

INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD:

Claves para el Desarrollo Regional



Coordinadores Editoriales

Lorenzo Alejandro Matadamas Torres
Idarh Matadamas

AUTORES

Lorenzo Alejandro Matadamas Torres
alejandro.matadamas@itoaxaca.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6167-7416>

Paola Miriam Arango-Ramirez
paola.am@itvalletla.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5983-4008>

Idarh Matadamas
idarhmatadamas@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9358-9763>

Teodulfo Aquino-Bolaños
taquino@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2917-8147>

Erik Zamora
ezamorag@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0002-3682-8585>

Manuel de Jesús Melo Monterey
manuelmelo.m@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-5994-1182>

Miriam Emily Avendaño Villegas
emilyavvi@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4871-8658>

Nizerindani Cruz-Luis
ncruzl@ipn.mx
<https://orcid.org/0009-0007-9947-2196>

Juan Regino-Maldonado
jregino@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2341-5703>

Arcelia López-Toledo
artoledol@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0002-2328-5438>

Eva Rafael Pérez
eva.rafael@itoaxaca.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2793-1254>

Maricela Morales Hernández
maricela.morales@itoaxaca.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-3521-2041>

Marisol Altamirano Cabrera
marisol.altamirano@itoaxaca.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5800-9655>

Moisés Adrián Hernández Luis
mahl107@itoaxaca.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0004-1583-2923>

Armando Levid Rodríguez Santiago
levid.rodriguez@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5510-9394>

COMITÉ EDITORIAL

Coordinadores editoriales

Lorenzo Alejandro Matadamas Torres

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Idarh Matadamas

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Prologista

Christopher Eduardo Soriano Basaldu

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca, México

Carlos Raúl Sánchez Pérez

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca, México.

COMITÉ CIENTÍFICO

Alexanders López García

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional.

Lilibeth Gómez Sosa

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional

Ivonne Avendaño Vásquez

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Dalia Silva Martínez

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Luis Alberto Alonso Hernández

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Eduardo Castañón Olguín

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Bernardo Roberto Cruz Hernández

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Ricardo Francisco Baños Solís

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Bibiana Díaz Sarmiento

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

Claribel Benítez Quecha

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca

CERTIFICADO DE EVALUACIÓN



La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional**. Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano**, es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el libro titulado **“Innovación y creatividad: claves para el desarrollo regional”** presentado por los coordinadores **Lorenzo Alejandro Matadamas Torres e Idarh Matadamas** ha sido sometido a un exhaustivo proceso de arbitraje por pares académicos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Su publicación estará disponible a partir del 9 de diciembre de 2025 en la Biblioteca digital de la Universidad Tecnocientífica del Pacífico.

Se extiende el presente certificado, a los 10 días del mes de noviembre del año 2025.

Transformando con Ciencias
Tepic, Nayarit; México


Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
Directora de la Editorial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico


César Alejandro González Guzmán
Coordinador de la Editorial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico



Calle 20 de Noviembre, 75 Pte. Col. Mololoa. Tepic, Nayarit, México. C.P. 63050
<https://editorial-utp.com.mx>. Correo electrónico: editorial_utp@tecnocientifica.com.mx. Teléfono: 311 101 01 03

Innovación y creatividad:

Claves para el Desarrollo Regional

ISBN: 978-607-69307-5-5

DOI: 10.58299/utp.261

Primera edición digital.
9 de diciembre 2025.

Es un libro editado por la Universidad Tecnocientífica del Pacífico S.C. Calle 20 de noviembre 75 Pte. Colonia Mololoa. C.P. 63050. Tepic, Nayarit, México. Teléfono (311) 1100103. Página web: <https://www.editorial-utp.com.mx>.

Esta publicación es resultado de actividades académicas, científicas y tecnológicas, fortaleciendo el desarrollo y la divulgación de las ciencias en contextos locales, nacionales e internacionales.



La distribución de este libro es bajo Licencia de Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). La cual permite compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, adaptar, remezclar, transformar y crear a partir de los documentos publicados por la revista siempre dando reconocimiento de autoría y sin fines comerciales.

PRÓLOGO

Las visiones que han sido plasmadas en los estudios de este libro comparten la necesidad de generar desarrollo regional en el estado de Oaxaca, respondiendo a problemáticas urgentes de las comunidades del estado. El documento se enriquece con diversos temas de estudio, como la economía creativa, la agricultura, la gestión ambiental, la educación y la lingüística, compartiendo un denominador común, el cual es la búsqueda de soluciones locales mediante la aplicación de metodologías innovadoras y tecnológicas emergentes. A través de estas páginas se explora cómo la inteligencia, la economía y la analítica de datos pueden integrarse para fortalecer el tejido social, educativo y productivo, con énfasis en la realidad dentro del estado de Oaxaca, México.

En este contexto, el libro incluye un examen detallado sobre la economía creativa y el turismo, considerados como impulsores de progreso territorial que transforman la identidad cultural. Además, se explora la efectividad de las redes neuronales profundas en la clasificación de especies de agave con métodos de la Inteligencia Artificial. También, se aborda la gestión de residuos orgánicos, generando abono rico en nutrientes a través de la economía circular.

Al mismo tiempo, la tecnología se transforma en un instrumento de conservación y avance. Se explica cómo los recursos digitales van más allá de su uso básico, mostrándose en plataformas tecnológicas que anticipan riesgos académicos en el nivel medio superior, así como en programas inclusivos creados para la revitalización y enseñanza de la lengua zapoteca. Estas propuestas evidencian que la innovación actúa como un medio para lograr igualdad educativa y proteger el patrimonio inmaterial.

De esta manera, este trabajo reúne descubrimientos académicos y establece una conversación esencial entre lo clásico y lo moderno. Se presenta como una propuesta para reconsiderar la función de la ciencia práctica, demostrando que las soluciones a los problemas globales frecuentemente se encuentran en una comprensión técnica y profunda de nuestras propias circunstancias locales.

Christopher Eduardo Soriano Basaldu y Carlos Raúl Sánchez Pérez
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, México.

RESUMEN

La economía creativa ha ganado importancia como impulsor del crecimiento turístico, al producir experiencias auténticas en la cultura local. Este estudio tiene como objetivo hacer un análisis bibliométrico de la bibliografía científica relacionada con la economía creativa y el turismo, basándose en 188 publicaciones indexadas en Scopus desde 2014 hasta 2025. Mediante el software de VOSviewer, se identificaron tendencias, autores influyentes y redes temáticas, mostrando un significativo incremento en la producción académica. Los resultados revelan cuatro núcleos conceptuales principales: economía creativa, turismo, desarrollo urbano y desarrollo turístico, con conceptos emergentes como sostenibilidad, gobernanza e innovación. Países como Indonesia, Brasil y Tailandia se distinguen por su producción académica. La investigación propone futuras líneas de investigación enfocadas en marcos regulatorios, evaluación de impacto local, participación de las mujeres y uso de tecnologías digitales en contextos culturales. En conjunto, la economía creativa se destaca como una estrategia de transformación territorial y cohesión social.

Palabras clave: Industrias creativas, turismo, análisis bibliométrico, participación, identidad cultural

ABSTRACT

The creative economy has gained importance as a driver of tourism growth, producing authentic experiences in local culture. This study aims to carry out a bibliometric analysis of the scientific literature related to the creative economy and tourism, based on 188 publications indexed in Scopus from 2014 to 2025. Using the VOSviewer software, trends, influential authors and thematic networks were identified, showing a significant increase in academic production. The results reveal four main conceptual cores: creative economy, tourism, urban development and tourism development, with emerging concepts such as sustainability, governance and innovation. Countries such as Indonesia, Brazil and Thailand are distinguished by their academic production. The research proposes future lines of research focused on regulatory frameworks, local impact assessment, women's participation, and the use of digital technologies in cultural contexts. Overall, the creative economy stands out as a strategy for territorial transformation and social cohesion.

Keywords: Creative industries, tourism, bibliometric analysis, participation, cultural identity.

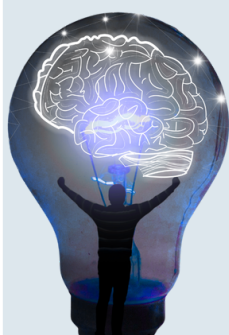
ÍNDICE

		Página
1	Economía creativa y turismo: una revisión de su evolución y perspectivas Lorenzo Alejandro Matadamas Torres Paola Miriam Arango-Ramírez	11-30
2	Un acercamiento inicial al uso de modelos de clasificación para la identificación de variedades de agave en Oaxaca Idarh Matadamas Teodulfo Aquino-Bolaños Erik Zamora Manuel de Jesús Melo Monterey Miriam Emily Avendaño Villegas	31-50
3	Gestión de residuos orgánicos y su contribución en el suelo: un enfoque desde la economía circular Nizerindani Cruz-Luis Juan Regino-Maldonado Arcelia López-Toledo	51-78
4	Bizaá' software educativo para la educación inclusiva de la lengua materna: zapoteco diidxazá Eva Rafael Pérez Maricela Morales Hernández Marisol Altamirano Cabrera	79-104
5	Uso de aplicación web para la evaluación temprana de conocimientos sobre las TIC's en los egresados del nivel medio del distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca Moisés Adrián Hernández Luis Armando Levid Rodríguez Santiago	105-124

ECONOMÍA CREATIVA Y TURISMO:

*una revisión de su evolución
y perspectivas*

DOI: 10.58299/UTP.261.C873



Lorenzo Alejandro Matadamas Torres

Instituto Tecnológico de Oaxaca

alejandro.matadamas@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6167-7416>

Paola Miriam Arango-Ramirez

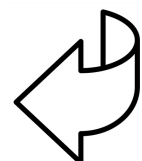
Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico del Valle de Etla

paola.am@itvalletla.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5983-4008>

Tecnológico Nacional de México



Economía creativa y turismo: una revisión de su evolución y perspectivas

Creative economy and tourism: a review of its evolution and prospects

Resumen

La economía creativa ha ganado importancia como impulsor del crecimiento turístico, al producir experiencias auténticas en la cultura local. Este estudio tiene como objetivo hacer un análisis bibliométrico de la bibliografía científica relacionada con la economía creativa y el turismo, basándose en 188 publicaciones indexadas en Scopus desde 2014 hasta 2025. Mediante el software de VOSviewer, se identificaron tendencias, autores influyentes y redes temáticas, mostrando un significativo incremento en la producción académica. Los resultados revelan cuatro núcleos conceptuales principales: economía creativa, turismo, desarrollo urbano y desarrollo turístico, con conceptos emergentes como sostenibilidad, gobernanza e innovación. Países como Indonesia, Brasil y Tailandia se distinguen por su producción académica. La investigación propone futuras líneas de investigación enfocadas en marcos regulatorios, evaluación de impacto local, participación de las mujeres y uso de tecnologías digitales en contextos culturales. En conjunto, la economía creativa se destaca como una estrategia de transformación territorial y cohesión social.

Palabras clave: bibliometría; creatividad; participación; turismo.

Abstract

The creative economy has gained importance as a driver of tourism growth, producing authentic experiences in local culture. This study aims to carry out a bibliometric analysis of the scientific literature related to the creative economy and tourism, based on 188 publications indexed in Scopus from 2014 to 2025. Using the VOSviewer software, trends, influential authors and thematic networks were identified, showing a significant increase in academic production. The results reveal four main conceptual cores: creative economy, tourism, urban development and tourism development, with emerging concepts such as sustainability, governance and innovation. Countries such as Indonesia, Brazil and Thailand are distinguished by their academic production. The research proposes future lines of research focused on regulatory frameworks, local impact assessment, women's participation, and the use of digital technologies in cultural contexts. Overall, the creative economy stands out as a strategy for territorial transformation and social cohesion.

Keywords: bibliometrics; creativity; participation; tourism.

Introducción

La economía creativa se define como el conjunto de actividades que incluyen la producción, distribución y creación de bienes y servicios relacionados con el contenido cultural y creativo. Asimismo, ha adquirido cada vez mayor importancia en el crecimiento del turismo (UNCTAD, 2010).

Esta economía incluye a las industrias creativas que tienen un papel fundamental en el arte, el diseño, la música, la gastronomía y el patrimonio, donde el valor reside en la propiedad intelectual y la creatividad. Además, estas industrias pueden integrarse con el turismo para crear experiencias únicas, impulsando el desarrollo económico y cultural (Howkins, 2001).

En este sentido, el turismo creativo se diferencia del turismo cultural tradicional (Richards y Wilson, 2006). El modelo propone relaciones más profundas entre los turistas y las comunidades locales, fomentando el aprendizaje y el intercambio intercultural. Además, el turismo creativo promueve la innovación territorial y la sostenibilidad. En este sentido, la economía creativa se convierte en un motor de desarrollo local y de diversificación económica para los destinos turísticos, especialmente en entornos postindustriales o rurales (Binkhorst y den Dekker, 2009; Comunian, 2011; Mansilla, 2021).

Por tanto, la economía creativa a través de las industrias creativas cambia el contenido de la experiencia turística y redefine los modelos de desarrollo territorial, situando la cultura y la creatividad como pilares de la competitividad turística.

Empíricamente, las investigaciones sobre la economía creativa con el turismo están aumentando. Hay 188 artículos en la base de datos Scopus que cubren temas altamente significativos hasta finales de junio de 2025. Debido al descubrimiento de evidencia sólida del desarrollo de las industrias creativas a partir del año 2014, es

esencial realizar más investigaciones para explorar este fenómeno de manera sostenible. Sin embargo, determinar de manera exhaustiva la tendencia de estas industrias creativas a través de un enfoque bibliométrico es limitado. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es realizar una revisión bibliométrica de los artículos científicos sobre la economía creativa en el turismo, utilizando como fuente la base de datos Scopus. Lo anterior, plantea estas interrogantes para profundizar el análisis: ¿Cómo ha sido el crecimiento en la investigación sobre economía creativa y turismo en los últimos diez años? ¿Cuáles son las principales investigaciones acerca de economía creativa y turismo en los últimos diez años? ¿Cómo son las relaciones de las temáticas para la investigación de la economía creativa y turismo en los últimos diez años? ¿Cómo son las relaciones entre las investigaciones de la economía creativa y turismo en los últimos diez años?

El documento ofrece una descripción integral de la economía creativa en el turismo a nivel internacional y propone como una referencia útil para futuras investigaciones en este campo. La estructura del estudio se desarrolla en cuatro etapas: en primer lugar, se presenta una revisión contextual que destaca la relevancia de estas industrias creativas con relación al turismo. En segundo lugar, se emplea un enfoque bibliométrico para abordar el objetivo planteado. En tercer lugar, se exponen y analizan los resultados a través de un estudio bibliométrico basado en la literatura existente. Por último, se identifican las principales brechas en la revisión bibliográfica, planteando oportunidades para futuras investigaciones y reconociendo las limitaciones de este estudio.

El papel de la economía creativa en el turismo

La economía creativa es reconocida como un motor esencial para crear experiencias turísticas auténticas, atractivas y sostenibles, a través de las industrias creativas (Salvador-Almela et al., 2025). El arte, la música, el cine y la gastronomía han tenido una conexión con el turismo a través de la historia (Creative Cities Network, 2022), creando así un vínculo simbiótico entre los encantos turísticos de cada lugar y la creatividad local (Richards, 2018; Montalto et al., 2023).

Esta vinculación posibilita que, si se manejan adecuadamente las actividades creativas, se creen oportunidades económicas sin poner en riesgo los recursos culturales y naturales. El turismo que se fundamenta en las industrias creativas promueve una perspectiva más sostenible, pues incluye a las comunidades locales en la conservación y producción de sus tradiciones y patrimonio (González y Annayeskha, 2020; Flemming, 2017).

Las industrias creativas también afectan directamente a la renovación urbana. El arte y la cultura han sido usados por numerosas ciudades como instrumentos para regenerar áreas en declive, convirtiéndolas en lugares que resultan atractivos tanto para los habitantes como para los turistas. Esta modalidad de regeneración urbana no solo optimiza la imagen de los lugares, sino que además incentiva el desarrollo económico a través de la generación de puestos de trabajo asociados con sectores creativos y turísticos (Florida, 2017; Kalfas et al., 2024).

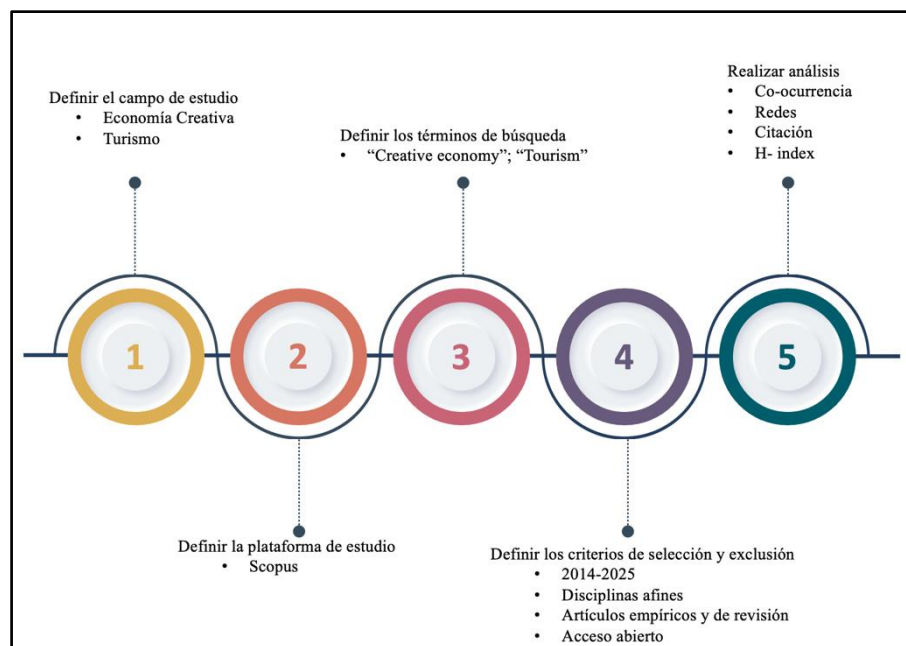
La habilidad de las industrias creativas para adaptar la experiencia turística es otro factor importante. Estas industrias presentan un extenso rango de actividades —que van desde exposiciones artísticas hasta eventos musicales— que motivan a los turistas a participar de forma activa en la creación cultural (Mansilla, 2021), en un ambiente donde los viajeros cada vez más persiguen experiencias excepcionales. Según Cohen y Avieli (2004), este método participativo se ha convertido en una de las corrientes más predominantes en el turismo actual.

Por lo anterior, las industrias creativas tienen un papel crucial en el turismo contemporáneo, no solo porque pueden crear experiencias sostenibles y auténticas, sino también por su contribución al desarrollo económico y a la transformación de las ciudades (Kalfas et al., 2024). Los destinos tienen la posibilidad de desarrollar ofertas de valor únicas que enganchen a los turistas y produzcan beneficios concretos para las poblaciones locales (Comunian, 2011).

Metodología

La bibliometría es una herramienta esencial para evaluar la producción científica y medir el impacto de la investigación en diferentes disciplinas (Leydesdorff y Bornmann, 2014). Así, el uso de la metodología bibliométrica ha contribuido significativamente a mejorar la comprensión de la estructura del conocimiento, especialmente a través del análisis de la literatura especializada (Ellegaard y Wallin, 2015) y sobre todo que examina grandes volúmenes de datos (Kuzior y Sira, 2022). Mediante esta metodología, es posible identificar y analizar las conexiones sociales, las relaciones entre citas, artículos más citados, investigaciones actuales y en ascenso, pero sobre todo temáticas relacionadas con un determinado tema, en este caso la economía creativa y el turismo. Tal proceso metodológico se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Diseño metodológico



Fuente: elaboración propia con base en la literatura.

Recopilación de datos

Para llevar a cabo este estudio bibliométrico, se realizó una búsqueda exhaustiva en la base de datos Scopus utilizando los términos de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ("Creative economy" and "Tourism"). Asimismo, se establecieron criterios de inclusión, tales como artículos publicados entre los años 2014 y 2025, revistas de alto impacto de Open Access, artículos empíricos y disciplinas relacionadas con el tema. Sin embargo, para contrastar y validar la información obtenida, se optó por realizar una búsqueda complementaria en la base de datos Web of Science (WoS). Como resultado, se identificó un menor número de publicaciones relacionadas con el tema de economía creativa y turismo. Por lo anterior, se optó por Scopus.

En este contexto, se identificaron un total de 188 artículos a septiembre de 2025, los cuales cumplían con los criterios de inclusión. Se extrajeron los datos bibliográficos de cada artículo, incluyendo el título, autor(es), año de publicación, revista, volumen, número, páginas y número de citas. Estos datos se registraron en una hoja de cálculo para su análisis posterior.

Análisis y visualización de datos

La economía creativa y el turismo tienen la habilidad de promover el progreso local, estimular la innovación y consolidar la identidad cultural de los pueblos. Esta sinergia ha suscitado, en años recientes, un interés académico cada vez mayor, lo cual se ha manifestado en una notable elevación de investigaciones enfocadas en este asunto. La versión 1.6.18 del software VOSviewer fue empleada en este estudio para examinar y visualizar información vinculada con el turismo y la economía creativa. La herramienta posibilitó la revisión de estudios científicos de los últimos diez años, enfocándose en los 20 documentos más citados. Se determinaron términos fundamentales a partir de sus resúmenes, tales como

"turismo creativo", "destinos turísticos", "desarrollo urbano", "turismo cultural", "economía creativa", "herencia cultural", "industria del turismo" e "industria creativa". El análisis de redes mostró vínculos significativos entre conceptos como "turismo", "desarrollo urbano", "industria creativa", "economía creativa" y "desarrollo turístico". Esto pone de manifiesto cómo estos campos están interconectados en la literatura académica más reciente.

Los resúmenes de los artículos revelan que la articulación entre la economía creativa y el turismo contribuye al fortalecimiento de la identidad local, impulsa las economías regionales y abre nuevas posibilidades de empleo e innovación. Esta relación favorece la diversificación de la oferta turística mediante experiencias auténticas fundamentadas en el patrimonio tangible e intangible de las comunidades, al mismo tiempo que promueve el emprendimiento creativo y el consumo de bienes culturales.

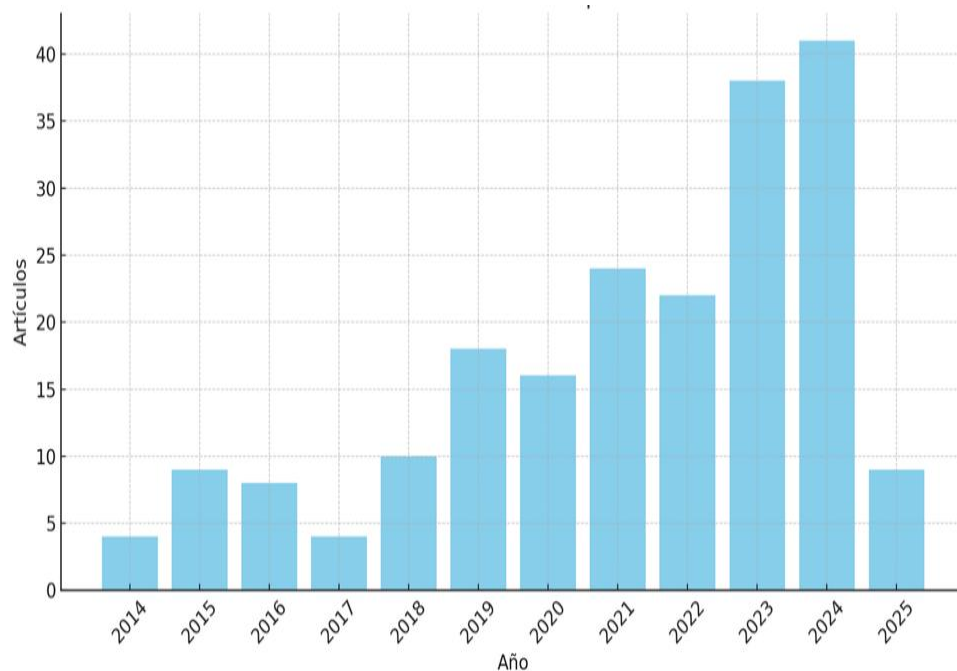
Para evaluar la calidad de los artículos, se utilizaron los indicadores de impacto de la revista, considerando el H-índice de cada autor. Se llevó a cabo un análisis de cocitación, una técnica que permite seguir la evolución de un campo de investigación a lo largo del tiempo, con el fin de identificar relaciones entre autores y temas tratados en los artículos (Garfield, 1994). La visualización del análisis se presenta como una red de elementos, donde el tamaño de las conexiones indica su cercanía y el diámetro del círculo varía según el significado de cada elemento. Los elementos se muestran organizados por círculos y colores (Silva y Moreira, 2022).

Resultados

Análisis de rendimiento

La figura 2 muestra el incremento anual de los artículos publicados con respecto a la economía creativa y el turismo. Asimismo, muestra que durante los años 2023 al 2024 las publicaciones tuvieron un incremento del 100% respecto al periodo del 2021 al 2022. La citación total anual promedio aumentó considerablemente en un 30.8% (2022-2023). Además, es importante señalar que en el periodo 2018-2019 fue el periodo donde se obtuvieron la mayor parte de citas con 709 y un H-index de 70.

Figura 2. Crecimiento del campo



Fuente: elaboración propia con base en los datos de SCOPUS.

Tabla 1. Análisis de datos.

AÑOS	TP	%TP	Sólo A R	%AR	TP	%TP	TC	H-I
2014- 2015	10	5.3%	14	7.4%	9	4.7%	375	38
2016-2017	12	6.4%	12	6.4%	12	6.4%	61	8
2018-2019	28	14.8%	23	12.3%	25	13.3%	709	70
2020-2021	35	18.7%	36	19.2%	36	19.2%	186	12
2022-2023	58	30.9%	58	30.8%	58	30.8%	360	23
2024-2025	45	23.9	45	23.9	48	25.6	25	4
TOTAL	188	100%	188	100%	188	100%	1,716	155

Abreviaciones: TP: Total artículos; AR: A: Artículo; R: Revisado; TC: Total citas; HI: H-index
Fuente: elaboración propia.

