métodos

Para la elaboración de gomitas se utilizaron las siguientes materias primas: Agua de coco natural crema para batir Lyncott®, azúcar estándar, esencia de coco Deiman®, fécula de maíz Maizena®, grenetina y agar agar, adquiridos en tiendas comerciales de Tulancingo, Hidalgo.

Formulación de las gomitas

Se elaboraron tres tratamientos de gomita utilizando la formulación en la Tabla I, para la elaboración de las gomitas, se mezclaron en los ingredientes líquidos y se calentaron a 60-70 °C, tras alcanzar la temperatura se añadió el azúcar manteniendo movimiento constante, posteriormente, se incorporó el agente gelificante correspondiente (agar agar, grenetina o fécula de maíz) disuelto previamente en agua, se continuó la cocción durante 5 a 7 min, las gomitas porcionadas se llevaron a refrigeración hasta su uso (Fragoso et al., 2024).

Prueba sensorial comparativa

Tabla 1. Formulación estándar de gomitas sabor cocada

Ingredientes	Gomita Agar	Gomita Grenetina	Gomita fécula
Agua de coco natural	0.200 L	0.200 L	0.200 L
Crema para batir	0.100 L	0.100 L	0.100 L
Azúcar estándar	0.150 kg	0.150 kg	0.150 kg
Esencia de coco	0.002 L	0.002 L	0.002 L
Agar agar	0.007 kg	NA	NA
Grenetina	NA	0.020 kg	NA

Ingredientes	Gomita Agar	Gomita Grenetina	Gomita fécula
Fécula de maíz	NA	NA	0.065 kg

Fuente: elaboración propia

La prueba sensorial se realizó modificando la metodología de Peña Torres et al. (2025), se tomó un panel de 30 jueces consumidores de la comunidad estudiantil del centro universitario, el formato incluyó una escala hedónica de cinco puntos para evaluar las características como dureza, flexibilidad, masticabilidad y aceptación general del producto utilizando el formato de la Figura 1, siendo las codificaciones de gomitas las siguientes, grenetina (muestra 516), agar agar (muestra 618), fécula de maíz (muestra 720).

Figura 1. Formato de prueba sensorial comparativa



UNIVERSIDAD VIZCAYA
DE LAS AMÉRICAS

Universidad Vizcaya de las Américas Tulancingo

Licenciatura en Gastronomía

Ficha de evaluación sensorial

Prueba comparativa



ASOCIACIÓN DE
GASTRONOMÍA

Producto: Gomita de Cocada

Edad: _____ Género: _____ Frecuencia de consumo de gomitas: _____

Instrucciones: Frente a usted hay tres muestras de gomitas de cocada debidamente codificadas, favor de probarlas de izquierda a derecha y califica cada atributo del producto en una escala del 1-5, como la que se muestra a continuación:

NOTA: Tómese un pequeño trago de agua entre cada muestra para limpiar su paladar. Si tiene algún comentario específico sobre una muestra, escríbalo en el espacio de "Observaciones"

1. Me disgusta
Mucho

2. Me disgusta
poco

3. No me gusta
ni me disgusta

4. Me gusta
poco

5. Me gusta
mucho

Muestra 516	Muestra 618	Muestra 720
1. Dureza _____	1. Dureza _____	1. Dureza _____
2. Flexibilidad _____	2. Flexibilidad _____	2. Flexibilidad _____
3. Masticabilidad _____	3. Masticabilidad _____	3. Masticabilidad _____

Observaciones: _____

MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

Fuente: elaboración propia

Análisis Estadístico

Los resultados de la prueba sensorial comparativa fueron analizados por medio de una comparación de medidas ANOVA y una prueba de Tukey para determinar diferencias significativas con una confiabilidad del 95%, los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el software SPSS 23, los gráficos se elaboraron en SIGMA PLOT 12.

Resultados

Rendimiento de las formulaciones

Tras el porcionado de las gomitas se notaron diferencias entre el número de piezas obtenidas pese al uso de la misma formulación, para las gomitas elaboradas con agar se obtuvieron 24 pzas, para las gelificadas con grenetina se alcanzaron 24 pzas y para las elaboradas con fécula se generaron 26 unidades, cabe mencionar que todas fueron de 15 mL.

Esta variación en el número de piezas obtenidas está ligada directamente a la forma en la que el gelificante actúa en cada uno de los tratamientos, en el caso de agar y grenetina, estos se caracterizan por la formación de una red tridimensional que atrapa el agua de los alimentos y aumenta la viscosidad hasta solidificar el alimento, por otro lado, la fécula al ser un almidón atrapa al agua, pero no la inmoviliza, simplemente hay un aumento de viscosidad.

Prueba comparativa

Los resultados obtenidos en la prueba comparativa se muestran en la Tabla II, se puede observar que en el parámetro de dureza existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las gomitas elaboradas con grenetina y los otros tratamientos, ya que según los consu-

midores la muestra 516 (correspondiente a grenetina) tiene la dureza (3.70 ± 1.00) correspondiente a una gomita comercial, este mismo comportamiento se mostró en los parámetros de flexibilidad y masticabilidad, donde también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto a los otros tratamientos, dando como resultado que la grenetina es el gelificante preferido para la elaboración de este tipo de confituras.

Tabla 2. Resultados de los parámetros evaluados en la prueba comparativa

Tratamiento	Dureza	Flexibilidad	Masticabilidad
516	$3.70 \pm 1.00a$	$3.13 \pm 1.10a$	$3.73 \pm 1.00a$
618	$1.03 \pm 0.20b$	$1.00 \pm 0.01b$	$1.07 \pm 0.40b$
720	$1.10 \pm 0.50b$	$1.07 \pm 0.40b$	$1.00 \pm 0.01b$

Fuente: elaboración propia

$n=30$; $\pm$ representa desviación estándar, literales a,b,c representan diferencias significativas entre los tratamientos; codificaciones 516: grenetina, 618: agar agar y 720: fécula de maíz.