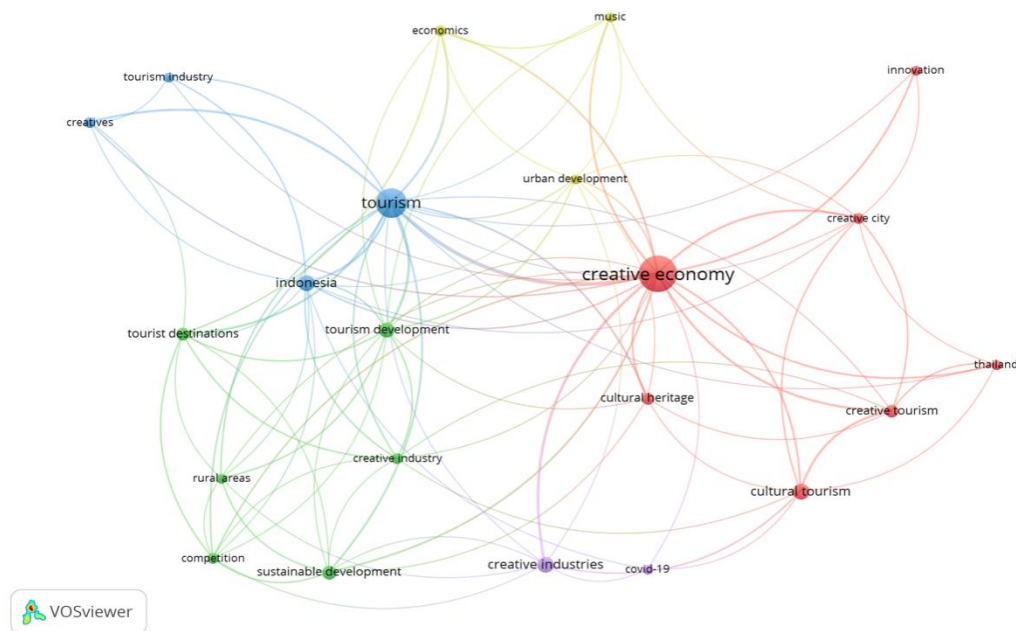
La tabla 1 muestra el total de 1.716 citas. Entre los años 2018 y 2019, fue el periodo con mayor número de citas (709), en especial debido al artículo del autor Greg Richards, que se publicó en la revista Journal of Hospitality and Tourism Management. En esta investigación, el autor presenta un análisis sobre la evolución del turismo cultural como área de estudio en los últimos diez años. Destaca su importancia creciente a nivel global, así como las tendencias académicas más importantes, que incluyen la atención en el patrimonio tangible hacia el intangible, la incorporación de comunidades con minorías e indígenas y la ampliación geográfica de los estudios. Asimismo, destaca la influencia de nuevos enfoques teóricos provenientes de las ciencias sociales y plantea líneas futuras de investigación orientadas hacia las culturas transmodernas y el impacto de las tecnologías emergentes.

Mapeo científico de la economía creativa y turismo

En este apartado se usan parámetros e indicadores de rendimiento para el mapeo de la ciencia, utilizando el conjunto completo de literatura extraída de la base de datos Scopus. Los parámetros utilizados se derivan de diversas visualizaciones que muestran las palabras que los investigadores están utilizando para abordar la economía creativa y el turismo. Estos gráficos complementarios resaltan la importancia de las palabras seleccionadas por los investigadores más citados.

La figura 3 proporciona una visión del desarrollo histórico de las palabras más utilizadas entre 2014 y 2025. Se calculó una puntuación de relevancia para cada uno de los 188 artículos. Asimismo, se encontraron cuatro grupos de palabras que se repiten con frecuencia. Cada grupo gira en torno a un tema principal: uno destaca por el uso de "economía creativa", otro por "turismo", un tercero por "desarrollo turístico" y el último por "desarrollo urbano". También, en la misma figura se presentan palabras clave emergentes en la periferia, tales como "turismo cultural", "turismo creativo", "ciudad creativa", "innovación", "ciencias económicas", "industria del turismo", "creativos", "destinos turísticos" y "desarrollo sostenible". Aunque no son los de mayor frecuencia, estos temas están ganando importancia en las investigaciones actuales y tienen múltiples enlaces con otros nodos.

Figura 3. Visualización de la red.



Fuente: elaboración propia con base en el programa Vosviewer.

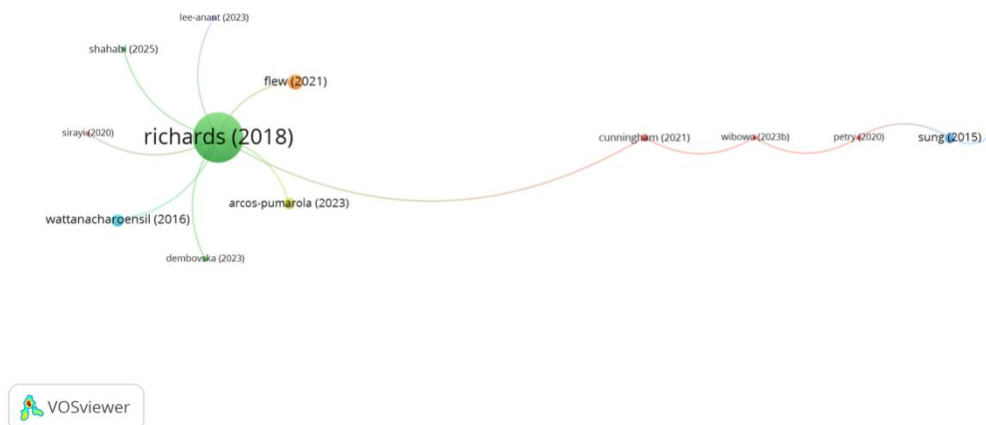
El análisis gráfico en la figura 4 muestra los artículos más citados del campo de estudio. Se cuantificó la intensidad de la conexión entre los autores, destacando a aquellos con mayor intensidad de enlace. Entre los autores más destacados se encuentra Richards (2018), cuyo artículo examina cómo el turismo cultural ha

ganado relevancia tanto en la práctica como en la investigación académica. Aborda temas como el consumo cultural, las motivaciones turísticas, la conservación del patrimonio, la economía del turismo cultural, la antropología y su relación con la economía creativa. Su impacto se refleja en más de 600 citas. También figuran Flew y Kirkwood (2020), cuyo artículo analiza el impacto de la pandemia de COVID-19 en las industrias creativas a nivel global.

Por otro lado, el autor Sung (2015), en su investigación, posiciona la economía creativa como una estrategia clave para competir en la economía global, resaltando su capacidad para generar desarrollo económico sostenible, empleo e innovación.

Autores como Wattanacharoensil y Schuckert (2016), muestran cómo las políticas nacionales y ministeriales pueden servir como modelo para que las agencias individuales desarrollen planes maestros que respalden el desarrollo de la economía creativa en el sector turístico.

Figura 4. Mapa de co-citación de artículos.

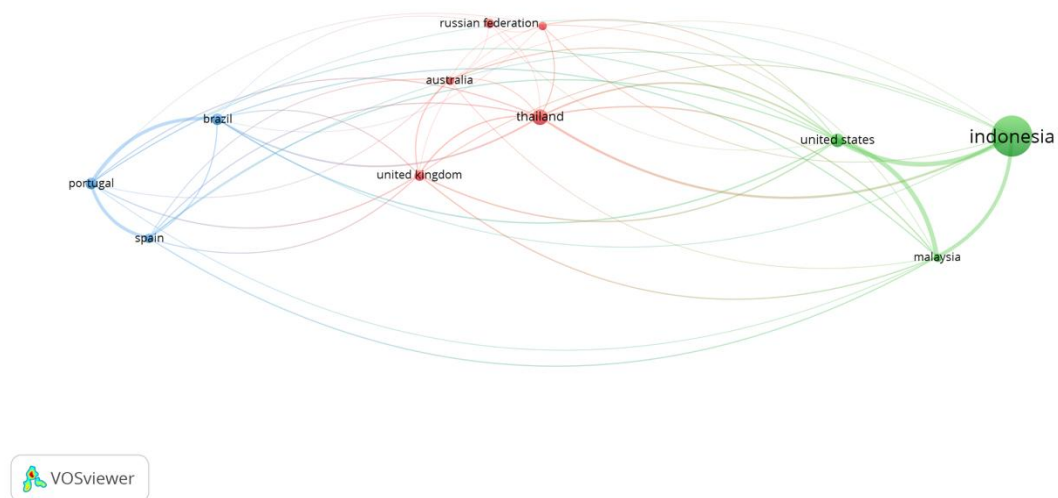


Fuente: elaboración propia con base en el programa Vosviewer.

La figura 5 muestra los países con mayor producción académica sobre economía creativa y turismo, que fueron evaluados según la intensidad de conexión

entre sus vínculos bibliográficos. En este análisis, Indonesia encabeza la lista en número de publicaciones, seguida por Tailandia, Estados Unidos, Malasia, Reino Unido, Australia, Rusia, Portugal y España. En América Latina, Brasil se posiciona como el principal referente, evidenciando un sólido desarrollo académico y un creciente interés por integrar la creatividad y el turismo como ejes estratégicos.

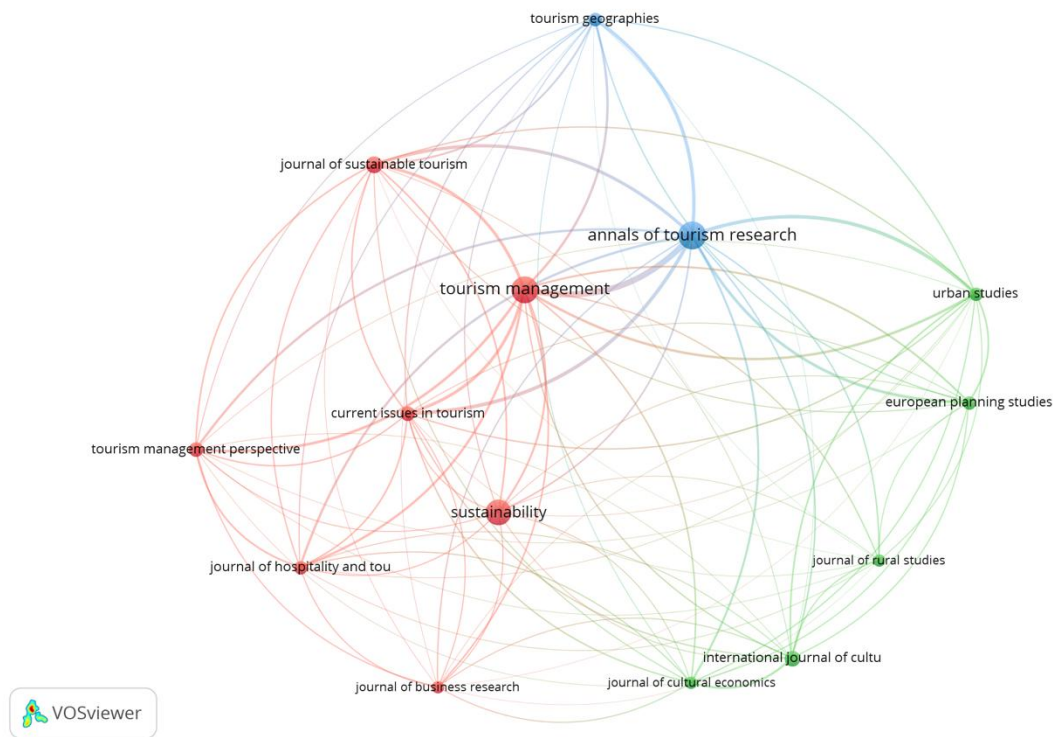
Figura 5. Mapa de co-citación de países.



Fuente: elaboración propia con base en el programa Vosviewer.

La figura 6 presenta un mapa de co-citación de revistas científicas, que permite visualizar las principales publicaciones académicas en el campo de la economía creativa y el turismo. Se identifican revistas centradas en la gestión del turismo y la sostenibilidad, como *Tourism Management*, *Journal of Sustainable Tourism* y *Sustainability*; también se incluyen publicaciones de corte teórico y geográfico, como *Annals of Tourism Research* y *Tourism Geographies*; así como revistas orientadas a estudios urbanos, rurales y de economía cultural, entre las que destacan *Urban Studies*, *Journal of Rural Studies* y *Journal of Cultural Economics*. La centralidad de *Annals of Tourism Research* y *Tourism Management* evidencia su papel fundamental como referentes en la construcción del conocimiento académico en esta área interdisciplinaria.

Figura 6. Mapa de co-citación de revistas.



Fuente: elaboración propia con base en el programa Vosviewer.

Discusiones

Los resultados de esta investigación se vinculan con diversas líneas de estudio que examinan la interacción entre turismo, economía creativa y desarrollo local. Por ejemplo, el trabajo de Richards (2018) destaca cómo el turismo cultural ha evolucionado hacia modelos más interactivos, donde los visitantes buscan involucrarse activamente con las expresiones culturales del destino. Esta visión se refleja en el contexto estudiado, en el cual prácticas como el bordado, la música o la cocina tradicional no solo preservan la memoria colectiva, sino que también se proyectan como alternativas de desarrollo económico con identidad.

En el trabajo realizado por Wattanacharoensil y Schuckert (2016) sobre los planes estratégicos de turismo en Tailandia permite identificar tensiones similares a las que ocurren en América Latina, como la falta de articulación entre los distintos niveles de gobierno. Esta situación sugiere la necesidad de establecer mecanismos de coordinación más sólidos que permitan impulsar proyectos turísticos creativos desde lo local, con respaldo institucional y continuidad en el tiempo.

Por otro lado, el estudio de Huang et al. (2022) sobre innovación ambiental pone en evidencia la relevancia de los apoyos financieros en el fortalecimiento de iniciativas sostenibles. En el ámbito del turismo cultural, esto podría traducirse en programas de fomento para emprendedores creativos, líneas de financiamiento para la conservación del patrimonio o estímulos para proyectos que integren innovación y cultura.

Finalmente, el trabajo de Cunningham y Craig (2019) aporta elementos clave para pensar la relación entre creación cultural y plataformas digitales, subrayando la importancia de garantizar condiciones equitativas para quienes producen contenido. Este planteamiento también es aplicable a los actores culturales del sector turístico, quienes requieren reconocimiento, protección de derechos y marcos normativos que fortalezcan su labor en entornos complejos.

En conjunto, estas perspectivas hacen pensar que la economía creativa es una estrategia que articula lo económico, lo social y lo simbólico, reconociendo en las expresiones culturales locales un pilar para el desarrollo sustentable y con sentido de comunidad.

Futuras líneas de investigación

El análisis bibliométrico se revela como una herramienta valiosa para identificar áreas emergentes de investigación y profundizar en el conocimiento existente sobre el tema. A partir de los hallazgos, se plantean diversas líneas de investigación futuras. Una de ellas consiste en examinar los marcos normativos y las estrategias de política pública que inciden en el desarrollo de iniciativas turísticas creativas, con el objetivo de identificar buenas prácticas que puedan ser replicadas

en otros contextos. Otra línea relevante es el diseño de metodologías que permitan evaluar el impacto, tanto tangible como intangible, de los proyectos de economía creativa en las comunidades locales, considerando aspectos como la generación de empleo, la cohesión social y la preservación del patrimonio cultural.

Asimismo, resulta fundamental explorar el papel que desempeñan las mujeres en la economía creativa vinculada al turismo. Esta línea de investigación permitiría visibilizar experiencias de empoderamiento, la transmisión intergeneracional de saberes y el liderazgo femenino en iniciativas culturales y comunitarias, aspectos clave para construir modelos de desarrollo más inclusivos y sostenibles.

Conclusión

El estudio bibliométrico permitió visibilizar el notable crecimiento de la producción académica en torno a la economía creativa y el turismo, particularmente a partir de 2018. Este aumento se refleja en el volumen de publicaciones y el impacto medido a través de las citas, lo que da cuenta de un campo en consolidación. Tal dinámica responde a un interés cada vez mayor por entender cómo la creatividad y la cultura pueden integrarse al turismo como motores de desarrollo sostenible, dinamización económica y cohesión social. La aplicación de herramientas como VOSviewer facilitó la identificación de temas recurrentes, autores clave y redes de colaboración, aportando una visión estructurada del panorama actual.

La articulación entre economía creativa y turismo se ha convertido en un enfoque relevante para estudiar procesos de transformación territorial, donde las expresiones culturales y creativas tienen un papel protagónico en la revalorización de los patrimonios y en la generación de nuevas oportunidades. Conceptos como turismo cultural, turismo creativo o ciudades creativas permiten entender esta convergencia desde una perspectiva teórica plural, abarcando dimensiones

económicas, sociales y simbólicas. Al revisar las publicaciones más influyentes, se observa cómo emergen debates en torno a la innovación, la sostenibilidad y la inclusión, destacando también el papel de las tecnologías digitales en la evolución del sector.

Los mapas de co-ocurrencia de términos y co-citación revelan la existencia de cuatro grandes núcleos conceptuales: economía creativa, turismo, desarrollo urbano y desarrollo turístico. En torno a ellos gravitan conceptos como sostenibilidad, innovación y gobernanza, mostrando la complejidad y riqueza del campo. Asimismo, el análisis permitió observar que, si bien existen centros académicos con alta producción en países asiáticos y de habla inglesa, también se vislumbra una participación cada vez más activa en Brasil, representando a América Latina. Esta apertura regional sugiere un camino fértil para futuras investigaciones contextualizadas.

Finalmente, la economía creativa vinculada al turismo se presenta como un campo con gran potencial para replantear las estrategias de desarrollo local, reconociendo en la cultura un recurso estratégico para la innovación, el fortalecimiento del tejido social y el reconocimiento de identidades. Profundizar en estas líneas implica también abrirse a enfoques inter y transdisciplinarios, que integren dimensiones culturales, económicas, tecnológicas y políticas, y que respondan a los desafíos específicos de los territorios, con una mirada crítica y comprometida con la diversidad.

Referencias

- Binkhorst, E., y Den Dekker, T. (2009). Agenda for co-creation tourism experience research. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 18(2-3), 311-327. <https://doi.org/10.1080/19368620802594193>
- Cohen, E., y Avieli, N. (2004). Food in tourism: Attraction and impediment. *Annals of Tourism Research*, 31(4), 755-778. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2004.02.003>
- Comunian, R. (2011). Rethinking the creative city: The role of complexity, networks and interactions in the urban creative economy. *Urban Studies*, 48(6), 1157-1179. <https://doi.org/10.1177/0042098010370626>
- Cunningham, S., y Craig, D. (2019). Creator governance in social media entertainment. *Social Media + Society*, 5(4), 1-11. <https://doi.org/10.1177/2056305119883428>
- Ellegaard, O., y Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, 105(3), 1809-1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>
- Flemming, T. (2017). *The Creative Economy Strategy: Cultural and Creative Industries as a driver of sustainable development*. UNESCO/TFCC.
- Monterrubio, C. (2017). Protests and tourism crises: A social movement approach to causality. *Tourism Management Perspectives*, 22, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2017.03.001>
- Flew, T., y Kirkwood, K. (2020). The impact of COVID-19 on cultural tourism: Art, culture and communication in four regional sites of Queensland, Australia. *Media International Australia*, 178(1), 16-20. <https://doi.org/10.1177/1329878X20952529>
- Florida, R. (2017). *The rise of the creative class, revisited*. Basic Books.
- Garfield, E. (1994). *Scientography: Mapping the tracks of science*. *Current Contents: Social & Behavioral Sciences*, 7(45), 5-10. [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1609630](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1609630)
- González, B., y Annayeskha, G. (2020). *Economía del siglo XXI: Economía naranja*. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(4), 450-464. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i4.34673>

- Howkins, J. (2001). *The creative economy: How people make money from ideas*. Penguin.
- Huang, Y., Haseeb, M., Usman, M., y Ozturk, I. (2022). Dynamic association between ICT, renewable energy, economic complexity and ecological footprint: Is there any difference between E-7 (developing) and G-7 (developed) countries? *Technology in Society*, 68, 101853. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101853>
- Kalfas, D., Kalogiannidis, S., Ambas, V., y Chatzitheodoridis, F. (2024). Contribution of the cultural and creative industries to regional development and revitalization: A European perspective. *Urban Science*, 8(2), 39. <https://doi.org/10.3390/urbansci8020039>
- Kuzior, A., y Sira, M. (2022). A bibliometric analysis of blockchain technology research using VOSviewer. *Sustainability*, 14(13), 8206. <https://doi.org/10.3390/su14138206>
- Leydesdorff, L., y Bornmann, L. (2014). Scientometrics in a changing research landscape: Bibliometrics has become an integral part of research quality evaluation and has been changing the practice of research. *EMBO Reports*, 15(12), 1228-1232. <https://doi.org/10.15252/embr.201439608>
- Mansilla, M. N. (2021). *Turismo creativo: Fundamentos y posibilidades de desarrollo en Argentina*. *Revista Turismo e Identidad*, 2(2), 125–153. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/turismoeidentidad/article/view/5484>
- Montalto, V., Alberti, V., Panella, F., y Sacco, P. L. (2023). Are cultural cities always creative? An empirical analysis of culture-led development in 190 European cities. *Habitat International*, 132, 102739. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2022.102739>
- Richards, G. (2018). Cultural tourism: A review of recent research and trends. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 36, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2018.03.005>
- Richards, G., y Wilson, J. (2006). Developing creativity in tourist experiences: A solution to the serial reproduction of culture? *Tourism Management*. 27(6), 1209-1223. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.06.002>
- Salvador-Almela, M., Arcos-Pumarola, J., y Osácar Marzal, E. (2025). El potencial del binomio de las industrias creativas y el turismo: Un estudio exploratorio de la puesta en valor turística de las industrias del diseño, la música y el cine en las Ciudades Creativas de la UNESCO. *Investigaciones Turísticas*, (29), 81-100. <https://doi.org/10.14198/INTURI.25842>

- Silva, B. C., y Moreira, A. C. (2022). Entrepreneurship and the gig economy: A bibliometric analysis. *Cuadernos de Gestión*, 22(2), 165-177. <https://doi.org/10.5295/cdg.211580am>
- Sung, T. K. (2015). The creative economy in global competition. *Technological Forecasting and Social Change*, 96, 89-91. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.04.003>
- UNCTAD. (2010, 15 de diciembre). *Creative Economy Report 2010: A Feasible Development Option*. <https://unctad.org/webflyer/creative-economy-report-2010>
- UNESCO.(2022, 31 de octubre). *Red de Ciudades Creativas (UCCN)*. <https://en.unesco.org/creative-cities/>
- Wattanacharoensil, W., y Schuckert, M. (2016). Reviewing Thailand's master plans and policies: Implications for creative tourism?. *Current Issues in Tourism*, 19(6), 545-570. <https://doi.org/10.1080/13683500.2014.882295>

Certificado de evaluación

La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional**. Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano**, es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el capítulo de libro titulado “**Economía creativa y turismo: una revisión de su evolución y perspectivas**” presentado por los autores **Lorenzo Alejandro Matadamas Torres y Paola Miriam Arango-Ramírez** ha sido sometido a un exhaustivo proceso de arbitraje por pares académicos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Su publicación en el libro titulado “**Innovación y creatividad: claves para el desarrollo regional**” estará disponible a partir del 9 de diciembre de 2025 en la Biblioteca digital de la Universidad Tecnocientífica del Pacífico.

Se extiende el presente certificado, a los 10 días del mes de noviembre del año 2025.

Transformando con Ciencias
 Tepic, Nayarit; México



Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
 Directora de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



César Alejandro González Guzmán
 Coordinador de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



Un acercamiento inicial al uso de modelos de clasificación para la identificación de variedades de agave en Oaxaca

DOI: 10.58299/UTP.261.C874

Idarh Matadamas

Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Oaxaca. Laboratorio central.
idarhmatadamas@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9358-9763>

Teodulfo Aquino-Bolaños

Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Oaxaca, Laboratorio central.
taquino@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2917-8147>

Erik Zamora

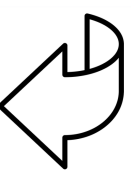
Instituto Politécnico Nacional
Centro de Investigación en Computación.
Laboratorio de robótica y mecatrónica.
ezamorag@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0002-3682-8585>

Manuel de Jesús Melo Monterrey

Tecnológico Nacional de México.
Departamento de Ciencias Económico-Administrativas.
manuelmelo.m@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-5994-1182>

Miriam Emily Avendaño Villegas

Tecnológico Nacional de México.
Departamento de Posgrado e Investigación
emilyavvi@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4871-8658>



Un acercamiento inicial al uso de modelos de clasificación para la identificación de variedades de agave en Oaxaca

An initial approach to the use of classification models for the identification of agave varieties in Oaxaca

Resumen

El agave tiene gran relevancia cultural, económica y social en México. Su importancia es notable en el estado de Oaxaca, donde se concentran diversas especies utilizadas en la producción de mezcal, alimentos y fibras. Este estudio presenta un análisis preliminar para la clasificación de tres variedades: *Agave angustifolia* Haw, *Agave rhodacantha* Trel y *Agave marmorata* Roezl, mediante una arquitectura de redes neuronales profundas ResNet-34. Se recolectaron 3,871 imágenes de plantas en tres parcelas de los Valles Centrales de Oaxaca. El entrenamiento del modelo durante 50 épocas mostró una alta precisión, recall y exactitud, alcanzando valores máximos de 99,87% en validación. Los resultados confirman la viabilidad de las redes neuronales profundas para la agricultura de precisión y constituyen una contribución al desarrollo de bases de datos multiclase de agave. Esto sirve como punto de partida para optimizar futuros modelos, fortalecer la producción y preservación de esta especie en la región.

Palabras clave: aprendizaje; clasificación; entrenamiento.

Abstract

Agave holds great cultural, economic, and social significance in Mexico. Its importance is especially notable in the state of Oaxaca, where various species are concentrated and used for the production of mezcal, food, and fibers. This study presents a preliminary analysis for the classification of three varieties: *Agave angustifolia* Haw, *Agave rhodacantha* Trel, and *Agave marmorata* Roezl, using a deep neural network architecture, ResNet-34. A total of 3,871 images of plants were collected from three plots in the Central Valleys of Oaxaca. The model was trained for 50 epochs, showing high precision, recall, and accuracy, reaching maximum validation values of 99.87%. The results confirm the feasibility of deep neural networks for precision agriculture and contribute to the development of multiclass agave databases. This serves as a starting point for optimizing future models and strengthening the production and preservation of this species in the region.

Keywords: classification; learning; training.

Introducción

El agave es una de las plantas de mayor relevancia cultural, económica y social en México. Su importancia es particularmente notable en el estado de Oaxaca, donde se concentra una amplia diversidad de especies y variedades. Estas se emplean en la producción de mezcal, alimentos, fibras y otros derivados (Mariles-Flores & Ortiz-Solorio, 2016). Sin embargo, la identificación y clasificación de estas variedades suele depender de criterios morfológicos observados manualmente. Este método puede generar sesgos y limitar la precisión del diagnóstico, especialmente cuando las diferencias entre especies son sutiles. Esto representa un reto cuando se trata de automatizar tareas de clasificación (Araujo et al., 2021).

El desarrollo de herramientas basadas en aprendizaje profundo y visión por computadora ofrece una alternativa innovadora para la clasificación automática de variedades vegetales a partir de imágenes. En estudios previos realizados por Srinivasan et al. (2025) se propone un método basado en aprendizaje profundo para la identificación de especies en plantas. La estrategia central utilizada se basó en redes neuronales convolucionales (CNNs). Para entrenar el modelo, se empleó un conjunto de imágenes amplio y diverso, que abarca distintas especies, fases de crecimiento y condiciones ambientales.

Mientras que GUO et al., (2025) utilizaron técnicas de aprendizaje profundo y aprendizaje por transferencia sobre un dataset de imágenes de plantas de cebada para comparar cinco modelos de deep learning. Se analizó el impacto de varios factores, como la resolución de las imágenes y la proporción de datos de entrenamiento y prueba, en la precisión de la clasificación. Los resultados mostraron que el modelo DenseNet alcanzó el mejor desempeño con un 96,02 % de precisión. Los modelos basados en transfer learning superaron a los entrenados desde cero, destacando EfficientNet-v2 con una precisión del 98,86 %. Adicionalmente, Naresh & Reddy, (2025) trabajaron sobre la detección y clasificación de enfermedades vegetales usando arquitecturas híbridas, logrando precisiones cercanas al 93.88 % y una especificidad superior al 93%.

En otro estudio realizado por Roy et al., (2024), los autores llevaron a cabo la clasificación de variedades de arroz mediante imágenes de la planta en diferentes etapas de crecimiento, con el objetivo de determinar el mejor algoritmo y la etapa más adecuada para la clasificación correcta. La etapa de maduración se identificó como la más adecuada para una clasificación correcta, entre las cuatro etapas evaluadas: estadio de encañado, 50 % de floración, estadio lechoso y maduración. La precisión de prueba de todos los algoritmos osciló entre 60% y 73%, siendo 73% el mejor usando VGG 16, un modelo de aprendizaje profundo.

Para el caso de Murugan et al., (2025) la propuesta consistió en uso del modelo InceptionV3 para la extracción de características de imágenes de plantas, complementado con algoritmos de support vector machine (SVM) y k-nearest neighbors (KNN) para la clasificación a nivel de especie. Este enfoque permitió no solo aprovechar la capacidad de generalización del deep learning, sino también integrar métodos tradicionales para mejorar el desempeño en conjuntos de datos diversos. En trabajos reportados en México, (Vega-López et al., 2023) presentaron un análisis de arquitecturas de redes neuronales convolucionales aplicadas a la clasificación de especies vegetales mexicanas mediante imágenes digitales. Para ello, se construyó un modelo de clasificación basado en la arquitectura Inception-v4, utilizando un dataset de flora nativa mexicana compuesto por 17,900 imágenes a color de 202 especies vegetales. Los resultados experimentales muestran que técnicas como el aprendizaje por transferencia y el aumento de datos mejoran significativamente el desempeño del modelo en la identificación de especies. En particular, la mejor precisión obtenida por Inception-v4 fue del 86,97 %.

El objetivo de este trabajo fue plantear un estudio inicial sobre la clasificación de imágenes de tres variedades de agave presentes en Oaxaca mediante la implementación de un modelo de redes neuronales profundas, ResNet-34, uno de los más utilizado en la literatura. La relevancia de este esfuerzo radica en que constituye un primer acercamiento que busca incentivar la alimentación y expansión de una base de datos multiclase, con el objetivo de robustecer futuros

entrenamientos de modelos y generar un repositorio representativo que capture la diversidad real de las plantas de agave en la región.

De esta manera, este capítulo busca ser una contribución inicial a la aplicación de tecnologías emergentes en el ámbito de la agricultura de precisión en el estado de Oaxaca, ofreciendo resultados preliminares que abren la posibilidad de investigaciones más amplias orientadas al fortalecimiento de la cadena de valor del agave-mezcal y a la preservación de su diversidad dentro del estado de Oaxaca.

Marco teórico

Agave

El género Agave está distribuido de forma natural en América. México alberga la mayor diversidad, con aproximadamente 150 de las 200 especies que componen este género. Oaxaca, Puebla, Sonora, Querétaro y Durango son los estados que cuentan con una mayor diversidad en el país (Mariles-Flores & Ortiz-Solorio, 2016). El Agave es una especie monocárpica que florece una vez en su vida y muere al finalizar este periodo. La planta se caracteriza por sus hojas gruesas y carnosas a las cuales se les denomina “pencas”, terminan con una punta en forma de espina. La fisiología y morfología de esta planta le permite crecer y cultivarse en terrenos pedregosos, calientes, erosionados y secos. Oaxaca es el estado con la mayor presencia de especies de agave, 58 de las cuales 13 se consideran endémicas, 25 de estas son utilizadas para la fabricación de mezcal, 8 cultivadas y 17 silvestres (Jiménez et al., 2019). Es una de las actividades económicas más importantes, lo cual genera una destacada derrama económica y la imagen cultural que brinda al estado (Mariles-Flores & Ortiz-Solorio, 2016).

Variedades de agave usados para el trabajo

Agave angustifolia Haw. Conocida como agave espadín, es una planta del género *Agave*, principalmente utilizado para la elaboración de mezcal. Está formada por rosetas cespitosas abiertas de 1.0 a 1.5 m de alto por 1.2 a 2.0 m de diámetro, los tallos pueden ir de 20 a 60 cm de largo. La forma de sus hojas maduras puede

variar de lineal a lanceoladas de 60 a 120 por 3.5 a 10 cm, de color verde a claro grisáceo; planas o cóncavas hacia el ápice, convexas hacia la base, estrechas, angostándose hacia la base y terminando en una espina apical de 1.5 a 3 cm de largo. El estado de Oaxaca aporta el 91.32% de la producción nacional (COMERCAM, 2023; Sánchez et al., 2020). Figura 1.



Figura 1. *Agave angustifolia* Haw (agave espadín).
Fuente: fotografía tomada por los autores.

Agave rhodacantha Trel. Conocida como agave mexicano, se encuentra formado por rosetas densas de 1.7 a 2.5 m de alto por 2.5 por 3.0 de diámetro. Hojas con un número mayor a 100 por roseta con dimensiones de 1.0 a 1.6 m de largo y 6.0 a 10.0 cm de ancho. Las hojas son rígidas, fibrosas, engrosadas hacia la base, de coloración verde a verde-glaucosa, de margen recto a ondulado. Dentada, con dientes de 0.7 a 1.0 cm de largo y 0.6 a 1.2 cm de ancho. Espina terminal de 2.0 a 3.0 cm de largo por 5.0 a 6.0 mm de diámetro, cónica y aplanada en el haz. Su uso principal es en la producción de mezcal (García-Mendoza y Franco-Martínez, 2018). Figura 2.



Figura 2. *Agave rhodacantha* Trel (agave mexicano)
Fuente: fotografía tomada por los autores.

Agave marmorata Roezl. conocido como agave tepeztate, se reconoce por rosetas de 1.5 a 2.0 m de alto por 1.5 a 2.5 m de diámetros. Con existencia de 16 a 20 por roseta, de color verde-amarillo de 1.0 a 1.3 m de largo, 0.2 a 0.3 m de ancho; frecuentemente onduladas, acanaladas y con el margen dentado. Espinas terminales cortas y robustas de 1.5 a 2.0 cm de largo, 4.0 a 8.0 mm de ancho. Es endémica de México, en Oaxaca puede encontrarse en los distritos de Coixtlahuaca, Huajuapán, Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec principalmente. Es una especie utilizada en la producción de mezcal y en algunas áreas para la extracción de aguamiel (García-Mendoza y Franco-Martínez, 2018). Figura 3.



Figura 3. *Agave marmorata* Roezl (agave tepeztate)

Fuente: fotografía tomada por los autores.

ResNet-34

Las Redes Neuronales Convolucionales (CNN por sus siglas en inglés) permiten extraer diferentes niveles de características de las imágenes tratadas (Abiyev & Ma'aitah, 2018). En sus arquitecturas formadas por múltiples capas, cada una de estas permite refinar la representación de características de la imagen en niveles cada vez más abstracto, a esto se le conoce como Deep Learning (GoodFellow et al., 2016).

En años recientes, el Deep Learning ha tenido grandes avances en el análisis de imágenes y son ampliamente usadas en problemas de clasificación. Una de las arquitecturas es ResNet-34, una red neuronal convolucional que toma el nombre por el número total de capas que es de 34, figura 4. En cada una de estas capas se desarrolla la operación de convolución con kernel de tamaño 3×3 y cada capa tiene diferente número de filtros (64, 128, 256, 512), (He et al., 2015).

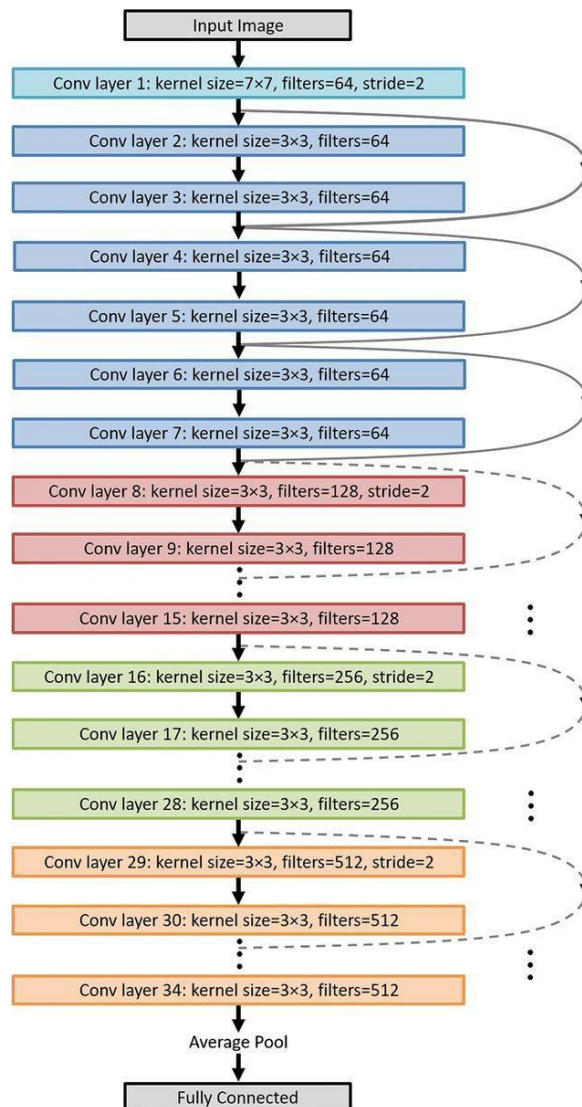


Figura 4. Arquitectura de ResNet-34. Tomada de (Tsai & Kleinman, 2022).
Fuente: elaboración propia.

Metodología

Sitios de colecta y variedades de agaves

Para la formación de la base de datos de imágenes digitales se realizaron visitas a tres parcelas localizadas en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, cada una con diferentes variedades de agaves. Las ubicaciones son las siguientes:

Parcela 1. Ubicada en la población de Santiago Matatlán, dentro de la denominada “región del mezcal” en el distrito de Tlacolula, Oaxaca. Corresponde a una plantación de *Agave angustifolia* Haw de cuatro años de edad.

Parcela 2. Situada en la población de San Lorenzo Cacaotepec, distrito de Etlá, corresponde a una plantación de *Agave rhodacantha* Trel de cuatro años de edad.

Parcela 3. También en San Lorenzo Cacaotepec, distrito de Etlá, se localiza una plantación de *Agave marmorata* Roezl con una edad aproximada de tres años.

Base de datos

Las imágenes digitales de las plantas de agave se obtuvieron con una cámara digital Canon® Rebel T3i, directamente en las parcelas seleccionadas en un horario entre las 12:00 y las 13:30 h, bajo iluminación natural. Las dimensiones de las imágenes obtenidas es de 2,592 x 1,728 en espacio de color RGB y con la presencia de varias plantas en ella. La figura 5 presenta un ejemplo de las imágenes capturas inicialmente. El ángulo de captura fue un “ángulo normal” (lente de la cámara a la altura de los ojos del fotógrafo). Posteriormente las imágenes de las plantas individuales fueron recortadas de manera manual para obtener muestras de plantas de agave individuales.

Posterior a la captura de las imágenes, se identificaron las plantas de agave que aparecen en cada una de ellas, tomando como criterio de selección: toda aquella planta que total o parcialmente sea reconocible a primera vista. El proceso

de recorte de las muestras se realizó de manera manual, a través de rectángulos que delimitan la existencia de una planta de agave dentro de la imagen, de esta manera se obtuvieron un total de 3,871 muestras que presentan una planta individual de una de tres clases: espadín, mexicano o tepeztate. La tabla 1 muestra la distribución de imágenes en los conjuntos de entrenamiento y validación. En total, se recopilieron 3,871 imágenes, de las cuales 3,096 se destinaron al entrenamiento y a la validación, 80% y 20% respectivamente.



Figura 5. Ejemplo de imagen original tomada en la parcela de *A. marmorata*.
Fuente: fotografía tomada por los autores.

Tabla 1. Distribución de las muestras por conjunto en cada una de las clases: espadín, mexicano, tepeztate.

Conjunto	<i>A. angustifolia</i>	<i>A. rhodacantha</i>	<i>A. marmorata</i>	Total
Entrenamiento	634	728	1,734	3,096
Validación	151	179	445	775
Total	785	907	2,179	3,871

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la variedad *Agave marmorata* concentra la mayor cantidad de muestras, 2,179 en total, mientras que *A. angustifolia* y *A. rhodacantha* se cuentan con 785 y 907 imágenes respectivamente. Esta diferencia refleja un desbalance en la base de datos, ya que *A. marmorata* representa más de la mitad del total de instancias, mientras que *A. angustifolia* constituye la clase minoritaria, figura 6. Dicho desbalance puede influir en el desempeño del modelo, favoreciendo la predicción de la clase mayoritaria.

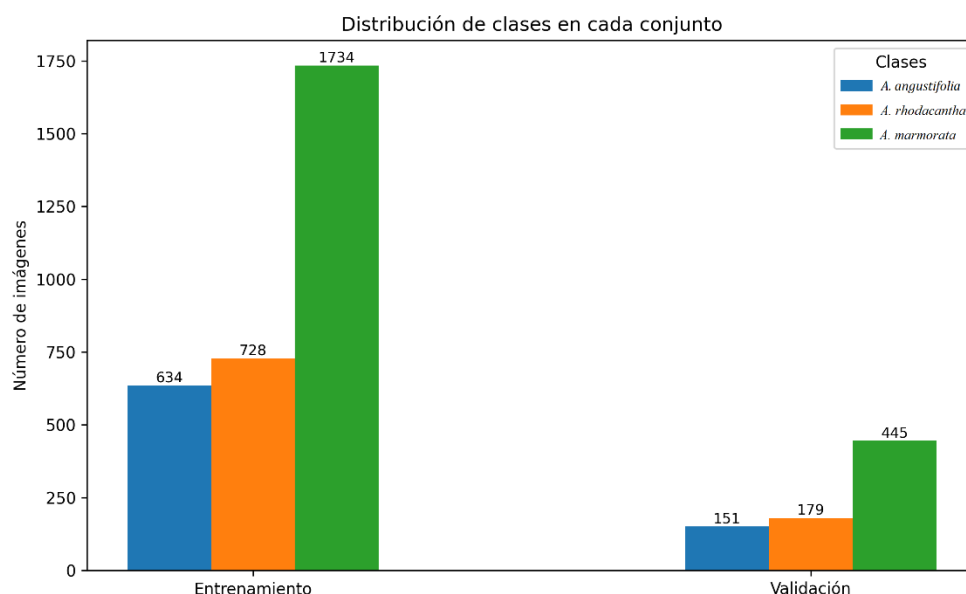


Figura 6. Distribución de muestras por clase en los conjuntos de entrenamiento y validación.
Fuente: elaboración propia.

Para mitigar el sesgo inducido por el desbalance en la distribución de clases, dado por la clase *A. marmorata*, se consideró el oversampling, que consiste en replicar o generar nuevas muestras de las clases minoritarias. En la literatura esta técnica ha demostrado ser una de las más robustas para contrarrestar el desbalance sin causar problemas adicionales (Buda et al., 2018; Joloudari et al., 2022; Yue & Wang, 2022). Se implementó el esquema de oversampling a través de transformaciones de aumento de datos (data augmentation). En cada iteración, las imágenes de las clases minoritarias fueron replicadas y sometidas a transformaciones aleatorias que incrementan la variabilidad visual sin alterar la clase original. Estas transformaciones incluyeron operaciones geométricas como volteo horizontal y rotación en pequeños ángulos, recortes aleatorios (random crop)

para simular variaciones de encuadre, y ajustes en parámetros de color como brillo, contraste y saturación. Figura 7.

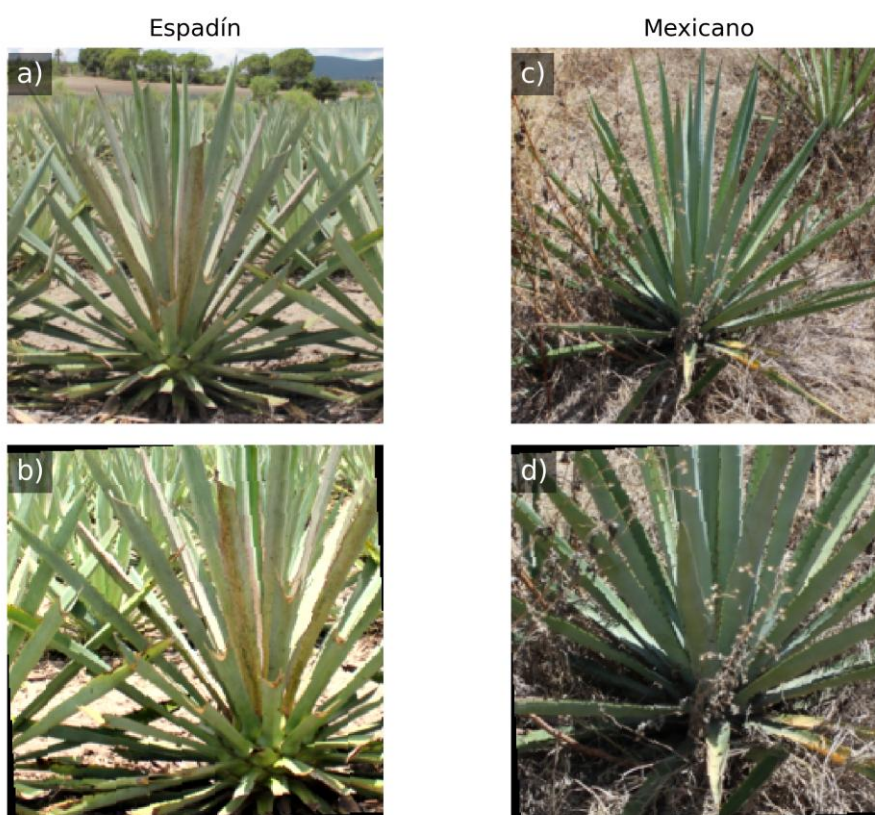


Figura 7. Ejemplo de imágenes originales y los resultados después de las transformaciones aplicadas. a) *A. angustifolia* original; b) *A. angustifolia* con transformaciones; c) *A. rhodacantha* original; d) *A. rhodacantha* con transformaciones.

Fuente: fotografías tomadas por los autores.

Métricas de desempeño

Para evaluar la capacidad del modelo ResNet-34 en la tarea de clasificación de las tres variedades de agaves, se utilizaron métricas comunes en aprendizaje automático (Ferreira & Camacho, 2021; Hama et al., 2024; Mookkandi et al., 2025). La exactitud (*Acc*) que mide la proporción de clasificaciones correctas sobre el total, es un indicador general del rendimiento del modelo de clasificación. La precisión (*Pr*) representa el número de verdaderos positivos de un total de elementos identificados como positivos. El recall (*Rc*) , representa la sensibilidad y brinda información de la cantidad de verdaderos positivos que el modelo clasificó en

función del número total de valores positivos. A partir de estas dos últimas métricas se obtiene el *F1-score*, que corresponde a la media armónica entre *Pr* y *Rc*, útil en escenarios con clases desbalanceadas, como la utilizada en este trabajo. Además, la matriz de confusión que permite visualizar de manera detallada el comportamiento del modelo en cada clase, mostrando aciertos y errores específicos. Estas métricas ofrecen una visión completa del desempeño del modelo, permitiendo identificar no solo su capacidad de clasificación, sino también su eficacia por categoría.

$$\begin{aligned}
 Acc &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \\
 Pr &= \frac{TP}{TP + FP} \\
 Rc &= \frac{TP}{TP + FN} \\
 F1 - score &= 2 \cdot \frac{Pr \cdot Rc}{Pr + Rc}
 \end{aligned}$$

Donde:

TP (Verdaderos positivos): es el número de elementos clasificados correctamente como positivos.

TN (Verdaderos negativos): es el número de elementos que no presentan plantas de maguey y que el modelo clasificó como negativos de forma correcta.

FP (Falsos positivos): es el número de elementos clasificados como positivos de forma incorrecta.

FN (Falsos negativos): es el número de elementos clasificados incorrectamente como negativos.

Resultados

El entrenamiento del modelo se observa en figura 8. Se realizó durante 50 épocas y las métricas de fueron registradas para su análisis. En cuanto a la pérdida de entrenamiento (Train loss) disminuyó rápidamente desde un valor inicial de 0.1500 en la época 1 hasta valores cercanos a cero en las últimas iteraciones, alcanzando un $4.15e-05$, el valor más bajo del entrenamiento en la época 45. La pérdida durante la validación (Val loss) mostró inestabilidad al inicio del proceso, con un valor máximo de 0.1469 en la época 11, sin embargo, se comporta de manera favorable al final del mismo, obteniendo un valor mínimo de 0.0017 en la época 44.

La exactitud en el entrenamiento (Train acc) creció partiendo de un 94.9 % en la primera época hasta alcanzar el 100 % en varias ocasiones a partir de la época 19. En la validación (Val acc) alcanzó un 99.87 % desde el inicio y logro un valor máximo de 99.87 % en las épocas 12, 20, 33, 36, 43. La métrica de precisión, presentan altos durante la validación, alcanzando 0.983 desde la época 1 y alcanzando su máximo de 0.9996 en la época 40.

El recall mostró un comportamiento durante la validación (Val recall) similar al de la precisión, con valores iniciales de 0.992 en la época 1 y un valor máximo de 0.9993 en la época 39. La época 49 presentó también una caída significativa con un 0.916, mientras que durante el resto del entrenamiento el modelo mantuvo un alto nivel de sensibilidad.

La métrica F1 confirmó el equilibrio entre precisión y recall, iniciando en 0.988 en la primera época y alcanzando un valor máximo de 0.9986 en la época 44. De manera consistente, se mantuvo por encima de 0.995 desde la época 7, salvo la anomalía registrada en la época 49 con un valor de 0.8749.

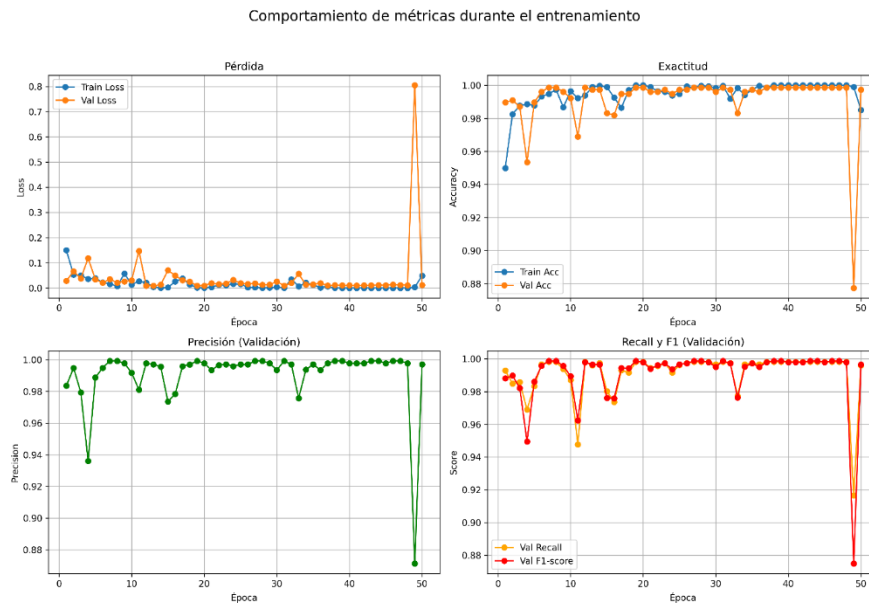


Figura 8. Métricas de desempeño del ResNet34 durante el entrenamiento y la validación.
Fuente: elaboración propia.