Mientras que las muestras elaboradas 618 (agar agar) y 720 (fécula de maíz) presentaron valores, con promedios alrededor de 1.0-1.1. Estas muestras presentaron una textura quebradiza, poco elástica y baja masticabilidad, por lo que tuvieron una gelificación deficiente o una estructura inadecuada para la gomita.

Además de las calificaciones otorgadas en la escala sensorial, se consideraron los comentarios escritos por algunos jueces en el apartado de observaciones, en ellos, se destacó que las muestras elaboradas con agar agar (618) y fécula de maíz (720) fueron percibidas como “muy dulces”, con una textura aguada y poco consistente, e incluso un participante describió la muestra (720) como textura similar a una “natilla” o como “atole”

Estos comentarios cualitativos refuerzan los resultados estadísticos, confirmando que la grenetina es el gelificante más adecuado

para producir propiedades sensoriales características de una gomita tradicional.

Discusión de los resultados

Los resultados obtenidos en la prueba sensorial mostraron diferencias claras entre las formulaciones. La muestra 516, elaborada con grenetina, fue la única que presentó las características típicas de una gomita: firmeza, elasticidad y una masticabilidad agradable.

Fragoso (como citó Hartel, 2018), comenta que la grenetina es reconocida por su transparencia e incoloridad, es el hidrocoloide más utilizado en la elaboración de gomitas debido a su firmeza y elasticidad, generalmente en concentraciones superiores al 5% en peso.

En cambio, las formulaciones 618 (agar agar) y 720 (fécula de maíz) fueron percibidas como productos con textura blanda, aguada o inestable, lo que impidió que conservaran la estructura deseada.

Fragoso (como citó Roudbari et al., 2024), afirma que el almidón modificado de papa reduce la dureza de las gomitas al interactuar con agua y azúcar, creando una textura más suave.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Wang y Hartel (como se citó en Fragoso, 2024), quienes mencionan que el agente gelificante es determinante en la estructura y textura final de las gomitas. En conjunto, tanto las evaluaciones sensoriales como los comentarios del panel permiten concluir que la grenetina es el gelificante más adecuado para la elaboración de una gomita sabor cocada que combine tradición, sabor y textura con estándares de calidad comercial.

Conclusión

El proyecto permitió identificar que la grenetina fue el gelificante que ofreció la mejor textura y aceptación en la elaboración de gomita sabor cocada, por su consistencia firme pero elástica lo que la hizo agradable al paladar en comparación con el agar agar y la fécula de maíz que tuvieron consistencias más duras y quebradizas.

La experiencia sensorial obtenida con la grenetina demostró ser lo más cercano a lo que se busca en una gomita comercial. La fécula de maíz por su parte no logro formar un gel adecuado.

Estos resultados confirman que la grenetina sigue siendo el agente más efectivo para elaborar productos de confitería con las propiedades típicas de una gomita, combinando tradición innovación y sabor en una misma propuesta gastronómica.

Referencias

- Bello Flores, P. (2022). *Alimentos de textura modificada: métodos de medida, evolución de las propiedades de la textura y del valor nutritivo* [Trabajo de maestría, Universidad de Valladolid].
- Fragoso, B. Y. S. (2024). Gomitas: Revisión de sus ingredientes, proceso de elaboración, estabilidad, vida útil y tendencias del mercado. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(5), 7512–7543. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14164
- Gavilanes, K. A. C., Paspuel, C. P. M., Cachiguango, I. S. G., & Gordillo, S. I. F. (2023). Aplicación de alimentos funcionales para mejorar la nutrición en base a técnicas de repostería de vanguardia. *Revista de Investigación Enlace Universitario*, 22(1), 84-105.
- Muñoz-Quelal, P. (2021). *Evaluación de la adición de mejoradores de textura en la elaboración de la cocada con panela* [Tesis de ingeniera agroindustrial, Universidad Técnica del Norte].
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022, 23 de septiembre). Dulces tradicionales mexicanos. Gobierno de México. <https://n9.cl/vbth7>
- Torres, E. F. P., Vega, A. V. F., Hernández, E. X. G., Santamaría, C. Y., & Sánchez, J. M. C. (2025). Evaluación sensorial y contenido nutrimental de conchas con ingredientes veganos y harina integral. *Revista Multidisciplinaria Voces de América y el Caribe (REMUVAC)*, 2(2), 512-566.

Multiple Comparison of Gelling Agents in the Texture of Coconut-Flavored Gummy Candy: Transforming Tradition into Innovation

Comparação Múltipla de Gelificantes na Textura de Goma de Sabor Cocada: Da Tradição à Inovação

Lizeth Magaly Islas Ventura

Universidad Vizcaya de las Américas | Tulancingo de Bravo | México

<https://orcid.org/0009-0002-3324-0409>

cidiv_tulancingo@uva.edu.mx

Egresada de la licenciatura en Gastronomía, por la Universidad Vizcaya de las Américas, Campus Tulancingo

Reyna Serrano Téllez

Universidad Vizcaya de las Américas | Tulancingo de Bravo | México

<https://orcid.org/0009-0009-8111-6833>

cidiv_tulancingo@uva.edu.mx

Egresada de la licenciatura en Gastronomía, por la Universidad Vizcaya de las Américas, Campus Tulancingo.

Abstract

Modern gastronomy seeks to innovate traditional products like “cocada” (coconut candy) to attract younger consumers. This study evaluated the effect of agar-agar, gelatin, and cornstarch on the texture of a coconut-flavored gummy candy. Three formulations were prepared and subjected to a sensory test with 30 panelists, analyzing hardness, flexibility, chewiness, and acceptability using ANOVA and Tukey’s test. The gelatin-based gummy showed significant differences and achieved the best texture and highest acceptance, while agar and starch produced brittle and low-chew products. It is concluded that gelatin is the most suitable gelling agent for this application. Keywords: Gelling agents; Texture; Gummy candies; Cocada; Sensory evaluation.

Resumo

A gastronomia moderna busca inovar produtos tradicionais como a cocada para atrair consumidores jovens. Este estudo avaliou o efeito do ágar-ágar, da gelatina e do amido de milho na textura de uma goma de sabor cocada. Três formulações foram elaboradas e submetidas a um teste sensorial com 30 provadores, analisando-se dureza, flexibilidade, mastigabilidade e aceitação por meio de ANOVA e teste de Tukey. A goma com gelatina apresentou diferenças significativas e obteve a melhor textura e maior aceitação, enquanto o ágar e o amido produziram produtos quebradiços e pouco mastigáveis. Conclui-se que a gelatina é o gelificante mais adequado para esta aplicação. Palavras-chave: Gelificantes; Textura; Gomas; Cocada; Análise sensorial.

Capítulo 6

La transformación digital y la globalización: impacto de las tecnologías de información en la nueva economía y el comercio internacional

Angel David Flores Vidaurre, Enrique Santos Nauca Torres, Dilmer Aarown Mechan Flores, Ana Bertha Cotrina Camacho, Bryan Scott Becerra Huamán

Resumen

La transformación digital es un eje fundamental de la globalización contemporánea, redefiniendo modelos de negocio, competitividad y sostenibilidad. Este estudio se alinea con el objetivo de desarrollo sostenible (ods) 9. El objetivo principal fue examinar el impacto de las tecnologías de la información (TI) en la competitividad empresarial global y su contribución al desarrollo sostenible. Se utilizó una metodología de revisión documental basada en fuentes secundarias de bases de datos como scopus y sciencedirect, considerando estudios entre 2019 y 2024. Los hallazgos revelaron que las ti han transformado las cadenas de valor, mejorando la toma de decisiones. Sin embargo, persisten barreras como la resistencia cultural, la falta de infraestructura y la escasez de habilidades digitales, que varían según el contexto socioeconómico. Se concluye que las ti son cruciales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y ambiental, siendo esencial superar las barreras mediante estrategias adaptadas.

Palabras clave: transformación digital; tecnologías de la información; sostenibilidad; globalización; industria 4.0

Flores Vidaurre, A. D., Nauca Torres, E. S., Mechan Flores, D. A., Cotrina Camacho, A. B., & Becerra Huamán, B. S. (2025). La transformación digital y la globalización: impacto de las tecnologías de información en la nueva economía y el comercio internacional. En F. J. Manjarrés Arias, (Coord). Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen II). (pp. 96-XX). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.387.c737>



Introducción

La transformación digital se presenta como el eje fundamental de la globalización en la era contemporánea, alterando significativamente las dinámicas de la economía y el comercio internacional. Agustín et al. (2023), afirman que, esta revolución tecnológica ha redefinido los modelos de negocio, la organización mercantil y los factores de competitividad a escala mundial. La organización para la cooperación y desarrollo de la economía da a conocer que la relevancia de la digitalización radica en su capacidad para generar nuevas oportunidades económicas, facilitar el acceso a mercados globales y promover la innovación en un entorno cada vez más interconectado.

Diversos estudios destacan cómo las tecnologías de la información (TI) han reconfigurado los procesos empresariales y su impacto en la competitividad y sostenibilidad de las economías emergentes y avanzadas (Acemoglu y Restrepo, 2019). Las tecnologías digitales (inteligencia artificial, internet de las cosas y big data) no solo han cambiado la manera de operar en las empresas, sino que también han influido en la estructura y gobernanza del comercio mundial. Estas innovaciones tecnológicas han dado lugar a nuevos modelos de negocio y han permitido la globalización de servicios y productos de manera sin precedentes.

Esta transformación digital es, a su vez, clave para el logro de la implementación de sistemas modernos de automatización industrial que se vinculan al objetivo de desarrollo sostenible n°9 establecido por las naciones unidas ya que enfatiza la relevancia de la aplicación de tecnologías de información y de la innovación como impulsores de la industrialización sostenible. El Banco Mundial (2022), sostiene que el despliegue de infraestructuras tecnológicas, la capacitación en competencias digitales y el apoyo a la innovación resultan fundamentales para alcanzar estos objetivos y fomentar el desarrollo sostenible a nivel global.

La evidencia empírica demuestra que la digitalización ha generado cambios sustanciales en la economía mundial. Estudios recientes indican que la transformación digital reduce los costos de transacción, mejora la eficiencia operativa y expande el acceso a nuevos mercados (Cornell University, Insead y Wipo, 2020). Esto ha dado lugar a nuevas oportunidades, pero también ha planteado desafíos que deben ser abordados.

En la actual coyuntura, se produce el requerimiento de observar nuevos panoramas y cuestiones clave, tales como: ¿cómo impactan las tecnologías de información en el contexto empresarial para adquirir diferentes competencias en los mercados globales? ¿qué factores limitan la adopción de tecnologías avanzadas en diferentes contextos socioeconómicos? ¿de qué manera contribuye la digitalización en la industrialización y la innovación? Resolver estas interrogantes permitirá comprender mejor las implicaciones de la transformación digital y su rol en el contexto mercantil y en la nueva economía debido a la globalización.

La justificación de esta investigación se sustentó en múltiples dimensiones. Desde la perspectiva tecnológica, la capacidad de adaptación a las ti se convirtió en un factor determinante del éxito empresarial y social, pues impulsó el desarrollo económico y contribuyó a la mejora del comercio internacional (Acemoglu y Restrepo, 2019). Asimismo, la dimensión social de la digitalización radicó en su potencial para facilitar la disponibilidad a servicios fundamentales y redujo las brechas de desigualdad socioeconómica (Cepal, 2022). Finalmente, la dimensión práctica se evidenció en la mejora de la administración de recursos para lograr objetivos deseados y en la tasa de industrialización de bienes y servicios rentables en las empresas, lo cual fortaleció su competitividad en los mercados internacionales (Euromonitor, 2023).

Los objetivos de este artículo fueron: examinar el impacto de medios tecnológicos digitales en la competitividad de las empresas en los mercados globales, investigar los factores que limitan la imple-

mentación de avances tecnológicos (inteligencia artificial y big data), en diferentes contextos socioeconómicos y, finalmente, evaluar la contribución de la digitalización al cumplimiento de la ods n°9 que se refiere a la industrialización y la innovación. Mediante el cumplimiento de estos objetivos, el artículo busca generar conocimientos que permitan comprender mejor las implicaciones de la transformación digital y su rol en el contexto mercantil y en la nueva economía debido a la globalización.