La matriz de confusión, del conjunto de validación, muestra un desempeño sobresaliente del modelo, con una clasificación correcta de 774 de las 775 muestras evaluadas. (figura 9). De las 151 instancias de la clase *A. angustifolia* y las 445 de *A. marmorata* fueron clasificadas sin errores, alcanzando una precisión y recall del 100 %. En la clase *A. rhodacantha*, de un total de 179 imágenes, únicamente una fue clasificada de manera incorrecta como *A. marmorata*, lo que representa un error mínimo de 0.56 %.

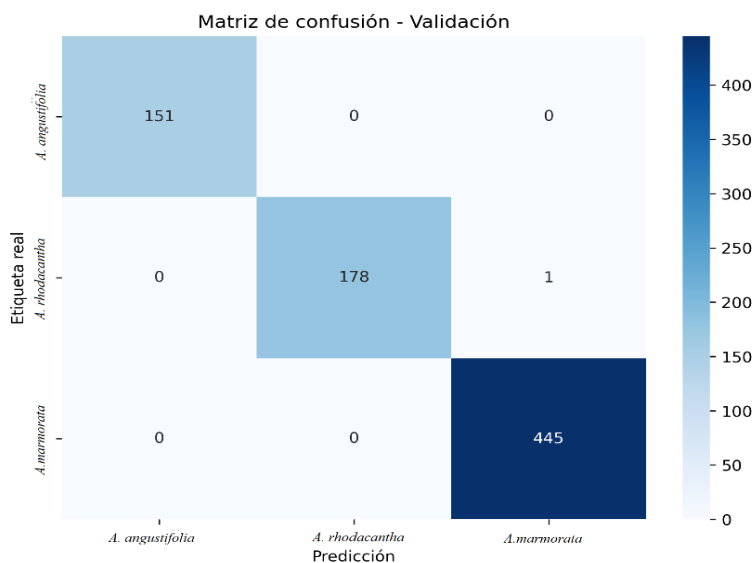


Figura 9. Matriz de confusión del conjunto de entrenamiento.
Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados alcanzados por el modelo ResNet-34 presentan un desempeño satisfactorio en la clasificación de imágenes de agave, con métricas que superan en el 99 % en precisión, recall, F1 y exactitud. En bases de datos desbalanceadas es común observar una disminución en el desempeño del modelo (Buda et al., 2018). Esto debido a la complejidad de los datos, que en tareas de agricultura puede aumentar por a la presencia de brotes o enfermedades en determinadas clases, así como las variaciones estacionales que dificultan obtener imágenes bajo condiciones homogéneas (Miftahushudur et al., 2025).

Estudios comparativos muestran que ResNet-34 mantiene un rendimiento competitivo con bases de datos con una complejidad moderada (Bangalore et al., 2024), lo que lo hace adecuado para tareas con recursos limitados. Los resultados presentan a la arquitectura como una herramienta robusta para la identificación de variedades de agave. El comportamiento consistente de las métricas de entrenamiento y validación respalda la capacidad del modelo para generalizar adecuadamente los datos no vistos. Los resultados obtenidos en la matriz de confusión confirman la robustez del modelo para discriminar entre las tres variedades de agave, con un nivel de exactitud global del 99.87 % en el conjunto de validación, y respalda las métricas de precisión, recall y F1 superiores al 99 % obtenidas durante el entrenamiento.

La importancia de estos hallazgos refuerza la viabilidad de aplicar tecnologías emergentes en la agricultura de precisión en Oaxaca, en este caso en el cultivo del agave. Si bien el dataset utilizado aún presenta un desbalance entre clases, la implementación de técnicas de oversampling y permitió mitigar este sesgo.

Estos resultados no solo validan la aplicabilidad de las redes neuronales profundas en el ámbito agrícola, sino que también representan una contribución inicial al desarrollo de conjuntos de datos multiclase de agave en Oaxaca. Abriendo

las puertas a investigaciones posteriores orientadas a optimizar modelos de clasificación, generar bases de datos más representativas y apoyar el fortalecimiento de los procesos del agave en la región.

Conclusión

El presente estudio constituye un primer acercamiento a la aplicación de modelos de redes neuronales profundas en la identificación de imágenes de tres variedades de agave de Oaxaca. Los resultados obtenidos muestran que la arquitectura ResNet-34 alcanzó un desempeño sobresaliente, con métricas de precisión, recall y F1 superiores al 99% en la mayoría de las épocas de entrenamiento, lo que respalda su potencial como herramienta de apoyo en el ámbito de la agricultura de precisión.

A pesar de trabajar con una base de datos desbalanceada, la implementación de técnicas de oversampling permitió mitigar el sesgo hacia las clases mayoritarias y mejorar la capacidad de generalización del modelo. Sin embargo, existe la necesidad de ampliar y equilibrar la base de datos, logrando de este modo una representación más fiel a la variabilidad de las condiciones en campo, pero, sobre todo un aumento en la complejidad del problema de clasificación al tener un mayor número de variedades presentes.

Este trabajo busca sentar las bases para el desarrollo de un repositorio multiclase de agave, que sirva para futuros entrenamientos de modelos más complejos y robustos. Destacando el esfuerzo por impulsar la innovación en la cadena de valor del agave-mezcal en Oaxaca, contribuyendo a la modernización de las prácticas agrícolas mediante tecnologías emergentes. Esto no solo incrementa la competitividad y eficiencia de los productores locales, sino que también promueve la preservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Referencias

- Abiyev, R. H., y Ma'aitah, M. K. S. (2018). Deep Convolutional Neural Networks for Chest Diseases Detection. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018, 4168538. <https://doi.org/10.1155/2018/4168538>
- Araujo, V. M., Britto Jr., A. S., Oliveira, L. E. S., y Koerich, A. L. (2021). Two-View Fine-grained Classification of Plant Species. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.09110>
- Bangalore, S., Chitty-Venkata, K. T., Arya, K., y Somani, A. K. (2024). ConVision Benchmark: A Contemporary Framework to Benchmark CNN and ViT Models. *AI*, 5(3) 1132-1171.. <https://doi.org/10.3390/ai5030056>
- Buda, M., Maki, A., y Mazurowski, M. A. (2018). A systematic study of the class imbalance problem in convolutional neural networks. *Neural Networks*, 106 249-259.. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2018.07.011>
- COMERCAM. (2023, 17 de mayo). Informe Estadístico 2023. https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/INFORME-2023_PUBLICO.pdf
- Ferreira, U. E. C., y Camacho, J. M. G. (2021). *Clasificador de red neuronal convolucional para identificar enfermedades del fruto de aguacate (Persea americana Mill.) a partir de imágenes digitales*. *Agrociencia*, 55(8), 695–709. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i8.2662>
- García-Mendoza, A. J., y Franco-Martínez, I. S. (2018). *Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras: Informe final del Proyecto NE012* [Informe final]. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://es.scribd.com/document/646988484/InfNE012>
- GoodFellow, I., Bengio, Y., y Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. <https://www.deeplearningbook.org/>
- Guo, W., Li, Y., Zhang, X., Wang, L., Zhang, J., y Xing, G. (2025). Research on classification methods of barley plants based on transfer learning. *INMATEH Agricultural Engineering*, 76(2), 776-785. <https://doi.org/10.35633/inmateh-76-66>
- Hama, H. M., Abdulsamad, T. Sh., y Omer, S. M. (2024). Houseplant leaf classification system based on deep learning algorithms. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 11(18), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s43067-024-00141-5>

- He, K., Zhang, X., Ren, S., y Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 770-778. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1512.03385>
- Joloudari, J. H., Marefat, A., Nematollahi, M. A., Oyelere, S. S., y Hussain, S. (2022). Effective Class-Imbalance learning based on SMOTE and Convolutional Neural Networks. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.00653>
- Martínez-Jiménez, R., Ruiz-Vega, J., Chávez-Caballero, M., Silva-Rivera, M. E., y Martínez-Bernabé, J. L. (2019). Agaves silvestres y cultivados empleados en la elaboración de mezcal en Sola de Vega, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6) 1403-1415. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1824>
- Mariles-Flores, V., y Ortiz-Solorio, C. A. (2016). Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad Salinas, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5) 1199-1210. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.246>
- Miftahushudur, T., Sahin, H. M., Grieve, B., y Yin, H. (2025). A Survey of Methods for Addressing Imbalance Data Problems in Agriculture Applications. *Remote Sensing*, 17(3), 1-31. <https://doi.org/10.3390/rs17030454>
- Mookkandi, K., Nath, M. K., Dash, S. S., Mishra, M., y Blange, R. (2025). A Robust Lightweight Vision Transformer for Classification of Crop Diseases. *AgriEngineering*, 7(8), 1-31. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7080268>
- Murugan, T. K., Sekar, P., Tolani, K., Sachdeva, A., Jena, S. S., y Jha, A. K. (2025). InceptionFlora: Revolutionizing Plant Species Identification with AI and Deep Learning. En R. C. Poonia, S. Sharma, I. A. Hameed, y K. Upreti (Eds.), *Smart Cyber Physical Systems* (pp. 231-247). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2182-8_18
- Naresh, U., y Reddy, T. (2025). PlantNet: Adaptive DenseNet with Attention-Based Capsule Network for Classifying Plant Diseases with Segmentation Procedures in Agricultural Fields. *International Journal of Image and Graphics*. <https://doi.org/10.1142/S0219467827500653>
- Roy, A., Chakrabarty, S., Mandol, S., Das, S., Prasad, M., Bhowmick, K., Srivastava, S., y Kumar, A. (2024). Distinguishing rice varieties using plant image analysis by deep learning methods. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 84 (4), 532-544. <https://doi.org/10.31742/ISGPB.84.4.3>

- Sánchez, A., Coronel-Lara, Z., Gutiérrez, A., Vargas, G., Coronado, M. L., y Esqueda, M. (2020). Aclimatación y trasplante de vitroplantas de *Agave angustifolia* Haw. En condiciones silvestres. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1593-1605. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2403>
- Srinivasan, A., V, S., Krishna, S., Reddy, V., & Vengatesh, T. (2025). Deep Learning for Plant Species Classification. *Journal of Neonatal Surgery*, 14, 14-21. <https://doi.org/10.63682/jns.v14i15S.3437>
- Tsai, A., & Kleinman, P.K.(2022). Machine learning to identify distal tibial classic metaphyseal lesions of infant abuse: A pilot study. *Pediatric Radiology*, 52, 1095-1103.<https://doi.org/10.1007/s00247-022-05287-w>
- Vega-López, I., Vega-Aviña, R., Delgado-Vargas, F., Zuriel, E., Morales-Casas, Díaz-Gaxiola, E., Campos-Leal, J. A., Berger-Castro, J., Beltrán-Gutiérrez, G., & Rendón, A. (2023). *Identificación de especies de plantas de la flora mexicana utilizando aprendizaje por transferencia a través de Inception-v4*. 14, 22-37. <http://www.pistaseducativas.itc.mx/wp-content/uploads/2023/12/3-Morales-Casas-Z-E-et-al-22-37.pdf>
- Yue, S., y Wang, T. (2017). *Imbalanced malware images classification: A CNN based approach* (arXiv:1708.08042) [Prepublicación]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.08042>

Certificado de evaluación

La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional**. Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano**, es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el capítulo de libro titulado “ **Un acercamiento inicial al uso de modelos de clasificación para la identificación de variedades de agave en Oaxaca**” presentado por los autores **Idarh Matadamas, Teodulfo Aquino-Bolaños, Erik Zamora, Manuel de Jesús Melo Monterey y Miriam Emily Avendaño Villegas** ha sido sometido a un exhaustivo proceso de arbitraje por pares académicos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Su publicación en el libro titulado “ **Innovación y creatividad: claves para el desarrollo regional**” estará disponible a partir del 9 de diciembre de 2025 en la Biblioteca digital de la Universidad Tecnocientífica del Pacífico.

Se extiende el presente certificado, a los 10 días del mes de noviembre del año 2025.

Transformando con Ciencias
 Tepic, Nayarit; México



Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
 Directora de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



César Alejandro González Guzmán
 Coordinador de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



Gestión de residuos orgánicos y su contribución en el suelo:

un enfoque desde la economía circular

DOI: 10.58299/UTP.261.C875

Nizerindani Cruz-Luis

ncruzl@ipn.mx

<https://orcid.org/0009-0007-9947-2196>

Juan Regino-Maldonado

jregino@ipn.mx

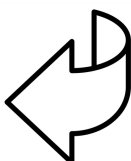
<https://orcid.org/0000-0003-2341-5703>

Arcelia Toledo-López

artoledol@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2328-5438>

Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Oaxaca
México



Gestión de residuos orgánicos y su contribución en el suelo: un enfoque desde la economía circular

Organic waste management and its contribution to the soil: a circular economy approach

Resumen

El proyecto investiga el proceso de transformación de los residuos orgánicos en abono orgánico y su relación con la mejora del medio ambiente de San Bartolo Coyotepec, Oaxaca, desde un enfoque de economía circular (EC) en dos fases: 1). Descripción del proceso y desarrollo del modelo de gestión de residuos orgánicos (2024) y 2). Análisis del uso de abono orgánico en la biofertilización de áreas reforestadas (2016-2024). Como primer resultado, se presenta el modelo de gestión de residuos orgánicos basado en los planteamientos de la EC del municipio que consta de 5 etapas: recolección de residuos orgánicos, producción, cosecha, almacenamiento y disposición de abono orgánico. Como segundo, de 2016 a 2024 se observa un incremento en el área de bosque como resultado de la biofertilización del suelo con abono orgánico. Se confirma con el incremento de la superficie de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino que pasó de 835.55 ha en 2017 a 956.88 ha en 2024 reportado por el INEGI. El estudio concluye que el manejo de residuos orgánicos basado en la EC en el municipio analizado puede ser replicado en otras comunidades rurales.

Palabras clave: residuos sólidos urbanos, lombricomposta, vegetación

Abstract

The project investigates the process of transforming organic waste into organic fertilizer and its relationship with improving the environment in San Bartolo Coyotepec, Oaxaca, from a circular economy (CE) approach in two phases: 1) Description of the process and development of the organic waste management model (2024) and 2) Analysis of the use of organic fertilizer in the biofertilization of reforested areas (2016-2024). As a first result, the organic waste management model based on the CE principles of the municipality is presented, consisting of 5 stages: organic waste collection, production, harvesting, storage, and disposal of organic fertilizer. Secondly, from 2016 to 2024, there was an increase in forest area because of soil biofertilization with organic compost. This is confirmed by the rise in secondary shrub vegetation in oak forests, which went from 835.55 ha in 2017 to 956.88 ha in 2024, as reported by INEGI. The study concludes that organic waste management based on CE in the analyzed municipality can be replicated in other rural communities.

Keywords: urban solid waste, vermicompost, vegetation

Introducción

El consumo descontrolado y la generación masiva de residuos significan un reto importante para las sociedades modernas. En zonas urbanas, la acumulación de residuos constituye una fuente de contaminación cuando no se realiza una clasificación adecuada. El manejo inadecuado de estos residuos ha provocado impactos negativos globales de tipo social, ambiental y económico, los cuales son un problema generalizado a nivel mundial. La acumulación de residuos sólidos urbanos (RSU) en las ciudades son origen de la contaminación del agua, aire y suelo (Moody y Townsend, 2017). Esta fuente de contaminación genera malos olores, plagas y transmisión de enfermedades.

Gran parte del problema ha sido el incremento acelerado del consumo de productos desechables, debido al acrecentamiento poblacional y desarrollo urbano (Campbell, 2020). Según el Banco Mundial (2022), del total de residuos sólidos urbanos, los residuos orgánicos representan aproximadamente el 60% y su disposición ha sido mezclarlos con los residuos inorgánicos en tiraderos a cielo abierto. El manejo inadecuado de los residuos genera gas metano (CH_4) de efecto invernadero que, según Krause et al., (2023), es 25 veces más potente que el dióxido de carbono (CO_2). En ese sentido, resulta imprescindible destinar recursos e implementar acciones de manejo integral de residuos en sus diferentes escalas espaciales (Tisalema et al., 2021).

La economía lineal (EL) asume que los recursos naturales son infinitos y por esta razón, las empresas siguen un modelo de producción-consumo-deshecho (Tagle y Carrillo, 2022). Por su parte, Caicedo (2017) plantea el modelo extraer-usar-desechar sin tomar en cuenta la sustentabilidad del futuro. Por tanto, muchas empresas no protegen el medio ambiente y sólo se enfocan en la extracción de los recursos naturales para la producción y venta de productos. Una vez desechados, estos se convierten en basura en poco tiempo al no ser revalorizados como se muestra en la Figura 1 (González y Vargas, 2017).



Figura 1. Modelo de economía lineal.

Fuente: Elaboración propia basada en el modelo tradicional de la economía lineal Tagle y Carrillo (2022).

Una propuesta de mejora de la economía lineal, amigable con el medio ambiente, es la economía circular (EC). No obstante, la EC propone la reutilización y el reciclado de los productos para reducir la demanda de materias primas. El Parlamento Europeo (2021) indica que, en un modelo de producción y consumo, la EC involucra alquilar, compartir, reparar, reutilizar, renovar y reciclar los productos o materiales todas las veces que sea necesario para poder crear un valor añadido y extender su ciclo de vida. Por tanto, la EC es una propuesta de mejora de la EL, entendida como un enfoque de desarrollo económico diseñado para beneficiar a la sociedad, a las empresas y al medio ambiente. En este sentido, se presenta como una necesidad social para vivir mejor (Galindo, 2020).

El compostaje ha sido una estrategia de la EC para reducir los impactos sociales y ambientales, aprovechando los residuos orgánicos para transformarlos en un recurso valioso, mejorar la calidad del suelo y ser utilizado como fertilizante en cultivos (Columba, 2023). Bajo este enfoque, se realizó una caracterización de la gestión de residuos orgánicos en el municipio de San Bartolo Coyotepec, Oaxaca. Además, se analizó el impacto del abono orgánico en el cambio de uso de suelo y vegetación de algunas áreas verdes de los municipios.

Marco Teórico

Economía circular (EC)

La EC surge como una necesidad de reorganización y reclasificación de la producción como área emergente de la economía verde, basada principalmente en la conservación del medio ambiente, seres vivos y recursos naturales. Se presenta como alternativa para evitar el desperdicio de recursos a través del ecodiseño e innovación de productos y transformación de los residuos (OECD, 2022; González y Vargas, 2017). Busca y promueve un modelo regenerativo de la producción fomentando la sostenibilidad en la optimización de recursos y minimización de residuos, a diferencia de la EL, como se observa en la Figura 2. Esto, ha permitido su posicionamiento clave en el manejo de los RSU para enfrentar los problemas ambientales de los últimos años en México (Córdova et al., 2021).

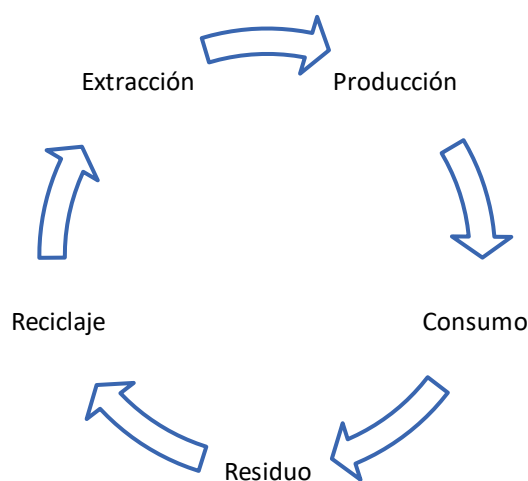


Figura 2. Modelo de economía circular.

Fuente: Elaboración propia basada en Córdova et al. (2021).

En este contexto, la EC resulta en una alternativa para satisfacer las necesidades de los consumidores sin deteriorar el medio ambiente, reducción del impacto en los recursos naturales, así como, disminución de los RSU (Córdova et al., 2021). La EC ha sido impulsada por diferentes organizaciones internacionales y civiles como *The Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD) y *Ellen MacArthur Foundation* (EMF). Ambas evidencian la escasez de materiales y recursos naturales para seguir satisfaciendo la producción lineal. En respuesta, buscan reducir la generación de residuos y el uso de materia prima virgen, mediante

ciclos ecológicos (Tagle y Carrillo, 2022).

En México, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) son las instituciones encargadas de regular, vigilar e implementar la gestión de residuos que se generan en el país. Grupo Bimbo, Heineken, Jumex y Tajín son algunas empresas existentes en México que han implementado el modelo de EC en sus procesos, empaques y embalajes a través de la eco-innovación, ecodiseño, reducción, reutilización y reciclaje de sus productos (Córdova et al., 2021). Por su parte, CEMEX, BioPapel y Grupo GAP empresas sustentables en el país, han brindado soluciones de gestión de residuos orgánicos como el compostaje (CEMEX, 2022; Aguiñaga y Treviño, 2022; Grupo GAP, 2025).

Las instituciones gubernamentales y empresas son importantes para el desarrollo de la EC (Tagle y Carrillo, 2022). Al promover cambios en la producción y comportamiento de los consumidores través de prácticas sostenibles, regulación de externalidades negativas mediante incentivos o impuestos, innovación y diseño de productos con responsabilidad social; así como, campañas de sensibilización y proyectos sustentables (González y Vargas, 2017; Córdova-Bojórquez, 2023).

Gestión de residuos y economía circular

De acuerdo con la SEMARNAT (2019), México genera más de 44 millones de toneladas de basura anualmente y se espera que para el año 2030 se generen 65 millones. Esto representa un problema por el gran aumento poblacional en las zonas urbanas y en las tasas de generación de desechos (Bautista et al., 2020). En México se recolecta el 88.6% de residuos. Es decir, 106,523 de las 120,128 toneladas de RSU que se generan a diario. Se componen por residuos orgánicos (46%), vidrio (5%), envases y empaques de plásticos como PET, PEBD y PEAD (12%), papel y cartón (10%), metales (5%), entre otros que son reciclables (22%) (SEMARNAT, 2020; ECOCE, 2023).

En cuanto a la jerarquía de residuos, la Figura 3 indica el orden de prioridad sobre la prevención y gestión de residuos. Prevalece la toma de medidas para reducir la generación de residuos, promueve la reutilización y el reciclado para obtener nuevas materias, la revalorización y, por último, el desecho donde se critica el depósito de residuos en tiraderos a cielo abierto (Seguí et al., 2018; Córdova et al., 2021).

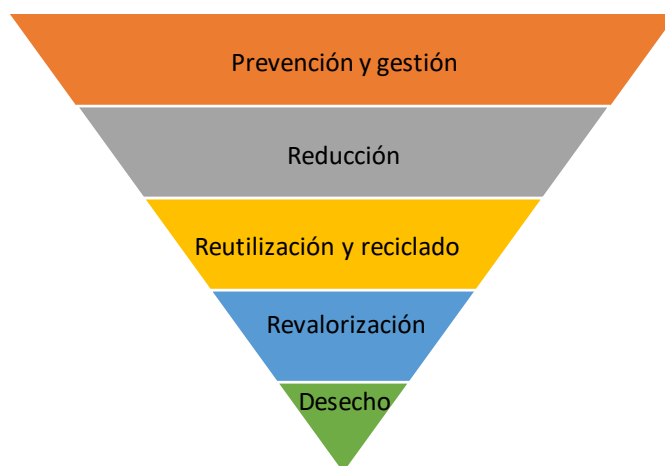


Figura 3. Jerarquía de residuos.

Fuente: Elaboración propia basada en Seguí et al. (2018); Córdova et al. (2021).

Los actores sociales que son responsables de la gestión de RSU, generados en un entorno específico, son principalmente el gobierno municipal, empresas y ciudadanos. En México, la SEMARNAT es la institución que promueve la gestión integral de residuos para proteger el medio ambiente y la salud pública. En los estados, los gobiernos municipales son los responsables de la recolección, el transporte y la disposición final de los residuos. En las empresas, la separación, la reutilización y el reciclaje, así como, de los residuos peligrosos que generen. En los ciudadanos, la separación, la reutilización y la reducción de la cantidad de desechos para evitar la sobreacumulación en los rellenos sanitarios (Tamayo et al., 2012; Gran-Castro y Bernache-Pérez, 2016; SEMARNAT, 2017).

Actualmente, existen diversos tratamientos para la gestión y manejo de RSU: eliminación, incineración sin recuperación de energía, valorización energética, relleno sanitario, reciclado, compostaje y programa cero residuos (en México). Dentro del marco de la EC y hacia una gestión sustentable, destaca el programa cero residuos, el cual es impulsado por la SEMARNAT incorporando el modelo de jerarquía de residuos. El programa pretende recolectar residuos para su reciclaje, bancos de alimentos, plantas de compostaje y generación de energía en los procesos educativos (González y Vargas, 2017; Seguí L. et al., 2018; SEMARNAT, 2020).

Existen iniciativas gubernamentales y programas municipales dedicados a fomentar el compostaje a nivel comunitario, municipal y privado para contribuir con el manejo y gestión de residuos orgánicos. Dentro de los programas, bajo la economía circular, están la gestión de residuos orgánicos mediante técnicas de compostaje del estiércol o por aireación mecánica, digestión anaeróbica, bocashi, lombricompostaje, larvicompostaje y tratamiento con enzimas (Narváez et al., 2024).

La responsabilidad en la gestión de residuos recae en todos. Dentro de la economía circular, cada actor es una pieza importante para tener éxito en este proceso. El tipo de residuo sólido urbano que más se genera en México es el orgánico, al representar el 46.42% del total de residuos generados. Este puede aprovecharse para generar abono orgánico que acelere su descomposición mediante la implementación de un compostaje adecuado para mejorar la salud del suelo y el crecimiento de plantas (SEMARNAT, 2020).