Metodología

El presente artículo de revisión de literatura permitió recolectar información científica y empírica sobre las variables asociadas a la transformación digital, su impacto en la nueva economía y el comercio internacional en un contexto de globalización. Según Rodríguez y Cabrera (2018), los estudios descriptivos se enfocan en recopilar información detallada que permita caracterizar una población o fenómeno específico, buscando identificar patrones y posibles asociaciones entre variables sin implicar una relación causal. Este tipo de investigación puede adoptar distintas formas, como descripciones generales, análisis comparativos entre grupos o estudios profundos de casos particulares, según las necesidades y el alcance del análisis.

Para recolectar estos datos, se hizo uso de herramientas de recopilación y análisis documental en fuentes secundarias. Porcel y Gracia (2010), nos dice que el análisis documental se refiere a un conjunto de procedimientos destinados a sintetizar y estructurar la información contenida en un documento, aplicando estándares que faciliten su localización y comprensión en entornos informativos o de investigación.

Para recolectar y almacenar la información requerida se hizo uso de repositorios digitales reconocidos como scopus, sciencedirect, scielo y redalyc, considerando criterios como el periodo de 2019-2024, tipo de documento (informes de investigación, artículos de

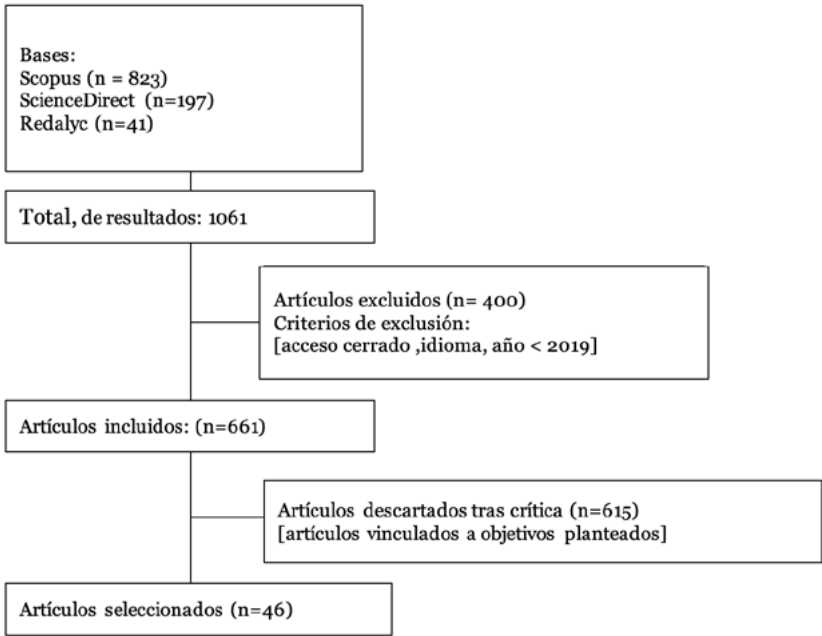
revisión o reflexión), idioma y estudios relevantes sobre transformación digital, economía global e industrialización 4.0 en el comercio internacional. También se priorizó el acceso abierto a la información para garantizar la disponibilidad de los documentos.

Como descriptores se emplearon términos derivados de la pregunta de investigación: “digital transformation”, “information technology”, “new economy”, y su relación con términos clave como “industry 4.0” y “globalization”. Los términos fueron combinados mediante operadores booleanos para mayor especificidad en la búsqueda, como se detalla a continuación:

- Scopus [(“digital transformation” or “information technology”) and (“new economy” or “international trade”) and (“industry 4.0” or “globalization”)]
- Sciencedirect [(“digital transformation” or “information technology”) and (“new economy” or “international trade”) and (“industry 4.0” or “globalization”)]
- Redalyc: transformación digital, tecnologías de la información, nueva economía, comercio internacional, globalización e industrialización 4.0.

Tras la revisión inicial, y considerando los objetivos del estudio, se seleccionaron 45 documentos relevantes que cumplieron con todos los requisitos establecidos.

Figura 1. Flujograma del artículo de literatura



Fuente: elaboración propia

Resultados

Análisis de impacto: evaluar cómo las TI reconfiguran modelos de negocio y estrategias de competitividad.

Tabla 1. Impacto de las TI

Autores(es)		Año	Impacto de las TI	País	Base de datos
Agustian et al.		2023	Las ti reconfiguraron modelos de negocio enfocados a la personalización de servicios.	Indonesia	Scopus
Guaña		2021	La adopción de ti mejoró la competitividad en mercados globales.	España	Ieee xplore

Autores(es)	Año	Impacto de las TI	País	Base de datos
Yawised et al.	2022	Las tecnologías digitales han transformado la cadena de valor de las empresas.	Tailandia	Sciencedirect
Del et al.	2023	El uso de big data ha permitido tomar decisiones más informadas y rápidas.	Argentina	Sustainability
He	2023	La digitalización impulsó la innovación en productos y servicios.	China	Scopus
Avellaneda et al.	2021	Las ti facilitaron la colaboración y comunicación en tiempo real.	Colombia	Ieee xplore

Fuente: elaboración propia

El impacto de las tecnologías de la información (TI) y la digitalización en los modelos de negocio resalta su capacidad transformadora en la toma de decisiones, la innovación y la comunicación. Agustian et al. (2023), destacan cómo las ti han permitido la personalización de servicios en indonesia, reconfigurando modelos de negocio enfocados en satisfacer las necesidades individuales de los clientes.

Por su parte, la investigación de He (2023), subraya que la digitalización impulsó la innovación en productos y servicios en china, mostrando cómo estas tecnologías generan oportunidades para crear ofertas más competitivas y adaptadas al mercado global.

Desde argentina, Del et al. (2023), resaltan que el uso de big data facilita la toma de decisiones más informadas y rápidas. Esto evidencia el rol estratégico de los datos en la mejora de procesos y en la generación de respuestas oportunas en un entorno empresarial dinámico.

En el caso colombiano, Avellaneda et al. (2021), enfatizan que las

ti facilitaron la colaboración y la comunicación en tiempo real, permitiendo a las organizaciones optimizar su funcionamiento interno y mejorar la coordinación entre equipos de trabajo, especialmente en entornos virtuales.

Guaña (2021), por otro lado, destaca cómo la adopción de TI incrementó la competitividad en mercados globales, mientras que Yawised et al. (2022), señalan que las tecnologías digitales han transformado la cadena de valor empresarial en tailandia, optimizando procesos clave.

En conjunto, los hallazgos coinciden con las investigaciones de Aarias et al. (2024) ya que evidencian que las ti y la digitalización son motores clave para la innovación, la colaboración y la competitividad, al mismo tiempo que permiten una toma de decisiones ágil y basada en datos, redefiniendo así los modelos de negocio en un entorno globalizado y tecnológicamente avanzado.

Identificación de barreras: investigar las limitaciones en la adopción de tecnologías avanzadas como IA y Big Data en diferentes contextos socioeconómicos.

Tabla 2. Barreras al adoptar TI

Autores(es)	Año	Barreras al adoptar TI en la socioeconomía	País	Base de datos
Kamp y gibaja	2021	Las barreras culturales limitan la adopción de nuevas tecnologías.	España	Sustainability
Mesanovic	2020	La falta de infraestructura adecuada es un obstáculo significativo.	Suiza	Scopus
Yawised et al.	2022	La resistencia al cambio es una de las principales barreras.	Tailandia	Sciencedirect

Autores(es)	Año	Barreras al adoptar TI en la socioeconomía	País	Base de datos
Del et al.	2023	La escasez de habilidades digitales afecta la implementación de ti.	Argentina	Sustainability
Nureen et al.	2023	La preocupación por adoptar tecnologías eco amigables para el cuidado del medio ambiente	China	Scopus
Zainuddin et al.	2022	La falta de inversión en ti limita el crecimiento empresarial.	Malasia	Sustainability

Fuente: elaboración propia

Las diversas perspectivas presentadas sobre las barreras al adoptar tecnologías de la información (TI) reflejan su multidimensionalidad y el impacto socioeconómico que estas pueden generar. Estas barreras incluyen desde factores culturales y estructurales hasta desafíos económicos y ambientales, lo que subraya su carácter complejo. Los hallazgos señalan cómo estas limitaciones dificultan la integración de ti en diferentes contextos nacionales y sectores económicos, afectando la competitividad y el desarrollo sostenible.

Los datos, comparados con investigaciones previas, evidencian que las barreras al adoptar ti van más allá de problemas técnicos, involucrando aspectos socioculturales y económicos. Por ejemplo, Kamp y Gibaja (2021), identifican las barreras culturales en España como un factor que limita la innovación tecnológica, destacando la influencia de la mentalidad colectiva en la adopción de nuevas tecnologías. De manera complementaria, Mesanovic (2020), subraya en suiza la importancia de la infraestructura adecuada como base para la implementación efectiva de ti.

En un enfoque similar, Yawised et al. (2023), en Tailandia resaltan la resistencia al cambio como una de las principales barreras, lo que pone de manifiesto cómo factores humanos pueden frenar la

transformación digital. En argentina, Del et al. (2023), enfatizan la escasez de habilidades digitales como un desafío clave, reflejando la necesidad de políticas que impulsen la capacitación tecnológica. Por otro lado, Nureen et al. (2023), en china abordan la preocupación por integrar tecnologías ecoamigables, destacando la relevancia del impacto ambiental en las decisiones tecnológicas.

Finalmente, Zainuddin et al. (2022), en malasia señalan que la falta de inversión en ti limita el crecimiento empresarial, subrayando la importancia del apoyo financiero para fomentar el desarrollo tecnológico. En contraste con otros estudios, esta perspectiva amplía la comprensión de las barreras al enfatizar el papel crucial del financiamiento y la planificación estratégica en la transformación digital.

En conjunto, estas investigaciones concuerdan con Ngema y Ajani (2024), ya que presentan un panorama integral de las barreras al adoptar ti, destacando su interrelación con factores económicos, sociales y culturales. Esto resalta la necesidad de estrategias adaptadas a cada contexto para superar estas limitaciones, promoviendo así el desarrollo inclusivo y sostenible en la era digital.

Enfoque en sostenibilidad: examinar el papel de la digitalización en la consecución de la ods n°9, especialmente en la industrialización e innovación.

Tabla 3. Enfoque de sostenibilidad

Autores(es)	Año	Enfoque de sostenibilidad	País	Base de datos
Melo et al.	2023	La transformación digital permite a las empresas innovar en sus procesos productivos	Suiza	Ieee xplora

Autores(es)	Año	Enfoque de sostenibilidad	País	Base de datos
Di felice et al.	2020	La digitalización contribuye al desarrollo industrial sostenible.	Italia	Scopus
Munandar	2020	Los modelos de negocio digitales permiten a las empresas innovar y adaptarse a las demandas del mercado	Indonesia	Scopus
Fura et al.	2024	El uso de ti facilita la adaptación a nuevas tendencias futuras de las empresas	Polonia	Sustainability
Elidrisy	2024	La globalización de las ti impulsa a las industrias a innovar constantemente	Qatar	Ieee xplora

Fuente: elaboración propia

Las diferentes perspectivas sobre el enfoque de sostenibilidad destacan la creciente importancia de la transformación digital como un motor clave para la innovación, la adaptación y el desarrollo sostenible en el ámbito empresarial. Estos enfoques subrayan cómo las tecnologías de la información (TI) y la digitalización no solo transforman los modelos de negocio, sino que también generan impactos positivos en la sostenibilidad económica, social y ambiental, fortaleciendo la resiliencia de las empresas frente a los desafíos actuales.

Los datos, comparados con investigaciones previas, evidencian que la sostenibilidad en el contexto digital se ha convertido en un imperativo estratégico para las organizaciones. Melo et al. (2023), en

suiza destacan que la transformación digital permite a las empresas innovar en sus procesos productivos, promoviendo una mayor eficiencia y competitividad. Este enfoque resalta cómo la tecnología puede optimizar recursos y mejorar la productividad sin comprometer los objetivos de sostenibilidad.