Lombricompostaje como técnica de tratamiento de residuos desde la economía circular

Existen diversas formas de tratar los residuos orgánicos, una de ellas es el reciclaje orgánico mediante la técnica de compostaje. El abono natural, composta o *compost* es un abono que resulta del proceso de biodegradación de residuos orgánicos (Rizzo, 2024), que debe estar supervisado bajo un tratamiento aeróbico biológico (González y Villalobos, 2021). Cualquier residuo orgánico puede ser utilizado para elaborar *compost* (Chávez y Quinto, 2021). El tratamiento exitoso

permite la transformación de residuos orgánicos en agua, dióxido de carbono, amoníaco y *compost* que proporciona beneficios al medio ambiente para sustituir fertilizantes minerales (Macarena y Casas, 2022). Durante el proceso de producción de compostaje deben controlarse la humedad, la temperatura, el pH, la oxigenación, el tamaño de las partículas y la relación carbono-nitrógeno (González-Jiménez y Villalobos-Morales, 2021). Las cuatro fases de dichos procesos son: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración; las cuales pueden terminar, en su conjunto, en seis meses aproximadamente (Narváez et al., 2024).

Existen diferentes tipos de compostaje (FAO, 2013). El método tradicional consiste en mezclar todo tipo de residuos orgánicos en un área específica, el conjunto se remueve periódicamente hasta obtener un *compost* de calidad. A partir de este método se han desarrollado variantes que, mediante la adición de distintos materiales, permiten acelerar la descomposición y obtener un abono en alrededor de tres meses. Entre estos destacan el humus de lombriz o *vermicompost*, que utiliza lombrices para transformar la materia orgánica; el *compost* de estiércol, elaborado a partir de desechos fecales de diferentes animales sin mezclar (aves de corral, caballo, vaca, cerdo, oveja y cabra), y la turba, que se forma a partir de la descomposición parcial de materia vegetal en ambientes húmedos.

Según la FAO (2022), el lombricompostaje es una técnica agroecológica que permite reducir y transformar los residuos orgánicos para producir un abono, ideal para la utilización en contextos urbanos y comunitarios (casa, escuela, jardines) que requieran poco espacio. En esta técnica se utilizan lombrices de tierra que transforman los residuos orgánicos, convirtiéndolos en un fertilizante natural, ecológico, sin químicos y rico en nutrientes.

El proceso de producción de abono orgánico a partir del lombricompostaje empieza con la elección y la preparación del contenedor; en él se verterán y mezclarán los residuos orgánicos domésticos generados (residuos de frutas y verduras, hojas, etc.). Una vez preparado el contenedor, se introducen las lombrices

(*Eisenia Foetida*), las cuales comenzarán con el proceso de descomposición de los residuos orgánicos a través de la alimentación, digestión y excreción. Las lombrices deberán ser alimentadas con materia orgánica para que el humus resultante sea una sustancia terrosa, oscura y sin mal olor.

Es necesario que durante el proceso de lombricompostaje, se revisen constantemente las condiciones ambientales. De esta manera, las lombrices pueden desarrollar de manera eficiente su trabajo. Además, es importante la supervisión constante de la temperatura, el pH y la oscuridad dentro de la composta, ya que las lombrices, al ser fotosensibles, requieren ambientes sin luz directa. Si el proceso se lleva de manera correcta, la cosecha se realizará cada 2 o 3 meses, obteniendo un producto de calidad que mejorará la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas de una manera natural y ecológica.

Metodología

Área de estudio

San Bartolo Coyotepec es uno de los 424 municipios oaxaqueños que rigen su gobierno y política por el sistema basado en “usos y costumbres” apegado a las tradiciones ancestrales y la cultura de los habitantes. La Asamblea General Comunitaria, autoridad máxima del municipio, se reúne cada tres años para que únicamente los habitantes mayores de edad elijan a los miembros del ayuntamiento, presidente municipal, síndico y cabildo conformado por ocho regidores. La Asamblea se lleva a cabo en el mes de octubre para que el nuevo cabildo conformado pueda ejercer a partir del 1 de enero del siguiente año.

Este municipio está ubicado en la Región de Valles Centrales de Oaxaca, en el Distrito Centro. Cuenta con una superficie de 45.93 km² y una altitud media de 1,520 m. Se encuentra entre las coordenadas 16°55'48" N, 96°42'0" W. Cuenta con 10,391 habitantes, de los cuales 48.1% son hombres y 51.9% son mujeres. Como se observa en la Figura 4 San Bartolo Coyotepec está dividido en dos secciones: La norte y sur. La sección norte limita con los municipios de Santa María Coyotepec, San Agustín de las Juntas, San Sebastián Teitipac, Santo Tomás Jalieza y Villa de Zaachila.

La sección sur limita con los municipios de Villa de Zaachila, San Martín Tilcajete, Santa Catarina Quiané y Ciénega de Zimatlán.

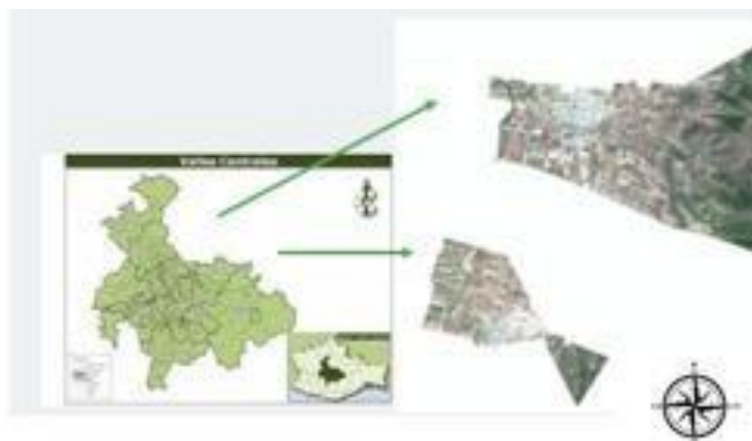


Figura 4. Municipio de San Bartolo Coyotepec, Oaxaca.
Fuente: elaboración propia.

Los ríos Atoyac y el Valiente pasan por dicho municipio. El tipo de clima es templado. Las elevaciones más importantes de la región montañosa son: Las Peñas, Piedra Redonda, Loma del Cuche, Chivagua Grande, Chivagua Chica, Guibetes y Guinise Grande.

El Estado de Oaxaca ha atravesado grandes problemas ambientales en los últimos años. Principalmente, con el manejo de los RSU y su disposición. Los ciudadanos han acumulado la basura en sus hogares, calles y avenidas principales, debido al cierre del Tiradero Villa de Zaachila desde el año 2022. Según el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN, 2021), se generan 1,050 toneladas de RSU al día en la Región de Valles Centrales de Oaxaca y de estos, el 55% son residuos orgánicos.

Algunos municipios han tenido la necesidad de cambiar sus prácticas de manejo de residuos para disminuir esta problemática. San Bartolo Coyotepec es pionero en ejercer prácticas proambientales clasificando los residuos sólidos urbanos que genera, en inorgánicos y orgánicos.

En ese sentido, el proyecto investiga el proceso de transformación de los residuos orgánicos y su relación con la mejora del medio ambiente del municipio, desde un enfoque de economía circular, y se realizó en dos fases: 1). Descripción del proceso y desarrollo del modelo de gestión de residuos orgánicos (2024) y 2). Análisis del uso de abono orgánico en la biofertilización de áreas reforestadas (2016-2024).

El alcance de la primera fase fue exploratorio y descriptivo. Se realizó sobre el manejo de la materia orgánica generada en el municipio. Se explicó la revalorización de residuos orgánicos en la cosecha de abono orgánico mediante el proceso de lombricompostaje elaborada por trabajadores del centro de compostaje comunitario. La segunda fase consistió en el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación, así como, la estimación de dióxido de carbono (CO₂) que se libera en la superficie del municipio.

Para el análisis de cambio de uso de suelo y de vegetación, se procesaron imágenes satelitales Sentinel 2A de los años 2016 y 2024 (Programa europeo de observación y monitorización de la Tierra, 2025). Se generaron los mapas del área de estudio y se compararon a través del Software ArcMap con la metodología clasificación supervisada por puntos de control (Núñez, 1990; Campbell y Wynne, 2011). Se analizaron las superficies de las series VI y VII de la Carta del uso de suelo y vegetación del INEGI, desarrolladas en los periodos 2014-2017 y 2017-2021 respectivamente, para obtener las hectáreas de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino de la región de los años 2017 y 2021 (INEGI, 2017; INEGI, 2021). Se determinaron los resultados de la matriz de transición y estimación de la cantidad de carbono secuestrado de los años 2016 y 2024 con el Software InVEST.

Resultados y discusiones

Descripción del proceso de lombricomposta en San Bartolo Coyotepec

San Bartolo Coyotepec es un municipio diferenciado por tener responsabilidad ambiental, lo que le ha llevado a tener estrategias que optimicen la efectividad en corregir prácticas inadecuadas de sus ciudadanos. Desde el 2012 se aprobó por la asamblea el “Reglamento para la prevención de la contaminación, protección y cuidado del medio ambiente” (2012), el cual establece la gestión de los residuos sólidos municipales.

Como se observa en la Imagen 1, el sistema de recolección es clasificado mediante un camión recolector que lleva un volteo para los residuos orgánicos y un remolque con divisiones para el depósito de residuos inorgánicos separados. Los residuos inorgánicos son transferidos al centro de acopio del municipio para su disposición y los residuos orgánicos son trasladados a un área de compostaje. En esta área, el personal toma sólo los residuos de verduras, frutas, hojas, ramas y troncos aptos para trasladarlos al centro de compostaje comunitario, el cual, fue creado desde el año 2013.



Imagen 1. Camión recolector de residuos.

Fuente: Fotografía de autoría propia. Archivo personal, (2024).

Establecimiento de lombricultivo

En la Imagen 2, el centro de compostaje comunitario está situado al este del municipio de San Bartolo Coyotepec, es un espacio dedicado al tratamiento de los residuos orgánicos para la obtención de abono. Cuenta con tres espacios: área de almacenamiento de leña, vivero y centro demostrativo “Tierra Mágica”.



Imagen 2. Centro de compostaje comunitario.
Fuente: Elaboración propia con Google Earth, (2025).

El centro demostrativo “Tierra Mágica” es un espacio dedicado al cultivo del abono mediante las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*). La especie más utilizada para tratamientos de residuos orgánicos (Alcívar, 2023). Cuenta con espacio bardeado por los cuatro laterales con bloques de cemento, en cuyos castillos se apoya un techado de lámina galvanizada para proteger el espacio de las inclemencias del tiempo y para controlar la luz. Dispone de un área para el almacenamiento dividida en dos espacios: uno donde se apilan los costales de abono orgánico cosechado y otro donde se depositan ramas y troncos pequeños para alimentación.

El sitio del lombricultor tiene condiciones favorables para el desarrollo óptimo y supervivencia de las lombrices. El manejo de cultivo es adecuado y viable, ya que las fuentes de alimentación están cerca. Cuenta con disponibilidad de agua para su riego. No tiene una exposición directa al sol. No está cerca de árboles, plantas, malezas con resina ni de suelo franco-arenoso con nivel freático bajo. Está alejado de canales de ríos, estanques o agua de lluvia para evitar humedad excesiva.

En la Imagen 3, el centro demostrativo con 7 lechos rectangulares que miden 1 m de ancho, 7 m de largo y con una profundidad de 50 cm. Medidas adecuadas para obtener una buena calidad de humus. La distancia entre los lechos es de 1 m., lo que permite un desplazamiento óptimo entre ellos. Están contruidos con bloques de cemento que sirven de contención. Están alineadas de acuerdo con la dirección del viento y cuentan con un tubo en la parte inferior que permite el drenado del lixiviado.



Imagen 3. Área de lombricultivo

Fuente: fotografía de autoría propia. Archivo personal, (2025).

Generalidades de las lombrices

Para obtener un abono óptimo rico en nutrientes en menos tiempo, el municipio decidió emplear la técnica de humus de lombriz. Para ello, se necesita la presencia de la lombriz roja californiana debido a que las características de dicha lombriz permiten su desarrollo dentro de una explotación zootécnica. Es una especie que sobrevive gracias a sus características morfológicas, comportamentales y fisiológicas (Cedeño et al., 2023).

La lombriz debe vivir en zonas de clima templado. Su temperatura corporal oscila entre 19 °C y 20 °C, con una humedad del 82%. Llega a medir hasta 10 cm de longitud y pesa 1 g aproximadamente, con un diámetro de hasta 5 mm. Cada lombriz consume lo equivalente a su peso.

El 50% de lo que consume lo llega a convertir en abono y el otro 50%, lo utiliza en su metabolismo para crecer. Llega a vivir hasta 16 años, si la temperatura y la humedad son adecuadas. La reproducción de las lombrices es a partir de los tres meses de edad, lo que permite una reproducción de hasta 1,500 lombrices anualmente (Santos et al., 2021; Maqueira et al., 2022).

Generalidades de la materia prima

La alimentación de las lombrices es diaria, limpia y en capas horizontales. Comen residuos orgánicos ricos en azúcares, sales y celulosas; también papel y cartón previamente húmedos. La autoridad municipal estableció que se le proporcionen como alimento, sin triturar: cáscaras de fruta, verduras, ramas, hojas secas y verdes; a excepción de la cáscara de limón porque es nociva. Cuando no hay materia fresca, se les suministran hojas, ramas y pequeños troncos, lo que provoca que su nivel de producción disminuya, pero evita la muerte de la lombriz por falta de alimento.

El riego es diario en pocas cantidades, dependiendo de la humedad de la tierra, agregándole agua destilada del lecho y agua limpia. El movimiento de la tierra es diario para su mejor aprovechamiento y regulación de parámetros. Son alimentadas, regadas y cuidadas por dos trabajadores contratados por el municipio de sexo masculino, los cuales trabajan 6 días a la semana, alternando su día de descanso.

Cosecha y almacenamiento

El humus se cuela a través de una criba hecha de madera con maya. Una vez que el abono fertilizado alcanza una altura de 5 cm como máximo, se almacena en costales de 50 kg. En caso de no cumplir con el parámetro, se deja en el lecho para seguir con el tratamiento. En todo el proceso, se cuidan las lombrices transportándolas a otro lecho previamente preparado con tierra y residuos orgánicos.

El proceso continuo hasta obtener la cosecha total dura tres meses aproximadamente. De los 7 lechos que se utilizan para el proceso de lombricompostaje, se generan aproximadamente 750 kg de abono orgánico durante el período de producción.

Por lo tanto, se producen 3 toneladas de abono orgánico al año. Los costales son apilados en el área de almacenamiento destinada para tal fin, hasta que se han utilizado.

Disposición del abono

El humus obtenido es utilizado por el vivero que se encuentra en las instalaciones del centro de compostaje comunitario. Es dispuesto para áreas verdes del municipio como el jardín y el camellón principal, centros educativos de la zona, así como, para actividades agrícolas de los habitantes del municipio. Es empleado en la reforestación anual que se realiza para conservar las áreas de bosque del municipio. La regiduría de ecología del municipio es la responsable de gestionar el abono orgánico que se produce, el cual no tiene ningún costo para los que habitan en el municipio.

En la Figura 5, se muestra como desde la economía circular, los residuos orgánicos que se generan en el municipio de San Bartolo Coyotepec, Oaxaca, se convierten en un activo con valor a través del proceso de gestión de residuos sólidos urbanos. La cantidad de residuos se reduce por hacer el proceso de compostaje en lugar de tirarlo en vertederos. El abono orgánico generado brinda una nueva vida a la materia orgánica, reutilizando los nutrientes como un recurso valioso y útil para la fertilidad del suelo. El reciclaje está presente porque se transforman los residuos orgánicos en un nuevo producto con valor: abono orgánico, evitando así su disposición final. Mediante el proceso de compostaje se recupera el valor (energía y nutrientes) de los residuos para devolverlos al ciclo natural (Prokić et al., 2022; Manea et al., 2024; Fierro, 2025). Este cambio social, cultural y económico representa una transformación en el sistema.



Figura 5. Diagrama de la descripción de la gestión de residuos orgánicos en San Bartolo Coyotepec.

Fuente: Elaboración propia con base en investigación de campo.

Análisis del cambio de uso de suelo y vegetación de San Bartolo Coyotepec

El suelo ha sufrido modificaciones a través del tiempo por cambios en su uso. La principal razón ha sido por el aumento de zonas urbanas y actividades socioeconómicas del territorio (Villegas y Gómez, 2020); lo que ha dado como resultado la degradación de ecosistemas, transformación de hábitats, pérdida de servicios ambientales y de biodiversidad (Pérez et al., 2021). Las autoridades de San Bartolo Coyotepec han atendido dicha problemática a través de campañas de reforestación, manejo de residuos sólidos urbanos y no permitiendo el acceso e instalación de empresas altamente extractivista de recursos naturales como el agua (Flores, 2022).

En este sentido, es de suma importancia realizar un análisis de cambios de uso de suelo y vegetación en la zona de estudio. El análisis identifica las áreas de suelo reforestado que utiliza el abono orgánico generado por el proceso de reciclaje de los residuos orgánicos.

La Figura 6 muestra la comparación de las clasificaciones de uso de suelo y vegetación obtenidas de los años 2016 y 2024: asentamiento humano, forestal, agrícola y cuerpos de agua. Se observan que las clasificaciones de área forestal y agua han incrementado a pesar del desarrollo de asentamientos humanos que el municipio ha experimentado durante los últimos ocho años. Se refuerza el supuesto de que, posiblemente debido al manejo adecuado de residuos y el reciclaje de orgánicos en el proceso de lombricomposta, este último utilizado en la reforestación anual, han ayudado en el mantenimiento de la cobertura forestal de determinadas áreas del municipio.

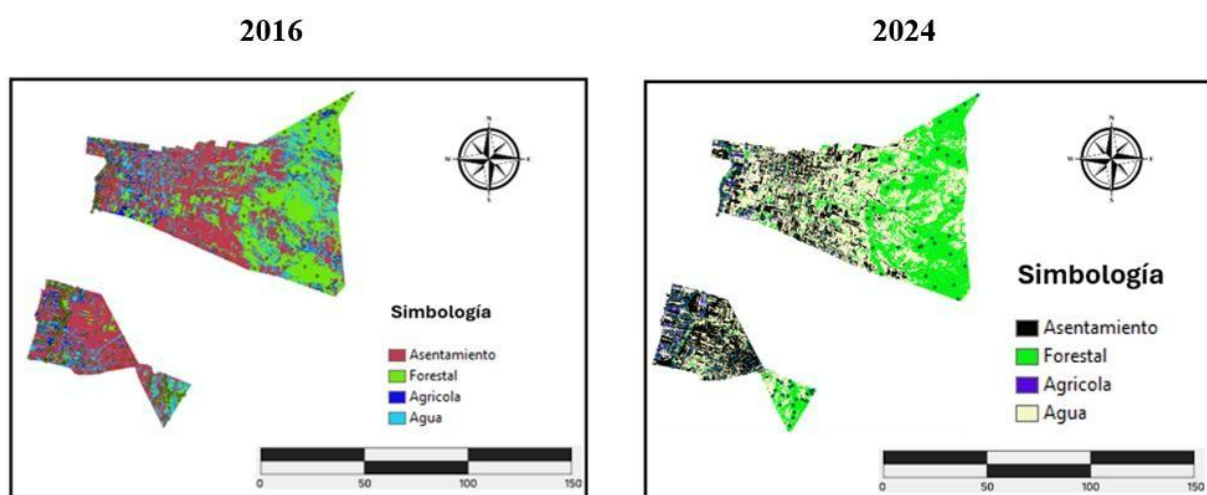


Figura 6. Cambios de usos del suelo y vegetación de San Bartolo Coyotepec de 2016 y 2024.
Fuente: Elaboración propia con base en imágenes de Sentinel 2A y clasificación supervisada (Programa europeo de observación y monitorización de la Tierra, 2025; Núñez, 1990; Campbell y Wynne, 2011).

Matriz de transición de uso de suelo y vegetación

Para analizar la contribución del proceso de manejo de residuos orgánicos a través de lombricomposta comunitaria se tomó como referencia la vegetación secundaria arbustiva, área de disposición final de la lombricomposta.

De acuerdo con la Figura 7, en 2017 la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino abarcaba 835.55 ha., en 2021 alcanzó 956.88 ha. Los resultados indican que la vegetación tuvo un incremento de alrededor de 100 hectáreas en 4 años.

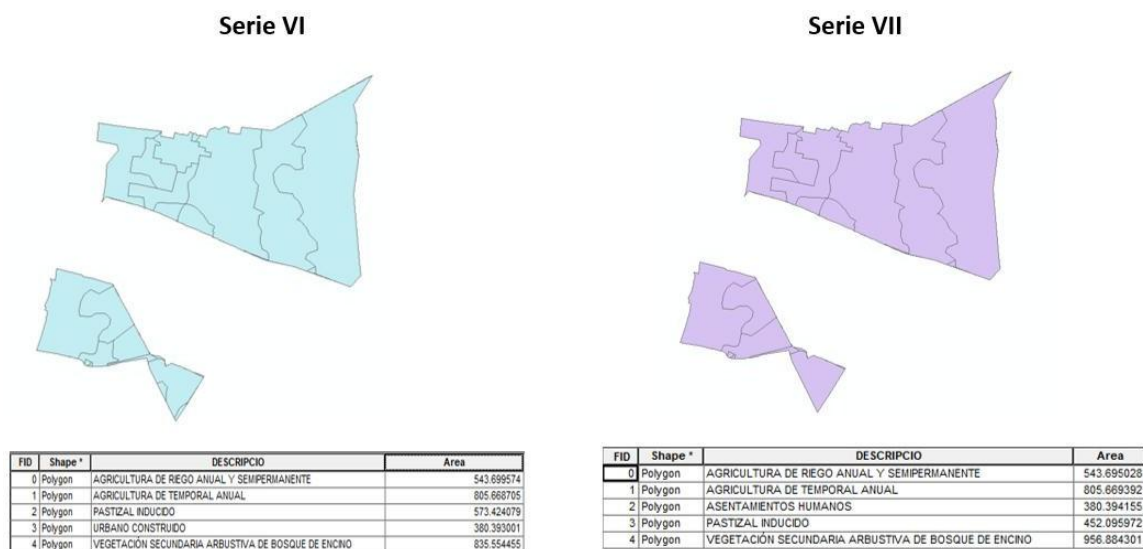


Figura 7. Uso del suelo y vegetación de San Bartolo Coyotepec.

Fuente: Elaboración propia con base en las Series VI (INEGI, 2017) y VII (INEGI, 2021).

En la Figura 8 se muestra el mapa de secuestro de carbono del municipio resultado de la comparación de los años 2016 y 2024. El área marcada con color rojo muestra la pérdida de carbono de 27000 Tc/ha. El área marcada con color azul indica aumento de carbono secuestrado en rango a 0 a 246000 Tc/ha. Los resultados positivos demuestran que en 8 años la vegetación ha secuestrado dióxido de carbono de forma natural reduciendo el efecto invernadero de la atmósfera.

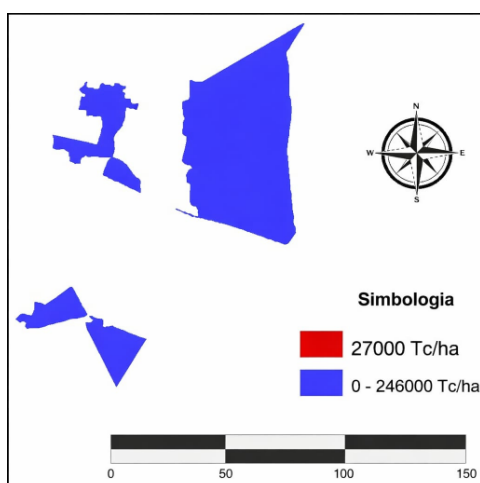


Figura 8. Secuestro de carbono en San Bartolo Coyotepec 2024.

Fuente: Elaboración con InVEST.

Como resultado de lo anterior, San Bartolo Coyotepec ha desarrollado un modelo de gestión de residuos orgánicos basado en la economía circular como se muestra en la Figura 9.

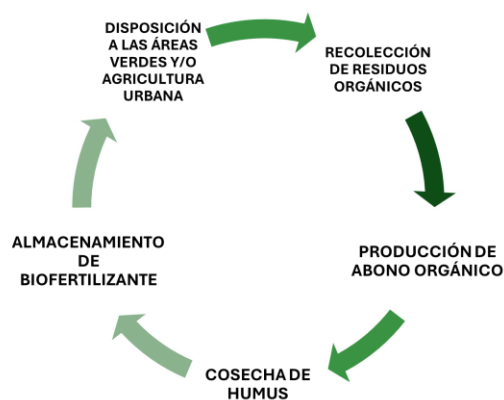


Figura 9. Modelo de gestión de residuos orgánicos desde la economía circular de San Bartolo Coyotepec, Oaxaca.
Fuente: Elaboración propia.

Discusiones

El área Forestal de San Bartolo Coyotepec en particular la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, en donde se han llevado a cabo acciones de reforestación con lombricomposta al parecer los resultados han sido positivos en la mejora de la fertilidad del suelo y retención de agua. De esta manera, se han conservado la biodiversidad y salud del ecosistema forestal del municipio.

En ese sentido, un estudio desde el enfoque de la economía circular realizado en la India donde los residuos orgánicos fueron utilizados como insumos para elaborar fertilizantes, compostaje y alimentación animal. La agroforestería en la que se usan los residuos orgánicos ayudó al aumento de la biodiversidad, fertilidad del suelo y secuestro de carbono (Selvan et al., 2023). Otro estudio interesante en esta línea, es el de Tsegaye, B. et al. (2021), realizado a una biorrefinería de residuos alimentarios, en donde los desechos orgánicos reciclados son utilizados para producir biocombustibles, biopolímeros, bioplásticos y fertilizantes. Estos productos además de reducir las emisiones de metano y la dependencia de materiales no renovables, disminuyen el impacto negativo en el suelo y agua.

Conclusiones

Desde la economía circular, el lombricompostaje es un ejemplo para la sostenibilidad que permite la transformación de residuos orgánicos de uso doméstico en un abono natural de alto valor en nutrientes, al que se le da una revalorización para integrarla nuevamente como un insumo útil en la fertilización del suelo.

La lombricomposta se ha convertido en una alternativa importante para el manejo de residuos orgánicos del municipio de San Bartolo Coyotepec, evitando que éstas terminen en un vertedero. El fin de la gestión de los mismos, es reducir las emisiones de gases, malos olores, fauna nociva y por ende, impactar de forma positiva en la salud de sus habitantes. El municipio ha utilizado el humus como biofertilizante para mejorar la fertilidad del suelo y reforestación anual para la recuperación de espacios verdes, mejorar la calidad del aire y captación de agua, beneficiando a más de 100 hectáreas de bosque durante el período analizado. Los habitantes del municipio también han sido beneficiados por los bosques que regulan el clima, mitigan el cambio climático y contribuyen a la disminución del calentamiento global.

Por lo anterior, este estudio concluye que el abono orgánico resultado del reciclaje de residuos orgánicos representa la transformación del sistema tradicional de manejo de los mismos, aun sistema circular de manejo de residuos desarrollado por San Bartolo Coyotepec que consta de 5 etapas: recolección de residuos orgánicos, producción, cosecha, almacenamiento y disposición de abono el cual, puede ser replicado en otras comunidades rurales.

Referencias

- Aguiñaga y Treviño (2022) *Seis casos de éxito de economía circular en México y América Latina*. EGADE Business School. Investigación-Sostenibilidad
- Alcívar, Llivicura, M. F. (2023). Comportamiento de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en diferentes sustratos orgánicos. *Journal of Science and Research*, 8(4) 74-84. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9143399>
- Banco Mundial. (2022, 1 de julio). Solucionar la contaminación por plásticos: Aprovechar los conocimientos, las políticas y la innovación, con el fin de mejorar la vida de las personas. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2022/07/01/unpacking-the-plastics-challenge>
- Bautista-Castelán, L. G., Martínez-Olivarez, P., y Vidal, M. (2020). Desempeño urbano sustentable mediante tres indicadores: residuos sólidos, transporte público, áreas verdes. *Revistarquis*, 10(1), 61–78. <https://doi.org/10.15517/ra.v10i1.45246>
- Caicedo, C. L. G. (2017). *Economía circular y su papel en el diseño e innovación sustentable*. Libros Editorial UNIMAR.
- Campbell, C. (2020). The curse of the new: How the accelerating pursuit of the new is driving hyper-consumption. In K. Ekstrom (ed.), *Waste management and sustainable consumption*. Routledge. doi: <https://doi.org/10.4324/9781315757261-9>
- Campbell, J.B. y Wynne R.H. (2011). Introduction to Remote Sensing. *The Guilford Press*. New York.
- Cedeño-Saltos, K. A., Barrera-Álvarez, A. E., Torres-Navarrete, E. D., y Jácome-López, G. A. (2023). Características físicas y transformación productiva y reproductiva de la *Eisenia foetida* en compostaje con residuos orgánicos. *Revista de Investigación Talentos*, 10(2), 1–15. <https://doi.org/10.33789/talentos.10.2.186>
- Cementos Mexicanos. (2022, 24 de marzo). *Reporte integrado 2021: Construyendo un mejor futuro*. <https://www.cemex.com/documents/20143/57102208/ReporteIntegrado2021.pdf>
- Hurtado-Chávez, P. U., y Chuquimamani-Quinto, B. (2021). Optimización de la estabilización anaeróbica de residuos sólidos orgánicos mediante la aplicación de la vacuna gel. *Revista Científica Investigación Andina*, 21(1).21. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/REVUANCV_9f0a96913117bcf2b9db0c529f632f53

- Columba Paucar, N. J. (2023). *Propuesta de modelo de gestión integral de residuos sólidos en la plataforma 1ro de mayo San Roque dentro del marco de economía circular: Modelo de gestión de residuos orgánicos* [Trabajo de titulación, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23822>
- Córdova, M., Salgado, L., y Bravo, B. (2021). Economía circular y su situación en México. *Epistemus*, 15(30) 82-88. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.169>
- Córdova-Bojórquez, G. (2023). Actores sociales y gestión de la economía circular en el estado de Chihuahua, México. *Frontera Norte*, 35, Artículo e2345 <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2345>.
- Ecología y Compromiso Empresarial. (2023, 30 de noviembre). *Se superan expectativas: Grandes avances en los compromisos para manejo de residuos plásticos* [Comunicado de prensa]. https://www.ecoce.mx/files/boletines/informe_acuerdo_nacional_nueva_economia_plastico.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013, 11 de septiembre). *Food wastage footprint: Impacts on natural resources*. <https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022, 30 de junio). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos: 14. Humus de lombriz*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/manuales-practicos-para-la-elaboracion-de-bioinsumos>
- Fierro, T. (2025). Análisis de la economía circular en la transformación de residuos vegetales en abono orgánico en el Mercado Mayorista de Riobamba. *Revista Cumbres*, 11(1). https://www.researchgate.net/publication/393879758_Analisis_de_la_economia_circular_en_la_transformacion_de_residuos_vegetales_en_abono_orgánico_en_el_Mercado_Mayorista_de_Riobamba

- Fondo Nacional de Infraestructura. (2021, 23 de abril). *Reglas de Operación del Fideicomiso 1936 Fondo Nacional de Infraestructura*.
https://www.fonadin.gob.mx/fni2/wp-content/uploads/sites/3/2024/07/Reglas_Operacion_FONADIN_23abr2021_v.2_julio2024.pdf
- González, G.I. y Vargas-Hernández, J.G. (2017) La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Revista de temas de coyuntura y perspectivas*, 2(3) 105-130. DOI 10.5281/zenodo.1182808
- González-Jiménez, Y., y Villalobos-Morales, J. (2021). Environmental management of organic waste: State of the art of composting generation from solid waste of the grease and oil trap systems. *Tecnología en Marcha* , 34(2), 11–22. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4843>
- Gran-Castro, J. A., y Bernache Pérez, G. (2016). Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales. *Sociedad y Ambiente*, 1(9), 73-101. <https://www.redalyc.org/pdf/4557/455745080004.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación*. Escala 1:250000. Serie VI (Capa Unión). Consultado el 18 de junio de 2025 en <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s6gw.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación*. Escala 1:250000. Serie VI (Capa Unión). Consultado el 19 de junio de 2025 en <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s7gw.html>
- Krause, M. J., y Levis, J. W. (2023). *Quantifying methane emissions from landfilled food waste*. U.S. Environmental Protection Agency.
https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-10/food-waste-landfill-methane-10-8-23-final_508-compliant.pdf
https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-10/food-waste-landfill-methane-10-8-23-final_508-compliant.pdf
- Macarena, A., y Casas, L. E. (2022) Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4) 990-1013.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2641
- Manea, A., Păcală, M. L., Vlaic, A., y Oroian, I. (2024). Composting as a sustainable solution for organic solid waste management: Current practices and potential improvements. *Sustainability*, 16(15), Article 6329.
<https://doi.org/10.3390/su16156329>

Izquierdo Díaz, R. (2022). Comportamiento productivo, reproductivo y morfometría de la lombriz roja californiana en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Ecovida*, 12(3), 257-266. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9439256>

- Moody, C.M. y Townsend, T.G. (2017). A comparison of landfill leachates based on waste composition. *Waste Management*, 63,267-274. 10.1016/j.wasman.2016.09.020.
- Narváez Cárdenas, A. N., y Pila Pilicita, J. F. (2024). *Desarrollo de un sistema de gestión integral de residuos orgánicos generados en los mercados de la parroquia Machachi, cantón Mejía* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio UTC.<https://repositorio.utc.edu.ec/items/c2225912-0e7f-46fd-a43d-b919b47cf64f>
- Natural Capital Project. (2025). *InVEST* (versión 3.17.1) [Software]. Stanford University. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
- Núñez de las Cuevas, R. (1990). *Teledetección*. Editorial Rueda.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2022). *La Economía Circular en Valladolid, España*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/34c34508-es>.
- Parlamento Europeo (2021). *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>.
- Pérez, R. L. G., Martínez, M. A., y Ordaz, V. M. (2023). Dinámica de cambios de uso de suelo y vegetación por actividades antropogénicas en Zaachila, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(66). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322021000400026
- Prokić, T., Petrović, J., Kurćubić, V., Đoković, R., y Ilić, Z. Z. (2022). The role of circular economy in food waste management in fulfilling the United Nations' sustainable development goals. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 15(1), 5–19. <https://reference-global.com/article/10.2478/ausal-2022-0005>
- Programa europeo de observación y monitorización de la Tierra (2025). *Sentinel-2A MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A* (ID: S2A_MSIL2A_20161125T165632_N0500_R026_T14QQD_20161125T041947) [Conjunto de datos]. Agencia Espacial Europea. (2016, 25 de noviembre). <https://dataspace.copernicus.eu/>
- Programa europeo de observación y monitorización de la Tierra (2025). *Sentinel-2B MSI: MultiSpectral Instrument, Level-1C* (ID: S2B_MSIL1C_20241228T165629_N0511_R026_T14QQD_20241228T203054.SAFE) [Conjunto de datos]. Agencia Espacial Europea. (2024, 28 de diciembre). <https://dataspace.copernicus.eu/>
- Rizzo Salazar (2024) *Elaboración y uso del abono orgánico “compost” en la aplicación edáfica para mejorar la producción agrícola*. UNIVERSIDAD

TÉCNICA DE BABAHOYO. Ecuador
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17185/E-UTB-FACIAG-AGRON-000184.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Honorable Ayuntamiento de San Bartolo Coyotepec. (2012). *Reglamento para la prevención de la contaminación, protección y cuidado del medio ambiente*.

Santos López, J. F., Menor Mendoza, L. F., Huamán Mesa, J. A., y Pisfil Benites, E. (2020). Evaluación de tres sustratos sobre el desempeño productivo y reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Revista Colombiana de Zootecnia*, 2(3), 19-24.
<https://www.anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/99>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017, 10 de enero). *Residuos Sólidos Urbanos (RSU)*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos (1.ª ed.)*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- Seguí, L., Medina, R., y Guerrero, H. (2018). *Gestión de residuos y economía circular* [Informe]. EAE Business School. https://www.diarioabierto.es/wp-content/uploads/2018/09/Gestion_residuos_EAE.pdf
- Selvan, T., Atchaya, T., Senapathi, V., Sekar, S., Karmegam, N., Kadamban, D., Balakumaran, M., y Govarthanan, M. (2023). Circular economy in agriculture: Unleashing the potential of integrated organic farming for food security and sustainable development. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, Artículo 1170380. 10.3389/fsufs.2023.1170380
- Serón Galindo, D. (2020). Economía circular: De alternativa a necesidad. *Dossieres EsF*, (37), 16–20. <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>
- Tagle Zamora, D., y Carrillo González, G. (2022). Gestión de residuos sólidos en León, Guanajuato: indicios de economía circular y de los objetivos del desarrollo sostenible. *región y sociedad*, 34, e1583. doi: 10.22198/rys2022/34/1583
- Tamayo-Orbegozo, U., Vicente-Molina, A., e Izaguirre-Olaizola, J. (2012). La gestión de residuos en la empresa: Motivaciones para su implantación y mejoras asociadas. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 18(3), 216–227. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1135252312000020>
- Tisalema, S., Hechavarría, J., Vega, G., y Calero, M. (2021). Ecological waste planning. Case study: Comprehensive waste management plan at the Simón Bolívar Air Base, Guayaquil, Ecuador. En W. Karwowski, T. Ahram, D. Etinger, N. Tankovic, y R. Taiar (Eds.), *Human systems engineering and design III: Future trends and applications* (pp. 239–244). Springer https://doi.org/10.1007/978-3-030-58282-1_39
- Tsegaye, B., Jaiswal, S. K., y Jaiswal, A. K. (2021). Food waste biorefinery: Pathway towards circular bioeconomy. *Foods*, 10(6), Artículo 1174. <https://doi.org/10.3390/foods10061174>

Certificado de evaluación

La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional**. Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano**, es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el capítulo de libro titulado **"Gestión de residuos orgánicos y su contribución en el suelo: un enfoque desde la economía circular"** presentado por los autores **Nizerindani Cruz-Luis, Juan Regino-Maldonado y Arcelia Toledo-López** ha sido sometido a un exhaustivo proceso de arbitraje por pares académicos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Su publicación en el libro titulado **"Innovación y creatividad: claves para el desarrollo regional"** estará disponible a partir del 9 de diciembre de 2025 en la Biblioteca digital de la Universidad Tecnocientífica del Pacífico.

Se extiende el presente certificado, a los 10 días del mes de noviembre del año 2025.

Transformando con Ciencias
Tepic, Nayarit; México



Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
Directora de la Editorial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico



César Alejandro González Guzmán
Coordinador de la Editorial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico



Calle 20 de Noviembre, 75 Pte. Col. Mololoa. Tepic, Nayarit, México. C.P. 63050

<https://editorial-utp.com.mx>. Correo electrónico: editorial_utp@tecnocientifica.com.mx. Teléfono: 311 101 01 03

BIZAÁ' SOFTWARE EDUCATIVO PARA LA EDUCACION INCLUSIVA DE LA LENGUA MATERNA: ZAPOTECO DIIDXAZÁ

DOI: 10.58299/UTP.261.C876

Eva Rafael Pérez

eva.rafael@itoaxaca.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2793-1254>

Maricela Morales Hernández

maricela.morales@itoaxaca.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3521-2041>

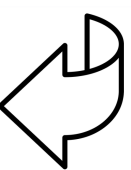
Marisol Altamirano Cabrera

marisol.altamirano@itoaxaca.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5800-9655>



Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Oaxaca.
Departamento de Sistemas y Computación
México



Bizaá' software educativo para la educación inclusiva de la lengua materna: Zapoteco Diidxazá

BIZAÁ' educational software for inclusive mother tongue education: zapotec diidxazá

Resumen

El software Bizaá' representa un papel fundamental en la educación, genera un proceso de aprendizaje adaptándose a las necesidades de los usuarios. El objetivo del capítulo es mostrar los avances significativos que se obtuvieron al implementar el software educativo "Bizaá'". Este software es inclusivo para el aprendizaje de la lengua materna zapoteca diidxazá de forma interactiva y lúdica apoyado en el modelo pedagógico de la teoría crítica que parte del interés del usuario. Combina diversas tecnologías innovadoras a través de la metodología cualitativa con la Investigación Basada en Diseño que integró el modelo de desarrollo incremental. Los resultados son los módulos funcionales del software. Bizaá' no solo ofrece un recurso educativo interactivo e inclusivo, sino también un motor de revitalización cultural al fortalecer la preservación de la lengua materna.

Palabras clave: educación; inclusión; software; tecnología.

Abstract

The Bizaá' software plays a fundamental role in education, cultivate a learning process that adapts to users' needs. The purpose of this chapter is to present the significant progress achieved through the implementation of the educational software Bizaá'. This inclusive software promotes the learning of the Zapotec Diidxazá mother tongue in an interactive and engaging way, supported by the pedagogical model of critical theory, which centers on the learner's interest It integrates various innovative technologies through a qualitative methodology based on Design-Based Research (DBR), incorporating the incremental development model. The outcomes include the software's functional modules. Bizaá' not only provides an interactive and inclusive educational tool but also serves as a cultural revitalization engine, contributing to the preservation and strengthening of the mother tongue.

Keywords: education; inclusion; software; technology.

Introducción

En la actualidad, el avance del software educativo proporciona herramientas que permiten innovar en el proceso de aprendizaje, su importancia radica en la capacidad para respaldar el proceso de enseñanza-aprendizaje de alumnos que desean aprender una lengua materna bajo un ambiente de educación inclusiva.

Para que el aprendizaje sea efectivo e inclusivo, es fundamental que sea significativo; esto implica que las herramientas que ofrece el software educativo sean relevantes y adecuadas para el alumno, permitiendo la aplicación del conocimiento adquirido en diferentes contextos. El software educativo integra diversos recursos multimedia como imágenes, textos, videos y sonidos que promueven la interacción didáctica y contribuyen a fortalecer el aprendizaje, especialmente en la enseñanza de la lengua materna (Ponce Jiménez, 2015; Tapia, 2010; UNESCO, 2022).

La enseñanza de una lengua materna constituye un aprendizaje esencial para la vida con su entorno social, actuando como un puente hacia la educación inclusiva, ya que “se orienta a identificar y reducir las barreras del aprendizaje y de la participación, así como a potenciar los recursos para apoyar a todos los miembros de la comunidad educativa” (Booth et al., 2000).

México es uno de los países del mundo con mayor diversidad lingüística. En total, se hablan 68 lenguas originarias pertenecientes a 11 familias lingüísticas, de las cuales se derivan más de 360 variantes lingüísticas. Se calcula que más de 7 millones de mexicanos y mexicanas hablan alguna lengua indígena. Entre las más comunes destacan: el náhuatl, el maya, el tzeltal, el mixteco, el tsotsil, el zapoteco, el otomí, el totonaco, el chol y el mazateco. Sin embargo, lenguas como el zapoteco, el ku'ahl y el kiliwa que pertenecen al 60% de lenguas del país se encuentran cercanas a la desaparición (Ayuda en Acción, 2020).

Con base en los resultados del INEGI - Encuesta Nacional sobre Discriminación en México (INEGI, 2017), el 24% de la población indígena de 12 y

más años, declaró haber experimentado al menos una situación de discriminación en los últimos cinco años. El 75.6 % consideró que las personas indígenas son poco valoradas.

De acuerdo con la Encuesta Intercensal INEGI (2015), más de 25 millones de personas en México se reconocen como indígenas, pero solo 7.4 millones, que representan 6.5% de la población total, hablan alguna lengua. Factores como la migración, la no inclusión, la imposición del español en la educación, la falta de transmisión intergeneracional y la discriminación han reducido el número de hablantes; por lo tanto, el proceso de aprendizaje de una lengua materna puede ser desalentador.

Oaxaca es el estado con mayor diversidad lingüística en México y uno de los lugares más ricos en tradiciones vivas, sus lenguas indígenas son un reflejo de la historia, identidad y resistencia de sus pueblos originarios. Se hablan 16 lenguas indígenas reconocidas oficialmente, estas lenguas tienen más de 170 variantes dialectales, muchas de ellas ininteligibles entre sí. Esto significa que aproximadamente el 32% de la población oaxaqueña habla una lengua indígena, lo que convierte al estado en un bastión de diversidad cultural y lingüística, (INALI, 2021).

La problemática identificada se centra en la disminución de hablantes del zapoteco diidxazá ya que, a pesar de ser un patrimonio cultural y lingüístico en México, esta variante se encuentra en riesgo de desaparición grado 3, lo que significa que solo el 18.47% de la población entre 5 y 18 años es hablante de esta lengua (INALI, 2016). Esta alarmante cifra sugiere que, en 50 años, la transmisión intergeneracional del idioma será prácticamente nula. Otro problema es que la disminución de hablantes se atribuye a diversas razones, incluyendo la migración, la marginación, la globalización, el uso predominante de lenguas dominantes como el español o el inglés y otros.

La discriminación es otro problema, ya que existen casos donde las personas que hablan lenguas originarias son estigmatizadas o tratadas injustamente en varios aspectos de la vida.

La falta de oportunidades para que las personas puedan aprender el idioma se debe a distintos factores que les dificultan disponer de tiempo y recursos para aprender la lengua de manera presencial a través de cursos.

Sin embargo, Martínez (2002), afirma que la problemática no radica tanto en conocer cuáles son los individuos que deben ser incorporados a la educación inclusiva, sino qué tipos de políticas, de sistemas escolares, de centros educativos, de currículo, tipo de enseñanza, preparación de los docentes y otros profesionales; enfatiza en la necesidad de conocer las convicciones, capacidades y compromisos que se requieren y precisan tener para lograr que no quede ninguna persona que necesite de este tipo de educación sin ser atendida o excluida.

En cuanto al estado de arte, se han encontrado diversas aplicaciones móviles enfocadas a la preservación de la lengua materna del zapoteco, como la aplicación “Biziidi Diidxazá”, es una aplicación creada para niños de entre cinco y siete años que consiste en una interfaz ilustrada apta para niños con tres niveles de complejidad para el usuario: básico, intermedio y avanzado. Además, se integró un diccionario bilingüe (español-zapoteco) por medio de un buscador, posibilitando la búsqueda de palabras para su traducción al zapoteco de la región del istmo de Tehuantepec.

Otra de las aplicaciones móviles disponibles en la Play Store es “Didxazapp”, un traductor experimental de “español” a – “zapoteco del istmo”; este sistema solo funciona con zapoteco del istmo, otras variantes de zapoteco pueden no ser interpretadas de la misma forma y por lo tanto las traducciones de este sistema podrían no tener sentido para dichas variantes. Actualmente el sistema cuenta con alrededor de 4500 tuplas traducidas en español y zapoteco, las cuales se someten

a una validación por medio de escritores y poetas de zapoteco, quienes cuidan la lengua y verifican la información que es ingresada a la base de datos.

Y finalmente, se encuentra igualmente disponible a la comunidad en la Play Store la aplicación móvil “DiidxaXtinu” (Nuestra Lengua), misma que contribuye al fomento y divulgación del zapoteco por medio de la tecnología en los niños y jóvenes; además, impacta en el rescate de la lengua madre por medio de la interacción con contenidos dinámicos incorporados, lo que la convierte en una herramienta de aprendizaje y tiene más de 100 palabras y pronunciaciones. Consta de cinco temas: partes del cuerpo, números, animales, cosas de la casa y familia. Cada tema incluye contenidos audiovisuales, juegos de memoria y actividades de escritura en zapoteco. Por tanto, este capítulo tiene como objetivo mostrar los avances significativos que se obtuvieron al implementar el software educativo “DiidxaXtinu”.

El presente capítulo se compone de los siguientes apartados: En la Introducción, se define la problemática y se explica la manera en cómo se aborda para poder dar solución al problema planteado, en el siguiente apartado Marco teórico contiene la fundamentación teórica del proyecto donde se abordan aspectos de software educativo, educación inclusiva, lengua materna, inteligencia artificial, y metodología de software, por mencionar algunos. El tercer apartado denominado Desarrollo, se describe la metodología cualitativa con la Investigación Basada en Diseño que combinó con el modelo incremental para el desarrollo del software educativo con tres incrementos. Para terminar, se presentan los resultados obtenidos, la parte de análisis y discusión, finalmente se muestran las conclusiones y referencias consultadas durante el proyecto desarrollado.

Marco de referencia

Conceptualización del software educativo

Son programas de computadoras desarrollados para ayudar en el proceso de la enseñanza aprendizaje, a continuación, se mencionan diferentes conceptos:

Para Zenteno et al. (2020) el software educativo es una herramienta de enseñanza en forma de programas con el fin de ser usados como medio didáctico, facilitando los procesos de aprendizaje y de enseñanza.

Por su parte, Capacho (2020), definen al software educativo como aplicaciones computacionales que facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Esto significa que las aplicaciones pueden tener diversas características funcionales y estructurales que apoyan la administración del aprendizaje y la enseñanza, y están orientadas tanto al autoaprendizaje como a la enseñanza directa, contribuyendo al desarrollo de habilidades cognitivas.

Mientras que Gutiérrez (2020) describe el software educativo como un producto tecnológico diseñado para apoyar los procesos educativos, beneficiando tanto a aprendices como a educadores, de manera similar a como lo haría un libro o un video, pero utilizando códigos y formatos específicos.

Para Zúñiga et al. (2020), es fundamental el software educativo para fomentar el interés en la tecnología educativa, lo que ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades cognitivas, autónomas y tecnológicas, promoviendo así una mayor participación en el aula.

Por otro lado, Ibarra-Corona et al. (2021) mencionan que, desde una perspectiva contemporánea, el software educativo solo puede clasificarse según su propósito: en la categoría de software constructivista o en la de gamificación. El software constructivista se basa en la teoría del aprendizaje constructivista, que sostiene que los estudiantes construyen su propio conocimiento mediante la interacción activa con el material de estudio y ofrece retroalimentación específica para guiar el proceso de aprendizaje. En contraste, el software de gamificación se caracteriza por la incorporación de elementos como desafíos, recompensas, niveles

y competencia para hacer el aprendizaje más atractivo, además de proporcionar retroalimentación inmediata sobre el desempeño a través de puntos y medallas.

Según Ibarra-Corona et al. (2021), el profesor tiene la responsabilidad de decidir cómo integrar la tecnología en el aula. Aunque el software puede ser utilizado de diversas maneras, modificando o eliminando elementos específicos de una categoría, puede afectar los resultados.

Por lo anterior, el software educativo constituye la base tecnológica sobre la cual se diseñan entornos de aprendizaje, adaptados al nivel del alumno y con herramientas interactivas que mejoran su aprendizaje. Por ello, este software permite la retroalimentación inmediata para facilitar el aprendizaje en un entorno inclusivo.

Educación inclusiva

La educación inclusiva garantiza la presencia, la participación y los logros de todos los individuos conjuntamente en las oportunidades de aprendizaje. Garantiza que las políticas, prácticas e instalaciones educativas respondan a la diversidad de todos los individuos en el contexto. Por lo tanto, la educación inclusiva significa garantizar la eliminación de estas barreras a la participación y el aprendizaje. Lo anterior permite que los planes de estudio, las metodologías de enseñanza y los materiales didácticos se adapten a todos los estudiantes, incluidos los que tienen discapacidades (INEE, 2024).

Marco legal de la educación inclusiva

La educación inclusiva desde el punto de vista jurídico es fundamental, ya que establece el derecho que tienen todas las personas a una educación de calidad y sin discriminación. Desde este punto de vista se aborda la definición de la educación inclusiva tomando como marco legal la Ley General de Educación (LGE), Art. 61, 62, 07 abril 2024 (México), en el Capítulo VIII denominado “De la educación inclusiva”, donde establece:

Artículo 61. *La educación inclusiva se refiere al conjunto de acciones orientadas a identificar, prevenir, reducir y eliminar las barreras que limitan el acceso, permanencia, participación y aprendizaje de todos las y los educandos, al eliminar prácticas de discriminación, exclusión y segregación.*

La educación inclusiva se basa en el reconocimiento y la valoración de la diversidad, adaptando el Sistema Educativo Nacional para responder con equidad a las características, necesidades, intereses, capacidades, habilidades, ritmos y estilos de aprendizaje de todos y cada uno de las y los educandos.