De manera complementaria, Di Felice et al. (2020), en Italia señalan que la digitalización contribuye al desarrollo industrial sostenible, destacando su capacidad para integrar procesos más limpios y reducir el impacto ambiental. Munandar (2020), en Indonesia enfatiza que los modelos de negocio digitales permiten a las empresas innovar y adaptarse a las demandas cambiantes del mercado, subrayando la importancia de la flexibilidad y la innovación continua en un entorno globalizado.

Por otro lado, Fura et al. (2024) en Polonia abordan el papel de las TI en facilitar la adaptación de las empresas a nuevas tendencias futuras, destacando la importancia de la anticipación y la capacidad de respuesta como elementos centrales de la sostenibilidad organizacional. En un enfoque similar, Elidrisy (2024) en Qatar resalta cómo la globalización de las TI impulsa a las industrias a innovar constantemente, evidenciando la interconexión entre sostenibilidad, tecnología y competitividad en un mercado globalizado.

En conjunto, estas perspectivas tienen relación con las investigaciones de Strilchuk et al. (2024), puesto que ofrecen una visión integral del enfoque de sostenibilidad en la era digital, destacando la intersección entre tecnología, innovación y desarrollo sostenible. Estos hallazgos subrayan la necesidad de estrategias que aprovechen el potencial transformador de las TI para generar valor económico, social y ambiental, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad y resiliencia empresarial.

Conclusiones

Se concluye que el impacto de las tecnologías de la información (TI) en la sostenibilidad y la transformación empresarial ha sido significativo, redefiniendo modelos de negocio y procesos productivos en distintos contextos globales. Las TI han promovido la personalización de servicios, la competitividad en mercados globales y la innovación en productos y servicios. Países como Indonesia, España, Tailandia y China destacan por su capacidad de integrar tecnologías digitales para transformar cadenas de valor, facilitar la colaboración en tiempo real y aprovechar el Big Data para la toma de decisiones informadas. No obstante, estos avances también presentan retos asociados a la integración tecnológica, que requieren estrategias adaptadas a cada contexto.

En relación con las barreras para adoptar TI, se concluye que la transformación digital enfrenta obstáculos significativos relacionados con factores culturales, la resistencia al cambio, la escasez de habilidades digitales y la falta de infraestructura o inversión adecuada. Estas barreras varían según el contexto sociocultural y económico, como se observa en países como España, Suiza, Tailandia y Argentina. Asimismo, la integración de tecnologías ecoamigables y la globalización de las TI destacan como áreas de preocupación y oportunidad, especialmente en regiones como China y Qatar. Para superar estas barreras, se requiere una colaboración multisectorial que incluya políticas públicas y programas de formación tecnológica.

Respecto al enfoque de sostenibilidad, las TI han demostrado ser un pilar fundamental para la innovación y el desarrollo industrial sostenible. Países como Suiza, Italia y Polonia han evidenciado cómo la digitalización facilita la adaptación a tendencias futuras y la integración de procesos productivos más eficientes y responsables con el medio ambiente. Además, la globalización de las TI impulsa a las industrias a mantener un proceso constante de innovación. Esto refuerza la necesidad de considerar la sostenibilidad como un eje

transversal en la transformación digital, promoviendo prácticas que equilibran los objetivos económicos, sociales y ambientales.

Referencias

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188–2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- Agustian, K., Mubarak, E. S., Zen, A., Wiwin, W., & Malik, A. J. (2023). The impact of digital transformation on business models and competitive advantage. *Technology and Society Perspectives (TACIT)*, 1(2), 79–93. <https://doi.org/10.61100/tacit.v1i2.55>
- Arias, P. A. A., Martínez, R. M. A., & Cordero, R. J. H. (2024). Business value of IT for small and medium enterprises during COVID-19: A systematic literature review. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 12(25), 1–10. <https://doi.org/10.36825/riti.12.25.001>
- Ariyanti, R., & Aryani, D. R. (2024). Business models: Innovation, digital transformation, and analytics. *Journal of Education for Business*, 1-2. <https://doi.org/10.1080/08832323.2024.2410191>
- Askarova, Z. A., Kogut, O. Y., & Askarova, G. A. (2024). Assessment in the efficiency of investments in human capital in the conditions of digital transformation of the economy. *Bulletin of Turan University*, 1, 23–39. <https://doi.org/10.46914/1562-2959-2024-1-1-23-39>
- Avellaneda, Z. J. A., Quintero, F. A. V., & Lozano, I. F. S. (2021). *Transformación digital en los negocios internacionales*. Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero / Alianza de Investigadores Internacionales S.A.S.
- Ay, F. A., & Yilmaz, K. (2024). Corporate social responsibility and digital transformation interaction: Determining strategic orientations with bibliometric analysis. *Turk Turizm Arastirmalari Dergisi*, 6(3), 329–348. <https://doi.org/10.26677/tr1010.2024.1452>
- Borysova, O., Stankevych, S., Sysoieva, S., Synyavina, Y., Tkachenko, T., Matsyura, M., & Shapetko, E. (2021). Impact of the COVID-19 pandemic on religious and green tourism. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(3), 292–295. https://doi.org/10.15421/2021_174
- CEPLAN. (2023). *Transformación digital: Panorama actual y principales perspectivas*. Plataforma del Estado Peruano.