Artículo 62. *El Estado asegurará la educación inclusiva en todos los tipos, niveles, modalidades y opciones del Sistema Educativo Nacional, con el fin de favorecer el aprendizaje de todas las y los estudiantes, con énfasis en los que están excluidos, marginados o en riesgo de estarlo.*

El software educativo que propone este capítulo contribuye a atender una de las barreras: la discriminación. Su importancia radica en preservar la lengua materna del zapoteco diidxazá y la adquisición de conocimiento sin fronteras, además de fortalecer la educación inclusiva. Hace uso de la inteligencia artificial en la detección de objetos y traducción de texto en tiempo real, permitiendo al alumno enriquecer y personalizar su propia experiencia de aprendizaje.

Lengua materna

Enseñar la lengua materna es una estrategia imprescindible para remover barreras de la inclusión, ya que limitan la participación y el aprendizaje de alumnos de comunidades indígenas. Es un pilar que sostiene la diversidad, la creatividad, la historia y la identidad de las comunidades.

En este contexto, la UNESCO (2024) define la lengua materna “como aquella que una persona aprendió primero, con la que se identifica, la que conoce mejor y

usa con mayor frecuencia; la educación en lengua materna se reconoce como un pilar para el aprendizaje multilingüe inclusivo”.

Por lo tanto, desde esta mirada, la lengua materna no solo es un medio de instrucción, sino también un eje de inclusión y equidad. Implementar el software educativo para el aprendizaje de una lengua materna permite interactuar con los recursos pedagógicos haciendo uso de la inteligencia artificial para su aprendizaje. En este sentido, las lenguas maternas como el Zapoteco diidxazá son guardianes de la libertad de los pueblos originarios de Oaxaca, impulsores de la inclusión social y agentes fundamentales para el fortalecimiento de la multiculturalidad, los valores y las lenguas originarias, favoreciendo así la transmisión cultural intergeneracional.

De acuerdo con el catálogo de Lenguas Indígenas Nacionales: “México cuenta con 68 pueblos originarios, con una diversidad lingüística de 69 lenguas, incluido el español, que provienen de 11 familias lingüísticas y que tienen 364 variantes dialécticas” (INALI, 2019). En México las lenguas originarias más habladas son: náhuatl, chol, totonaca, mazateco, mixteco, zapoteco, otomí, tsotsil, tzeltal y maya (tabla 1).

Tabla 1. Lenguas maternas y hablantes en México (de 3 años y más) al 2015

Lengua materna	Total	Hombres	Mujeres
Mazateco	239,078	113,468	125,610
Chol (Ch’ol)	251,809	124,762	127,047
Totonaco	267,635	129,691	137,944
Otomí	307,928	148,707	159,221
Zapoteco	479,474	228,247	251,227
Tsotsil	487,898	237,382	250,516
Mixteco	517,665	242,859	274,806
Tzeltal	556,720	273,418	283,302
Maya	859,607	439,657	419,950
Náhuatl	1,725 620	836,144	889,476

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de (INEGI, 2015)

La tabla 1 muestra que 5,693,434 hombres y mujeres hablan una lengua materna en México, de los cuales el 8.42% hablan zapoteco (INEGI, 2015).

Herramientas tecnológicas: Inteligencia Artificial

Dada la importancia que tiene el área de educación, se hace uso de herramientas tecnológicas innovadoras como la Inteligencia Artificial (IA). Russell y Norvig (2020) definen la IA como el campo de estudio que busca desarrollar sistemas computacionales capaces de realizar tareas que, tradicionalmente, requerirían inteligencia humana, lo cual incluye el aprendizaje automático, la resolución de problemas, la planificación, el procesamiento del lenguaje natural y la percepción sensorial, ellos presentan diversos enfoques para definir la IA, entre ellos el enfoque basado en el pensamiento humano y el enfoque orientado a la conducta racional de las máquinas.

Por otro lado, Ponce (2010) menciona que la IA “es una rama de las ciencias computacionales que se encarga de los símbolos y métodos no algorítmicos para la resolución de problemas”. Por lo anterior, la IA es la rama de la computación con mayor crecimiento en los últimos años que tiene una diversidad de aplicaciones, una de ellas es el software educativo.

En este proyecto, el software educativo hace uso de la inteligencia artificial en la detección de objetos y traducción de texto en tiempo real, permitiendo al alumno aprender, enriquecer y personalizar su propia experiencia de aprendizaje, ya que parte del interés del usuario, tomando como base el modelo pedagógico de la teoría crítica basada en proyectos.

Por lo anterior, Jolibert (1995) afirma que la pedagogía de proyectos constituye una estrategia formativa que permite romper con el modelo de la escuela tradicional y con los roles de maestros y alumnos, e instaurar una apuesta democrática y un proceso pedagógico en el que todos participan desde la misma planificación hasta la ejecución y evaluación del proyecto, como una manera

también de lograr aprendizajes significativos que, además, son susceptibles de ser desarrollados al interior de un área específica consecuente con este enfoque pedagógico.

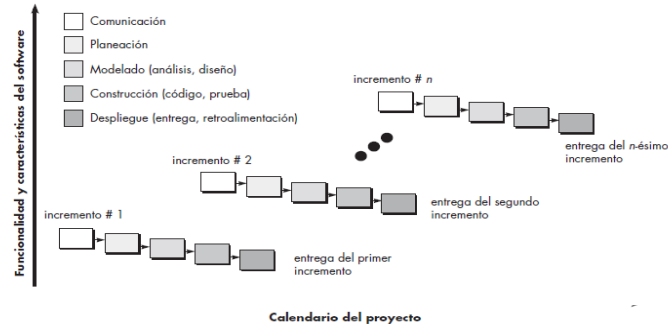
Modelo de desarrollo de software

La Ingeniería de Software es una disciplina de la informática que aplica principios científicos, matemáticos y de gestión para el diseño, construcción, prueba y mantenimiento de sistemas de software de alta calidad. Su propósito es garantizar que los productos sean confiables, eficientes y se ajusten a los requerimientos del usuario y del contexto donde se aplican (Sommerville, 2020).

En este sentido, el modelo incremental propone la construcción del software de manera progresiva. En cada etapa incremental se agrega una nueva funcionalidad, lo que permite ver resultados de una forma más rápida en comparación con el modelo en cascada. El software se puede empezar a utilizar incluso antes de que se complete totalmente y, en general, es mucho más flexible que las demás metodologías (Santander 2024).

Por otro lado, Pressman (2010) menciona que el modelo incremental combina elementos de los flujos de proceso lineal y paralelo. Aplica secuencias lineales en forma escalonada a medida que avanza el calendario de actividades. Cada secuencia lineal produce “incrementos” de software susceptibles de entregarse, que van creciendo progresivamente hasta completar el sistema final (figura 1).

Figura 1. Fases del modelo incremental.



Fuente: Pressman (2010).

Metodología

Para este proyecto se utilizó el enfoque cualitativo bajo los principios de la Investigación Basada en Diseño (Design-Based Research, DBR). La investigación cualitativa emplea estrategias investigativas para la comprensión de las acciones humanas en su contexto real, así, quienes investigan interactúan con los participantes de forma natural, para vivenciar las realidades tal como son vividas por ellos (Chaves, 2007).

En este contexto, y basado en Coicaud (2021), la DBR se adopta como enfoque metodológico flexible y pragmático, cuyo objetivo no es únicamente describir o explicar fenómenos educativos, sino intervenir en ellos mediante el diseño, implementación y evaluación de propuestas didácticas innovadoras, mediadas por tecnología digital.

De acuerdo con Coicaud (2021), la DBR se sustenta en tres principios esenciales: un enfoque pragmático orientado a transformar la realidad educativa, un trabajo colaborativo que involucra a todos los actores del proceso formativo y un carácter iterativo y flexible, que permite revisar, ajustar y redefinir las propuestas a partir de las evidencias obtenidas en su implementación.

El presente capítulo se organizó siguiendo las etapas metodológicas propias de la DBR, como las sistematiza Coicaud (2021). 1) Enfocar: se definió el problema central relacionado con la falta de comunicación, inclusión y discriminación. 2) Entender: se caracterizó el contexto institucional, las necesidades de los estudiantes y las dificultades detectadas en torno a este contenido, determinando los requerimientos. 3) Definir: se establecieron el objetivo general como específico, la justificación y las limitaciones del proyecto. 4) Concebir: Se diseñó una propuesta de software educativo interactivo utilizando el modelo de desarrollo de software incremental a través de cinco fases: comunicación, planeación, modelado, construcción y despliegue. 5) Construir: se desarrolló un prototipo funcional del software integrando diversos módulos como el traductor, el diccionario trilingüe, el reconocimiento de objetos, el traductor de texto, las sesiones de aprendizaje y los juegos interactivos lúdicos. 6) Testear: se aplicaron las pruebas funcionales centradas en el usuario para determinar el funcionamiento del software. 7) Presentar: se mostró el software con los alumnos y directora de la escuela primaria para validar su funcionamiento y una vez obtenidos los resultados, observaciones de los alumnos se adecuó nuevamente los requerimientos del software

Resultados

La elaboración de este proyecto marca un avance crucial en la preservación del zapoteco diidxazá, abordando con éxito la preocupante disminución de hablantes y la pérdida de esta lengua ancestral mediante el uso innovador de nuevas tecnologías. El software educativo ha logrado ofrecer recursos educativos interactivos y accesibles para aprender zapoteco diidxazá y convertirse en un motor de revitalización cultural, ya que su impacto trasciende el ámbito tecnológico y educativo al fortalecer la valoración y preservación de esta lengua ancestral en la comunidad.

Este proyecto fue contextualizado en la escuela primaria “Melchor Ocampo”, clave:20DPR3203Z, ubicada en el municipio de San Martín Mexicapam,

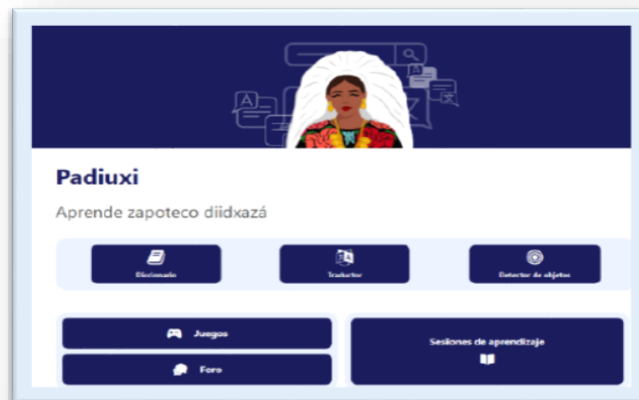
perteneciente a Oaxaca de Juárez. Bizaá' fue probado con los alumnos de tercero, cuarto, quinto y sexto grado. Esta escuela tiene como característica especial que son alumnos que migraron de diferentes comunidades del Estado y que algunos no fueron aceptados en otras instituciones por su origen, cultura, su pobreza y su lengua, ya que muchos de ellos no hablan español.

Se logró integrar sesiones de aprendizaje y evaluaciones que abarcan aspectos lingüísticos y culturales del zapoteco diidxazá para la educación inclusiva, se incorporó un diccionario trilingüe con diferentes tipos de búsqueda, voces trilingües que permiten a los alumnos escuchar y aprender la pronunciación correcta de las palabras en zapoteco diidxazá, español e inglés.

En el software se implementó un traductor bidireccional, así como un detector de objetos en tiempo real con inteligencia artificial y traducción automática, además de un detector de texto en imágenes. Asimismo, se desarrollaron juegos interactivos, un foro colaborativo que refuerza los conceptos aprendidos. Es importante decir que la parte de las sesiones de aprendizaje interactivas y recursos multimedia del software está basada en el modelo pedagógico de la teoría crítica por proyectos que permite el aprendizaje para la educación inclusiva.

En el caso del módulo de detección de objetos, se aplicó la inteligencia artificial a través de una red neuronal artificial de tipo convolucional para la detección y el reconocimiento de imágenes; para la traducción automática se utilizó TensorFlow y el modelo COCO-SSD por sus siglas en inglés (Common Objects in Context - Single Shot Multibox Detector) que permite acceder a la cámara web para capturar las imágenes y para detectar y etiquetar los objetos en tiempo real, además de la traducción automática de texto. En la Figura 2, se muestra la pantalla principal de este desarrollo.

Figura 2. Pantalla principal del software



Fuente: elaboración propia.

El módulo de sesiones de aprendizaje y evaluaciones contiene lecciones interactivas que abarcan áreas clave del idioma zapoteco diidxazá, como vocabulario, y pronunciación, videos y grabaciones de audio. Permite a los usuarios realizar un seguimiento de su progreso y evaluaciones en el aprendizaje del idioma, ofreciendo retroalimentación personalizada de forma instantánea, como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Sesiones de aprendizaje y evaluaciones.



Fuente: elaboración propia.

También cuenta con un diccionario con diferentes tipos de búsqueda avanzada, voces trilingües que permiten a los usuarios escuchar y aprender la pronunciación correcta de las palabras en zapoteco diidxazá, español e inglés, como se visualiza en la Figura 4.

Figura 4. Sesiones de aprendizaje y evaluaciones.



Fuente: elaboración propia.

Además, contiene un Traductor Bidireccional Multilingüe de Zapoteco Diidxazá a español e inglés, y viceversa, permitiendo la traducción de frases y palabras, ver la Figura 5.

Figura 5. Traductor Bidireccional Multilingüe.



Fuente: elaboración propia.

Las Figuras 6 y 7 muestran la implementación del módulo de Detector de objetos con inteligencia artificial y la traducción automática de una imagen elegida desde la galería de fotos o bien desde una imagen tomada desde la cámara en tiempo real.



Figura 6. Reconocimiento de objetos a través de la inteligencia artificial.

Fuente: elaboración propia.

El software también cuenta con un detector de texto en tiempo real

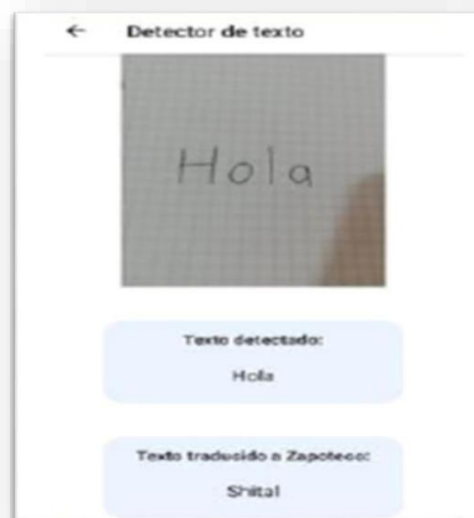


Figura 7. Detector y traductor de texto.

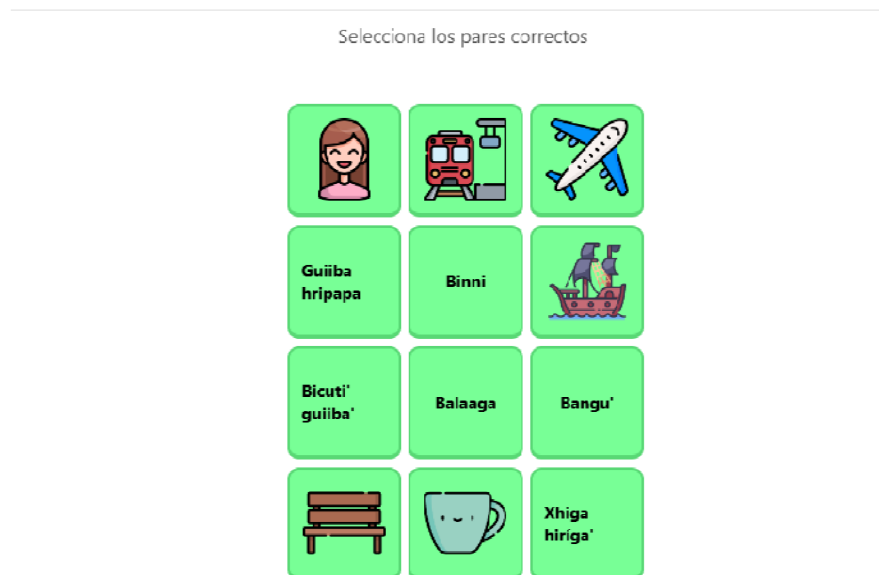
Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los juegos interactivos, se implementaron diversos juegos como crucigrama, encuentra palabra, ordena palabras, forma palabra, adivina palabra y

encuentra pares para practicar y reforzar los conceptos aprendidos del zapoteco Diidxazá, como se muestra en la Figura 8.

Es importante decir, que la parte de las sesiones de aprendizaje interactivas y juegos lúdicos del software educativo está basada en el modelo pedagógico de la teoría crítica por proyectos. En este contexto, Ramírez (2008) sostiene que “la pedagogía crítica considera el proceso educativo desde el contexto de la interacción comunicativa; analiza, comprende, interpreta y transforma los problemas reales que afectan a una comunidad en particular”.

Figura 8. Encuentra pares.



Fuente: elaboración propia.

Por lo anterior, Bizaá', es una aplicación que cuenta con un diccionario trilingüe (zapoteco-español-inglés) con 23 mil palabras con diferentes tipos de búsqueda, voces trilingües que permite a los alumnos escuchar y aprender la pronunciación correcta de las palabras en zapoteco diidxazá, español e inglés, cuenta con un traductor, bidireccional (zapoteco-español, español-zapoteco) , además de diferentes juegos lúdicos con multimedia para aprender el zapoteco,

cuenta con sesiones de aprendizaje y está basado en el modelo pedagógico de la teoría crítica basada en proyectos.

Análisis y discusiones

A pesar de los desafíos encontrados, como la falta de recursos didácticos previos y las barreras tecnológicas, Bizaá' ha demostrado ser una solución para preservar la lengua materna del zapoteco diidxazá.

Bizaá' posee un diccionario inglés-español-zapoteco, además cuenta con un traductor para la mayoría de los idiomas permitiendo una sensibilización global sobre la importancia de preservar las lenguas originarias y la adquisición de conocimiento sin fronteras.

La detección de objetos con inteligencia artificial permite al usuario aprender a través de lo que le rodea ya que con la cámara puede detectar 80 imágenes, el archivo se puede seleccionar de tipo imagen como png, jpeg, jpg desde el equipo de cómputo o bien utilizando la cámara del dispositivo móvil.

La implementación del diccionario trilingüe contiene 23 mil palabras, la funcionalidad permite realizar la búsqueda de la palabra y se obtiene la traducción y el audio en zapoteco, español e inglés. Permite la consulta por palabras, contiene en, empieza con y termina con o bien por categorías. Esto permite mejorar la pronunciación y comprensión de palabras en Zapoteco diidxazá.

Las lecciones diseñadas con elementos significativos de la comunidad zapoteca han generado una conexión más cercana con la lengua y la cultura. La inclusión de expresiones auténticas ha enriquecido la experiencia de aprendizaje, ofreciendo a los usuarios un enfoque práctico y relevante.

El software proporciona retroalimentación instantánea, permitiendo a los usuarios corregir errores y mejorar habilidades de inmediato, ya que participan activamente en la traducción y pronunciación, contribuyendo así, a un aprendizaje significativo, cuenta con juegos lúdicos, sesiones de aprendizaje con grabador de voz que permite a los usuarios escuchar y aprender la pronunciación correcta de las palabras en Zapoteco diidxazá, español e inglés, es decir, el alumno puede grabarse y escucharse las veces que sea necesario y reproducir el audio hasta que considere se escuche igual al audio original.

La obtención de diplomas virtuales al completar niveles se percibe como un logro personal, estimulando la continuidad en el aprendizaje.

Bizaá', no solo ha cumplido con éxito su objetivo planteado al proporcionar recursos educativos interactivos y accesibles para aprender zapoteco diidxazá, sino que también ha superado las expectativas al convertirse en un catalizador para la conexión cultural y la valorización de la identidad de los pueblos originarios en la preservación de la lengua zapoteca.

Conclusiones

El software educativo es de suma importancia para el aprendizaje desde la mirada de la educación inclusiva, permite al alumno interactuar de forma intuitiva, amigable con el sistema en cualquier momento y desde cualquier lugar desde su contexto real.

La inteligencia artificial hoy en día, juega un papel predominante en la vida cotidiana, desde la traducción automática de idiomas, reconocimiento facial, proyecciones empresariales, predicciones financieras, predicción de carteras, salud, entre otras áreas, sin embargo, enfrenta desafíos en el ámbito de la educación, al innovar en las prácticas de enseñanza y aprendizaje.

Implica también retos como debates sobre políticas educativas, marco normativo sobre el proceso de la enseñanza aprendizaje que son difíciles de

superar, ya que se debe garantizar el uso ético y la inclusión de la inteligencia artificial en la educación, esto significa, como se puede aplicar la IA para mejorar la educación de manera colectiva y social.

Según la UNESCO la educación inclusiva es un proceso orientado a responder a la diversidad de necesidades de todos los estudiantes incrementando su participación en el aprendizaje, la cultura y las comunidades, reduciendo y eliminando la exclusión en y desde la educación.

Sin embargo, la inclusión educativa va más allá de la enseñanza en el aula, implica modificar sustancialmente en la parte de la administración como: la estructura, funcionamiento y propuestas pedagógicas de las escuelas para dar respuesta a las necesidades educativas de todos y cada uno de sus alumnos, de manera que todos tengan éxito en su proceso de aprendizaje y participen en igualdad de condiciones.

Implica también que la implementación en las aulas requiere mayor esfuerzo y dedicación de los docentes y su formación específica. No solo los alumnos deben de adaptarse, asimilar y prepararlos para que puedan ser incluidos en el sistema educativo, sino más bien, se refiere a que el sistema educativo y las escuelas deben de cambiar su propuesta, su estructura y funcionamiento para poder atender la diversidad en las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

Por lo tanto, la realización de este proyecto marca un avance crucial en el aprendizaje para la educación inclusiva en la preservación de la lengua materna del zapoteco diidxazá, mediante el uso innovador de nuevas tecnologías y la inteligencia artificial.

El software educativo no solo ofrece recursos educativos interactivos y accesibles para aprender la lengua materna, sino también se convierte en un motor

de revitalización cultural ya que su impacto trasciende el ámbito tecnológico y educativo al fortalecer la cultura, los valores y la preservación de la lengua materna.

Finalmente, la importancia del desarrollo del software educativo en la educación inclusiva para el aprendizaje de la lengua materna del zapoteco radica en la preservación cultural, ya que este contribuye significativamente a la conservación y revitalización del zapoteco diidxazá, al proporcionar acceso a recursos educativos para que más personas tengan la oportunidad de conocer y aprender; además de contribuir a la protección de la diversidad lingüística al brindarles a las comunidades hablantes del zapoteco una herramienta tecnológica para preservar su idioma. Es una nueva forma de aprendizaje que permite a las todas las personas promover la lengua de los pueblos originarios.

Referencias

- Booth, T., Ainscow, M., Black-Hawkins, K., Vaughan, M. & Shaw, L. (2000). *Index for inclusion: Developing learning and participation in schools*. Centre for Studies on Inclusive Education.
- Capacho, A. M. (2020). Integración de la educación digital y los aportes de las TIC, JCLIC a los procesos de enseñanza y aprendizaje en la escuela. *Revista Pensamiento Udecino*, 4(1), 93-108.
<http://portal.amelica.org/amelijournal/301/3011614007/html/>
- Chaves-Salas, A. L. (2007). *Investigación-acción colaborativa: un encuentro con el quehacer cotidiano del centro educativo para su transformación*. Instituto de Investigación en Educación, Universidad de Costa Rica.
<https://repositorio.inie.ucr.ac.cr/handle/123456789/220>
- Coicaud, S. (2021). La Investigación Basada en Diseño para propuestas de formación virtual. *Locus Digital*, 2(1), 22-37.
<http://www.edunp.unpsjb.edu.ar/revistas/index.php/locus/article/view/399>
- Gutiérrez, M. (2020). Software educativo como recurso para el aprendizaje en la carrera de Estomatología en Holguín. *Correo Científico Médico*, 24(2), 781-793. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812020000200781&lng=es&tlng=es.
- Honorable Congreso de la Unión. (2024, 07 de junio) Ley General de Educación. Capítulo VIII, Artículos 61-68 (reformas sobre Educación Inclusiva). *Diario Oficial de la Federación*, Tomo DCCCXLIX, p. 1.
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lge/LGE_ref03_07jun24.pdf
- Ibarra-Corona, D., Escudero Nahón, A., Ibarra Corona, M., & Vargas Díaz, J. A. (2021, mayo 10). *Análisis Crítico al Concepto de «Software Educativo»: Una Cartografía Conceptual*. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Chetumal 2021*, 13(3), 372–377. https://www.researchgate.net/publication/352398966_Analisis_Critico_a_l_Concepto_de_Software_Educativo_una_Cartografia_Conceptual
- Instituto Nacional de Lenguas Indígenas. (2008). *Catálogo de las lenguas indígenas nacionales: Variantes lingüísticas de México con sus autodenominaciones y referencias geoestadísticas*. Diario Oficial de la Federación.
http://www.inali.gob.mx/pdf/CLIN_completo.pdf
- Instituto Nacional de Lenguas Indígenas. (2008). (2016). *Estadística sobre las lenguas indígenas nacionales: Riesgo de desaparición grado 3*. Instituto Nacional de Lenguas Indígenas.