- Di Felice, P., Di Valerio, D., Marinelli, M., Paolone, G., Pilotti, F., & Vellante, S. (2020). A technological platform and a process to implement the informative marketing strategy. *The 1st International Electronic Conference on Applied Sciences Session Computing and Artificial Intelligence*, 7955. <https://doi.org/10.3390/ASEC2020-07955>
- Dudakov, G., Molchanov, N., & Kostenarov, K. (2020). *The impact of digital transformation on building business models*. Proceedings of the International Scientific Conference - Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service. <https://doi.org/10.1145/3446434.3446489>
- Elidrisy, A. (2024). Leveraging cloud services & digital transformation for sustainability: Insights from cases of Qatar. *Deleted Journal*, 2(1), 20–28. <https://doi.org/10.54536/jir.v2i1.2398>
- Fura, B., Karasek, A., & Hysa, B. (2024). Statistical assessment of digital transformation in European Union countries under sustainable development goal 9. *Quality & Quantity*, 59, 937–972. <https://doi.org/10.1007/s11135-024-01972-0>
- Gholami, S. (2024). How does digital transformation affect green supply chain efficiency? *Holistica – Journal of Business and Public Administration*, 15(1), 149–159. <https://doi.org/10.2478/hjbpa-2024-0010>
- Guaña, E. R. (2021). Modelo de un plan estratégico Green IT y BPM para minimizar el impacto ambiental en la educación superior. *Novasinergia Revista Digital de Ciencia Ingeniería y Tecnología*, 4(1), 136–150. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.08>
- He, J. (2023). Study on the impact of digital transformation on audit risks of accounting firms: The case of Grant Thornton. *Frontiers in Business, Economics and Management*, 9(2), 269–274. <https://doi.org/10.54097/fbem.v9i2.9297>
- Jia, Y. (2024). Analysis of the transformation of the new energy vehicle industry under the background of the digital economy. *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*, 42, 1096–1101. <https://doi.org/10.54097/2jybf52>
- Kamp, B., & Gibaja, J. J. (2021). Adoption of digital technologies and backshoring decisions: Is there a link? *Operations Management Research*, 14(3-4), 380–402. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00202-2>

- Martínez, J., Romo, L., & Riascos, S. (2024). Avances en la transformación digital de las Mipymes impulsadas por la pandemia COVID-19. *Journal of Technology Management & Innovation*, 19(1), 52–65. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242024000100052>
- Melo, I. C., Alves, P. N., Junior, Queiroz, G. A., Yushimito, W., & Pereira, J. (2023). Do we consider sustainability when we measure small and medium enterprises' (SMEs') performance passing through digital transformation? *Sustainability*, 15(6), 4917. <https://doi.org/10.3390/su15064917>
- Mesanovic, E. (2020). The digital transformation of payment systems - Libra's impact on the global economy. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3581507>
- Munandar, A. (2020). Social policy in the global transformation flow: State responsibility for social welfare. *International Journal of Innovative Research and Development*, 9(2). <https://doi.org/10.24940/ijird/2020/v9/i2/FEB20026>
- Nambisan, S., Wright, M., & Feldman, M. (2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. *Research Policy*, 48(8). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.018>
- Ngema, N. T., & Ajani, N. O. A. (2024). Exploring digital transformation in preservice teacher education in Africa: Prospects, challenges, and implications for sustainable lifelong learning. *International Journal of Innovative Technologies in Economy*, 3(47). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijite/30092024/8236a
- Nureen, N., Sun, H., Irfan, M., Nuta, A. C., & Malik, M. (2023). Digital transformation: Fresh insights to implement green supply chain management, eco-technological innovation, and collaborative capability in manufacturing sector of an emerging economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(32), 78168–78181. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27796-3>
- OECD. (2024). *OECD digital economy outlook 2024 (Volume 1): Embracing the technology frontier*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en>
- ONTSI. (2019). *La sociedad en red. Transformación digital en España. Informe anual 2018*. ONTSI. <http://doi.org/10.30923/1989-7424-2019>

- Porcel, A. F., & Gracia, R. Z. (2010). *Fundamentos de análisis documental, febrero 2010*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Qiao, Y., Seger, B., Hochfilzer, D., Joensen, B. Ó., Deng, W., & Chorkendorff, I. (2022). (Digital Presentation) Investigations on the ethanol/ethylene bifurcation and restructure of Cu/Ag catalysts for electrochemical CO₂ reduction. *Meeting Abstracts/Meeting Abstracts (Electrochemical Society. CD-ROM), MA2022-01(36)*, 1614. <https://doi.org/10.1149/MA2022-01361614mtgabs>
- Reyes, N. S., Gómez, A. G., & Flores, R. G. (2024). El impacto de la tecnología de la información en la gestión empresarial. *Nexus Research Journal*, 3(2), 17–34. <https://doi.org/10.62943/nrj.v3n2.2024.101>
- Rhena, J., Kraugusteeliana, K., & Hamzar, N. (2024). Embracing digitalization in tourism: Strategic approaches for global competitiveness in the digital economy era. *Indo-Fintech Intellectuals Journal of Economics and Business*, 4(2), 461–472. <https://doi.org/10.54373/ifiheb.v4i2.1282>
- Rodríguez, M. C. M., V., & Cabrera, I. P. (2018). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería Universitaria*, 4(1). <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2007.1.469>
- Sarabdeen, M., Elhaj, M., & Alofaysan, H. (2024). Exploring the influence of digital transformation on clean energy transition, climate change, and economic growth among selected oil-export countries through the panel ARDL approach. *Energies*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/en17020298>
- Sheikh, M., & Ghorpade, K. H. (2021). *Review paper on application of building information modelling in construction project in coordination with digital transformation*.
- Shugurov, M. (2020). Digital transformation of international cooperation in science and technology and the issues of legal ensuring of international information security in conditions of Industry-4.0. *Russian-Asian Legal Journal*, 4, 61–73. [https://doi.org/10.14258/ralj\(2020\)4.10](https://doi.org/10.14258/ralj(2020)4.10)
- Strilchuk, Y., Krasnova, I., Khodakevich, S., Metsger, I., Stryzhak, A., & Dubas, A. (2024). Sustainable development determinants in the context of digital transformation. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 3(56), 293–307. <https://doi.org/10.55643/fcaptop.3.56.2024.4367>

- Tokunova, A., Zvonar, V., Polozhentsev, D., Pavlova, V., & Fedoruk, O. (2024). Economic consequences of artificial intelligence and labor automation: Employment recovery, transformation of labor markets, and dynamics of social structure in the context of digital transformation. *Financial Engineering*, 2, 1–12. <https://doi.org/10.37394/232032.2024.2.1>
- University, C., INSEAD, & Organization, W. I. P. (2020). *Global innovation index 2020: Who will finance innovation?* WIPO.
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2019). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Waller, D., Ho, J., Fong, C. K., Iskander, A., Towns, S., Bailey, S., Zolfaghari, E., Feuerlicht, D., Ross, K., & Steinbeck, K. (2023). Digital psychosocial assessment of youth in Australian hospitals: From aspiration to implementation. *European Journal of Public Health*, 33(2). <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckad160.838>
- Wang, L. M., & Ang, T. L. (2023). Optimizing endoscopic ultrasound guided fine needle aspiration through artificial intelligence. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 38(6), 839–840. <https://doi.org/10.1111/jgh.16242>
- Yawised, K., Apasrawirote, D., Chatrangsang, M., & Muneesawang, P. (2022). Factors affecting SMEs' intention to adopt a mobile travel application based on the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT-2). *Emerging Science Journal*, 4, 207–224. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2021-SP1-014>
- Zainuddin, Z. N., Ahmad, M., Latif, N. E. A., Yusof, F. M., & Sulaiman, S. (2022). Digital transformation of accounting profession: Post COVID-19 era. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 7(18), 131–139. <https://doi.org/10.21834/ebpj.v7i18.3925>

Digital Transformation and Globalization: The Impact of Information Technologies on the New Economy and International Trade **Transformação Digital e Globalização: O Impacto das Tecnologias da Informação na Nova Economia e no Comércio Internacional**

Angel David Flores Vidaurre

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo | Lambayeque | Perú

<https://orcid.org/0009-0007-1703-4636>

afloresvid@unprg.edu.pe

adf126@gmail.com

Estudiante del noveno ciclo de ingeniería de sistemas con certificación de inglés nivel c1. Investigador en formación del grupo de investigación en ciencia de datos, inteligencia y ciberseguridad (gicdiac-unprg). Poseo conocimientos en programación y fundamentos de desarrollo de software, con interés en la aplicación de tecnologías para la solución eficiente de problemas.

Enrique Santos Nauca Torres

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo | Lambayeque | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-5052-1723>

enauca@unprg.edu.pe

snauca@gmail.com

Doctor en gestión pública y gobernabilidad por la universidad César Vallejo, magister en administración y dirección de empresas e ingeniero de sistemas y computación por la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. Docente nombrado de la universidad nacional pedro ruiz gallo en la escuela profesional de ingeniería de sistemas. Investigador peruano calificado por concytec–renacyt. Autor de artículos científicos en scopus, capítulos de libros y libros. Asimismo, investigador del grupo de investigación en ciencia de datos, inteligencia y ciberseguridad (gicdiac-unprg).

Dilmer Aarown Mechan Flores

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo | Monsefu | Perú

<https://orcid.org/0009-0006-2379-0211>

dmechanf@unprg.edu.pe

dilmer151099@gmail.com

Estudiante del noveno ciclo de la carrera de ingeniería de sistemas, actualmente investigador en formación del grupo de investigación en ciencia de datos, inteligencia y ciberseguridad (gicdiac-unprg). Especializado en el campo de la robótica con la impresión y diseño en 3d.

Ana Bertha Cotrina Camacho

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo | Lambayeque | Perú

<https://orcid.org/0000-0003-3330-6316>

acotrina@unprg.edu.pe

abcotrinacmacho@gmail.com

Ciencias económicas y título profesional de economista de la Universidad Nacional Mayor de Santos Marcos, grado de maestro en administración con mención en gerencia empresarial, doctor en gestión universitaria. Docente en la Universidad Pedro Ruiz Gallo (actualidad)

Bryan Scott Becerra Huamán

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo | Chiclayo | Perú

<https://orcid.org/0009-0009-4563-8984>

bbecerrah@unprg.edu.pe

bryanscott244@gmail.com

Desde mi ingreso a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, desarrollé interés por la aplicación de tecnologías para mejorar la calidad de vida. Apliqué mis conocimientos en la oficina de tecnologías de la información, realizando soporte y mantenimiento, y posteriormente desarrollé soluciones de software en bienestar universitario. Finalmente, participé en ingeniería estratégica, implementando sistemas de información para fortalecer la adaptación empresarial a tecnologías emergentes.

Abstract

Digital transformation is a fundamental axis of contemporary globalization, redefining business models, competitiveness, and sustainability. This study aligns with Sustainable Development Goal (SDG) 9. The main objective was to examine the impact of information technologies (IT) on global business competitiveness and their contribution to sustainable development. A documentary review methodology was used, based on secondary sources from databases such as Scopus and ScienceDirect, considering studies published between 2019 and 2024. The findings revealed that IT has transformed value chains and improved decision-making. However, barriers such as cultural resistance, lack of infrastructure, and shortage of digital skills persist, varying according to socioeconomic context. It is concluded that IT is crucial for achieving economic, social, and environmental sustainability, making it essential to overcome these barriers through tailored strategies.

Keywords: digital transformation; information technologies; sustainability; globalization; Industry 4.0.

Resumo

A transformação digital é um eixo fundamental da globalização contemporânea, redefinindo modelos de negócio, competitividade e sustentabilidade. Este estudo alinha-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9. O objetivo principal foi examinar o impacto das tecnologias da informação (TI) na competitividade empresarial global e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável. Utilizou-se uma metodologia de revisão documental baseada em fontes secundárias de bases de dados como Scopus e ScienceDirect, considerando estudos publicados entre 2019 e 2024. Os achados revelaram que a TI transformou as cadeias de valor e aprimorou a tomada de decisões. Entretanto, persistem barreiras como a resistência cultural, a falta de infraestrutura e a escassez de habilidades digitais, as quais variam de acordo com o contexto socioeconômico. Conclui-se que a TI é crucial para alcançar a sustentabilidade econômica, social e ambiental, sendo essencial superar essas barreiras por meio de estratégias adaptadas.

Palavras-chave: transformação digital; tecnologias da informação; sustentabilidade; globalização; Indústria 4.0.



Religación
Press
Ideas desde el Sur Global



Religación
Press

ISBN: 978-9942-594-14-3



9 789942 594143