<https://www.inali.gob.mx/es/transparencia/indices-de-desarrollo-linguistico.html>

- Instituto Nacional de Lenguas Indígenas. (2019). *Catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales: 68 pueblos y 11 familias lingüísticas*. Instituto Nacional de Lenguas Indígenas. <http://www.inali.gob.mx/clin-inali/>
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2024). *Glosario de educación inclusiva*. <https://www.inee.org/es/glosario-EeE/educacion-inclusiva?>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Encuesta Nacional sobre Discriminación en México (ENADIS) 2017*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enadis/2017/doc/enadis2017_resultados.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020: Panorama sociodemográfico de México: Oaxaca*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197933.pdf
- Jolibert, J. (1995). *Formar niños productores de textos* (5a ed). Dolmen Ediciones
- Martínez, B. (2002). «La educación en la diversidad en los albores del siglo XXI». en D. Forteza y M. R. Rosselló (eds.), *Educación, diversidad y calidad de vida*. Palma: Universitat de les Illes Balears.
- Martínez, J. (2025). La Inteligencia Artificial en la Educación: Retos de infraestructura y equidad. *Revista de Innovación y Tecnología Educativa*, 12(1), 45-58. <https://doi.org/10.22201/cite.2025.1.12>
- Milenio Digital. (2019, 18 de febrero). Mayoría de lenguas indígenas en México, en riesgo de desaparecer. *Milenio*. <https://www.milenio.com/cultura/mayoria-lenguas-indigenas-mexico-riesgo-desaparecer>
- Ponce, F. (2010). *Inteligencia Artificial: resolución de problemas y métodos no algorítmicos*. Editorial Académica Española.
- Ponce, M. A. (2015). *Software educativo en el desarrollo del aprendizaje de la lectura del idioma inglés en niñas y niños del segundo año de educación general básica* [Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3932>

- Ponce, P. (2010). *Inteligencia artificial: Con aplicaciones a la ingeniería*. Alpha Editorial.
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico* (Séptima ed.). McGraw Hill.
- Ramírez, R. (2008). La pedagogía crítica: Una manera ética de generar procesos educativos. *Revista Folios*, (28), 108-119.
<https://doi.org/10.17227/01234870.28folios108.119>
- Russell, S., y Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Santander Universidades. (2024, 15 de abril). *Metodología incremental: qué es y cuáles son sus fases*. Santander Blog. <https://www.becas-santander.com/es/blog/metodologia-incremental.html>
- Sommerville, I., (2020), *software Engineering*, (10th ed.). Pearson.
<https://www.pearson.com/en-gb/subject-catalog/p/software-engineering-global-edition/P200000003251/9781292096148>
- Tapia, A. V. (2010). Multimedia, herramienta de apoyo al modelo de enseñanza-aprendizaje. *RIED Revista iberoamericana para la investigación y el Desarrollo Educativo*, 1(1).
<https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/1>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2022, 21 febrero). *Por qué la educación en la lengua materna es esencial*. UNESCO.
<https://www.unesco.org/es/articles/por-que-la-educacion-en-la-lengua-materna-es-esencial>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2024). *Educación en lengua materna: piedra angular del aprendizaje multilingüe e inclusivo*. <https://www.unesco.org/es/articles/educacion-en-lengua-materna-piedra-angular-del-aprendizaje-multilingue>
- Zenteno, F.A., Carhuachín, A.I., & Rivera, T.A. (2020). Uso de software educativo interactivo para la enseñanza y aprendizaje de la matemática en educación básica, Región Pasco. *Horizonte de la Ciencia*, 10(19), 178–190. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.596>
- Zúñiga, K. G., Espinel, E. E., y Hernández, C. A. (2020). Importancia del software educativo en el aprendizaje. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes* 2.0, 9(2), 222-230. <https://doi.org/10.37843/rtd.v9i2.165>

Certificado de evaluación

La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional**. Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano**, es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el capítulo de libro titulado **“Bizaá´ software educativo para la educación inclusiva de la lengua materna: Zapoteco Diidxazá”** presentado por las autoras **Eva Rafael Pérez, Maricela Morales Hernández y Marisol Altamirano Cabrera** ha sido sometido a un exhaustivo proceso de arbitraje por pares académicos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Su publicación en el libro titulado **“Innovación y creatividad: claves para el desarrollo regional”** estará disponible a partir del 9 de diciembre de 2025 en la Biblioteca digital de la Universidad Tecnocientífica del Pacífico.

Se extiende el presente certificado, a los 10 días del mes de noviembre del año 2025.

Transformando con Ciencias
 Tepic, Nayarit; México



Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
 Directora de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



César Alejandro González Guzmán
 Coordinador de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



Uso de aplicación web para la evaluación temprana de conocimientos sobre las TIC's en los egresados del nivel medio del distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca

DOI: 10.58299/UTP.261.C877

Autores

Moisés Adrián Hernández Luis

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Oaxaca

mahl107@itoaxaca.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-1583-2923>

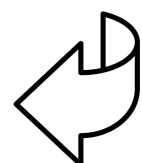
Armando Levid Rodríguez Santiago

Universidad Tecnológica

de los Valles Centrales de Oaxaca

levid.rodriguez@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5510-9394>



Uso de aplicación web para la evaluación temprana de conocimientos sobre las TIC's en los egresados del nivel medio del distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca

Use of a web application for the early assessment of ICT knowledge in high school graduates in the district of Zimatlán de Álvarez, Oaxaca

Resumen

Este estudio presenta el desarrollo de una aplicación web diseñada para evaluar los factores que influyen en el aprendizaje informático de egresados del nivel medio superior y predecir su posible desempeño académico universitario. La plataforma integra tecnologías modernas como MongoDB, Express, React, Python y Flask, mediante las cuales se recolectan datos a través de un formulario estructurado. La información obtenida se procesa con el algoritmo supervisado Random Forest para identificar patrones asociados al riesgo académico. Los resultados muestran que el modelo es funcional para generar predicciones iniciales, aportando un indicador temprano del nivel de preparación del estudiante. La herramienta constituye un apoyo docente para la detección oportuna de casos que requieren acompañamiento académico. Se concluye que la información recolectada es adecuada para alimentar modelos predictivos y que futuras ampliaciones podrían incorporar más variables y otros algoritmos para mejorar su precisión.

Palabras clave: algoritmo; aprendizaje; educación; inteligencia; software.

Abstract

This study presents the development of a web application designed to evaluate factors that influence computer literacy among upper-secondary graduates and to predict their potential academic performance in university-level technology programs. The platform integrates modern technologies such as MongoDB, Express, React, Python, and Flask to collect data through a structured questionnaire. The information gathered is processed using the supervised Random Forest algorithm to identify patterns associated with academic risk. Results indicate that the model is functional for generating preliminary predictions, providing an early indicator of each student's level of preparedness. The tool serves as a valuable support for instructors by enabling the early detection of students who may require academic assistance. The study concludes that the collected data are suitable for predictive modeling and that future work could incorporate additional variables and alternative algorithms to improve accuracy and broaden the application's analytical capabilities.

Keywords: algorithm; education; intelligence; learning; software.

Introducción

El acelerado avance de las tecnologías de la información y la creciente demanda de competencias digitales en el ámbito educativo y profesional han puesto en evidencia la necesidad de comprender, evaluar y fortalecer el nivel de aprendizaje informático adquirido por los estudiantes del nivel medio superior. En el caso particular del estado de Oaxaca, y específicamente del distrito de Zimatlán de Álvarez, los subsistemas de educación media superior presentan condiciones heterogéneas en infraestructura, habilidades docentes y recursos tecnológicos, factores que influyen directamente en la apropiación del conocimiento y en el desempeño académico posterior de los estudiantes que continúan su formación en áreas relacionadas con las tecnologías de la información.

Diversos estudios en educación, cognición y aprendizaje tecnológico han demostrado que las experiencias previas, el acceso a dispositivos, la calidad del acompañamiento docente y las percepciones individuales sobre la informática determinan tanto la construcción de representaciones mentales como la capacidad de aplicación práctica del conocimiento. Asimismo, con la expansión de metodologías pedagógicas orientadas al aprendizaje autónomo apoyado en tecnología, se vuelve imprescindible identificar con mayor precisión los factores que predisponen al éxito o rezago académico en asignaturas de corte informático.

En este contexto, el uso de técnicas de aprendizaje automático ha emergido como una estrategia eficaz para el análisis de datos educativos y la predicción temprana de patrones de riesgo académico. Los modelos supervisados, como Random Forest, permiten procesar grandes volúmenes de información, descubrir tendencias no triviales y generar estimaciones que contribuyen a la toma de decisiones docentes fundamentadas. No obstante, la aplicación de estos modelos en escenarios educativos locales, particularmente en comunidades con desigualdad tecnológica, ha sido limitada.

El presente estudio tiene como propósito desarrollar una aplicación web capaz de recopilar, organizar y analizar información relevante sobre el nivel de conocimientos informáticos de los egresados del nivel medio superior, con el fin de predecir de manera temprana posibles dificultades académicas al ingresar a programas universitarios relacionados con la informática. Mediante la integración de tecnologías web contemporáneas (MongoDB, Express, React, Python y Flask) y la implementación del algoritmo predictivo Random Forest, se busca generar un sistema funcional que ofrezca diagnósticos automatizados y facilite a los docentes la identificación de estudiantes en riesgo, contribuyendo así a estrategias de acompañamiento académico más oportunas y efectivas.

Este proyecto se fundamenta en la hipótesis de que el análisis sistemático de los datos recopilados mediante el formulario permitirá descubrir patrones significativos asociados al aprendizaje informático previo, y que dichos patrones podrán emplearse para anticipar el desempeño futuro de los estudiantes. La aplicación desarrollada no pretende sustituir la complejidad del fenómeno educativo ni abarcar variables psicosociales o personales no cuantificables; sin embargo, sí busca constituirse como una herramienta de valor para la orientación docente y para la mejora continua de la enseñanza de la informática en contextos con limitaciones tecnológicas.

Revisión teórica

Teoría cognitiva de la representación mental

EL cerebro construye estados cognitivos o de conocimiento a través de modelos: primero análogos, lineales, figuras, bordes, etc. Después pasan a un modelo lingüístico que transforma figuras en palabras con valor referencial que cumplen una función de interpretación y describen una realidad (UAEH, 2020).

La representación se da cuando esas imágenes externas que captamos en el ambiente, los transformamos en modelos, que nuestra mente a partir del lenguaje que se utiliza para representar ese objeto se toma la descripción y el significado. En

el lenguaje van inmersos unos conceptos que son: medio, contenido y relación representacional (Moreira, 2002).

Dentro de los cuales la “semejanza” es igual a la imagen que representa a un objeto; lo que llama la atención en realidad es el conjunto de propiedades de ese objeto en particular. La causalidad que explica todo lo que aprendemos es por una causa que el objeto provoca por una particular atención que se le pone y se obtiene de él información que se convierte en un conocimiento, esto por sus características y propiedades (Moreira, 2002).

Todo esto lleva a realizar una función representacional, la cual deberá cumplir dentro de nuestro complejo sistema neuronal una función que deberá ser interpretada por nuestro cerebro, almacenada y traducida en una conducta.

En este caso el conocimiento sería el resultado del funcionamiento de una intrincada red de millones de neuronas, comunicadas entre sí por sus dendritas y que van creando caminos y decisiones.

La representación se hallaría distribuida a través de esas redes de unidades y conexiones y los pulsos eléctricos; así pues, la mente, el conocimiento, la percepción y actitud participan como parte fundamental de la comprensión cognitiva de las personas; son operaciones neuronales cuya funcionalidad radica en dar a la persona la capacidad de adaptación (UAEH, 2020). En un sentido estricto, es la imagen de una cosa (incluyendo personas) o proceso en la conciencia humana independiente de la presencia corpórea de lo representado, que queda almacenado en la memoria de un individuo, a partir de una percepción previa.

Tendencia pedagógica tecnológica

En las tendencias pedagógicas son formas del trabajo que se ha de desarrollar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como el papel que se le asigna tanto al educando como al educador y se plantean así mismo las repercusiones que éstas hayan podido tener en la práctica pedagógica (Bonafé, 1996).

Las tendencias pedagógicas contemporáneas responden al reclamo social de una formación que les permita a los sujetos resolver problemas de diferente índole de forma autónoma y responsable (Bonafé, 1996).

Esto significa, poder enfrentar la búsqueda de soluciones, encontrar una respuesta y tener algún control sobre ésta; los problemas que se presentan implican encontrar respuestas nuevas a preguntas también nuevas.

La tendencia educativa tecnológica es parte de la evolución y constante modernización por la que pasa la humanidad: ya que encamina a los aprendizajes escolares al dominio y manejo de las tecnologías como herramientas fundamentales que acompañan a los estudiantes en las áreas informáticas modernas basadas en tecnología nube, blockchain, entre otros (Digital House, 2024).

Insta a que el maestro enseñe al alumno a aprender por sí mismo. Entre sus tareas debe enseñar a los estudiantes el valor de lo aprendido y ayudarles a relacionar el nuevo aprendizaje en los esquemas conceptuales con los que vive su vida. Se busca que el profesor, se centre en la adaptación de las necesidades educativas actuales.

Cada alumno puede avanzar a su ritmo, lo que le permite desarrollar el conocimiento en el momento. Libera al profesor y al alumno de las aburridas exposiciones de contenido en las que el aprendizaje no puede asegurarse.

Estamos viviendo en la cuarta revolución industrial, donde la mercancía con mayor valor es la información. Esta era está produciendo un grupo de personas que adquieren conocimiento, mediante el uso de la mente más que en el uso del músculo y el conocimiento se consagra con herramientas como la inteligencia artificial, el internet de las cosas y el big data (Digital House, 2024).

Modelo de aprendizaje aplicable a la informática

Uno de los modelos de aprendizaje como lo es el “Procesamiento de la Información”, sería una excelente forma de enseñanza para la informática, pues esta se asemeja al funcionamiento de una computadora; entrada de datos, procesamiento de datos y salida de información (Biblioteca ITAM, 2010).

Este modelo de aprendizaje en donde los elementos más importantes de explicación son las instancias internas (en este caso la operación general de una computadora) tendría la actuación “dinámica” del profesor para que este diseñe la estimulación al alumnado y estos expongan sus respuestas a temas informáticos (Biblioteca ITAM, 2010).

Un aporte personal sería aplicar la metodología de enseñanza conductual dentro de la informática; pues algunos conocimientos son abstractos y se necesita mucha repetición para memorizarlos y después aplicarlos algún caso de uso.

Un ejemplo claro de ello es la materia de la programación, que es una parte de la informática donde el código que se desarrolla sólo funciona integrando las variables que podemos decir que actúan como estímulos que ocasionan o sirven para dar una respuesta correcta o incorrecta.

Son varias críticas y desventajas que se le atribuyen a esta teoría, si bien es cierto Watson no puntualizó muchas ideas que quedaron inconclusas: las aportaciones que esta dan sobre todo a la educación son de importante estudio y reflexión. Pero dada la situación el docente de informática es el único que sabe hasta donde se puede aplicar esta teoría y que consecuencias se tendrán (De la mora, 1990).

La educación general y específica (como lo es la informática) dentro de la escuela es parte de un adiestramiento para el ser humano, donde se le enseña a utilizar primeramente el lenguaje innato que se utiliza dentro de nuestra cultura o sociedad; para lograr así una comunicación con los demás; así como el conocer a los objetos (computadora) que este necesitará emplearlos de tal forma que lo ayuden a solucionar problemas reales de su vida diaria.

Ahora bien, un licenciado o ingeniero en informática (que por lo regular son los que imparten las materias de informática) que no cuenta con imaginación e inventiva, sin conocimientos adecuados o sin amor por lo que hace, echará a perder las aspiraciones de los estudiantes que realmente quieren aprender a usar correctamente la herramienta.

El profesor debe fomentar la creatividad de los estudiantes; deben jugar con la tecnología de punta, que el maestro-alumno realice investigaciones juntos, todo

esto para encontrar nuevas soluciones y estimular la invención de nuevos dispositivos o aplicaciones.

En informática los programas educativos se vuelven obsoletos en muy corto tiempo, por lo que los cursos deben diseñarse de tal manera que puedan incorporar los avances conceptuales y tecnológicos que existen en la actualidad y que en otros países ya ocupan desde hace un buen tiempo.

El aprendizaje automático: machine learning

El aprendizaje automático es una rama de las ciencias computacionales que ha adquirido gran auge en los últimos años sobre todo después de la pandemia mundial del covid19.

Podemos definir el concepto de machine learning de acuerdo con Espinosa (2020), como el campo de estudio que permite que las computadoras tengan la habilidad de aprender mediante la aplicación de algoritmos que simulan los procesos del pensamiento humano.

Este concepto abarca una amplia gama de técnicas que se clasifican en dos grandes tipos:

- Aprendizaje supervisado, donde se tiene una variable objetivo y se entrena a un programa informático con un conjunto de datos para aplicar el resultado en un nuevo conjunto de datos.
- Aprendizaje no supervisado, en el cual no se tiene variable objetivo y el programa informático debe encontrar patrones y relaciones en un conjunto de datos.

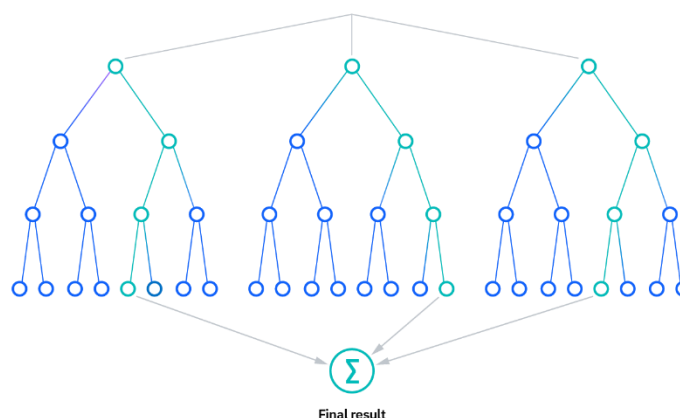
Para este proyecto, se utilizó el algoritmo Random Forest que se muestra en la Figura 1. Este algoritmo es una técnica de aprendizaje supervisado que genera múltiples árboles de decisión sobre un conjunto de datos de entrenamiento: los resultados obtenidos se combinan a fin de obtener un modelo único más robusto en comparación con los resultados de cada árbol por separado (Espinosa, 2020).

Los árboles de decisión son representaciones gráficas, de las posibles soluciones a una decisión basadas en ciertas condiciones que son evaluadas

jerárquicamente, los árboles de decisión, es de los algoritmos de aprendizaje supervisado más utilizados en machine learning (Na8, 2020).

Para obtener el árbol óptimo, hay que determinar entre todos los árboles posibles desde el nodo raíz y los subsiguientes; medir y valorar de alguna manera las predicciones logradas para después compararlas todas y obtener la mejor. La división de nodos continuará hasta que lleguemos a la profundidad máxima posible del árbol ó se limiten los nodos a una cantidad mínima de muestras en cada hoja (Na8, 2020).

Figura 1. Múltiples árboles de decisiones Random Forest



Fuente: IBM, 2020.

De acuerdo a Espinosa (2020), cada árbol se obtiene mediante un proceso de dos etapas:

- Se genera un número considerable de árboles de decisión con el conjunto de datos. Cada árbol contiene un subconjunto aleatorio de variables m (predictores) de forma que $m < M$ (donde M = total de predictores).
- Cada árbol crece hasta su máxima extensión. Cada árbol generado por el algoritmo Random Forest contiene un grupo de observaciones aleatorias elegidas mediante bootstrap, que es una técnica estadística para obtener muestras de una población donde una observación se puede considerar en más de una muestra.

Las observaciones no estimadas en los árboles, también conocidas como “out of the bag”, se utilizan para validar el modelo. Un modelo predictivo es un sistema o herramienta que utiliza datos históricos y técnicas estadísticas para

identificar patrones y predecir resultados o comportamientos futuros (Espinosa 2020).

Sistemas educativos medio superior en el distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca

A través de la Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS), encargada de coordinar el trabajo y las actividades de las instituciones educativas que brindan el plan de estudios del Bachillerato General; en Oaxaca coordina los siguientes subsistemas que tienen planteles en las poblaciones pertenecientes al distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca.

- Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios
Los Bachilleratos Tecnológicos son un subsistema de Educación media Superior que permiten a los estudiantes cursar su bachillerato a la par de una carrera profesional y técnica; planteles en el distrito de Zimatlán de Álvarez: CBTIS 248 - Zimatlán de Álvarez.
- Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado
Los Bachilleratos Tecnológicos son un subsistema de Educación media Superior creado en 1996 como respuesta al programa nacional para la modernización educativa 1990-1994; planteles en el distrito de Zimatlán de Álvarez: CECYTE 37 - San Gabriel Mixtepec y CECYTE 25 - San Pablo Huixtepec.
- Instituto de Estudios de Bachillerato del Estado de Oaxaca
Subsistema estatal derivado del anterior Telebachillerato creado en el sexenio del Sr José Murat Casab exgobernador de Oaxaca; planteles en el distrito de Zimatlán de Álvarez: IEBO 17 - San Pedro el Alto, IEBO 16 - Santa Gertrudis, IEBO 171 - Santa Ana Tlapacoya y el IEBO 112 – La Ciénega.

Cada uno de estos sistemas y subsistemas educativos medio superior en el estado están enfocados al trabajo productivo, dentro de sus currículos se integran materias de informática y sus egresados en su mayoría tienen la especialidad.

En este sentido, es importante mencionar que según datos de la encuesta nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares del INEGI, en 2020 el 43.8% de los hogares mexicanos contaba con una computadora, lo que equivale a 16.9 millones de viviendas. También, el 90.4% de los hogares tenía al menos un televisor, mientras que en el censo se registró una posesión del 88.8% en teléfonos celulares y 56.2% en internet (INEGI,2020). Esto permite deducir el avance significativo de las familias mexicanas por obtener y utilizar la tecnología disponible en el mercado para su uso personal, escolar y esparcimiento.

Metodología

Para desarrollar desde cero esta aplicación web se decidió utilizar la metodología ágil Kanban, debido a su facilidad de implementación y por su eficiente manera de actualizar los avances de las tareas del equipo de trabajo, así como conocer el estado del proyecto en todo tiempo de manera visual mediante un tablero que distribuye las actividades en tres columnas: pendiente, en progreso y terminado.

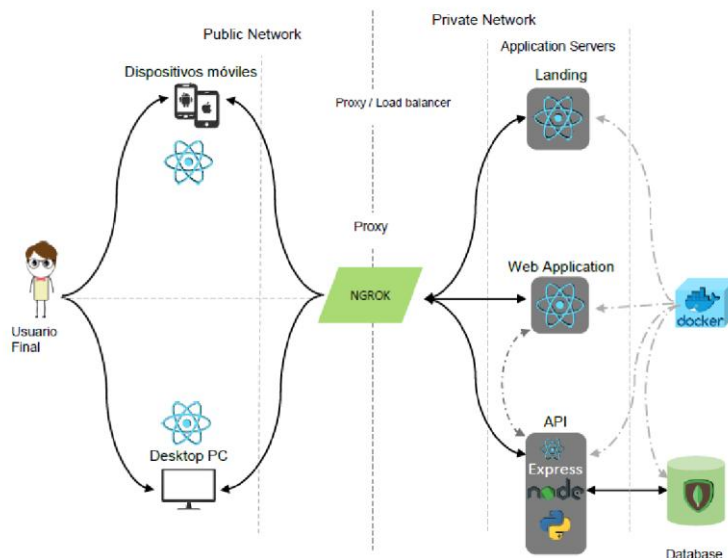
Para ello se definieron las tareas principales que conformarán este desarrollo de la aplicación web y que se detallan a continuación.

Diseño de aplicación web

Implementar una arquitectura sofisticada basada en tecnologías web actuales, que garantice el éxito del proyecto; por tal motivo utilizaremos Mongo como base de datos, en la parte del back end utilizaremos los frameworks Express y Flask.

Para la parte del front end utilizaremos la versatilidad de React y librerías JQuery; y todo esto listo para ejecutarse en un contenedor Docker y salir al internet mediante un enlace Ngrok, tal como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Arquitectura de la aplicación web.



Fuente: elaboración propia.

Recolección de datos mediante formulario

PASO 1). El usuario ingresa a la plataforma por medio de un ordenador o dispositivo móvil con conexión a internet.

PASO 2) El usuario rellena el cuestionario con la información que se solicita para la recolección de datos, la encuesta no se podrá enviar hasta que rellene todos los campos, la encuesta se divide en cinco secciones:

- a) Datos generales del usuario
- b) Cuestionario sobre la infraestructura tecnológica del bachillerato de procedencia.
- c) Descripción de la materia de informática del bachillerato de procedencia.
- d) Evaluar el grado de conocimiento de sus antiguos docente.
- e) Evaluación de conocimiento técnico respecto a la carrera de TI.

PASO 3) El usuario validará su información contestando con veracidad cada pregunta, seleccionando un ítem de una escala de Likert de cinco puntos:

- a. Nunca b. Casi nunca c. Regular d. Casi siempre e. Siempre

PASO 4) El usuario envía la información dando clic en el botón enviar, sus datos serán enviados (vía método POST) al servidor y almacenados en una base de datos.

PASO 5) Una vez terminado de responder el cuestionario ya podrá abandonar la página y salir de la aplicación.

- Preparación del dataset para análisis

En la parte del back end, se construirán estructuras de datos unidimensionales (arrays), que contenga los datos de: nombre del alumno, población a la que pertenece, el sistema medio superior al que asistió; así como cada una de las respuestas de los ítems del formulario por secciones.

Cada arreglo de respuestas, tendrán la estructura siguiente:

Array0 = [nombre, población, sistema]

Array1 = [item1, item2, item3, item4, item5, item6, item7]

Array2 = [item8, item9, item10, item11, item12, item13, item14]

Array3 = [item15, item16, item17, item18, item19, item20, item21]

- Ejecución de algoritmo predictivo con Python

Los arreglos 1 al 3 serán introducidos al modelo Random Forest para su tratamiento, el modelo requiere obtener la media aritmética de cada arreglo para su ejecución.

- Presentación de resultados

Una vez entrenado el modelo, se podrá predecir el resultado mediante el siguiente ´pseudocódigo:

valor = [[item1, item2,... ítemn, (item1 + item2 +... ítemn)/n]]

resultado_predicho = función_prediccion(valor)

si (resultado_predicho[0] == 1)

imprimir "En Riesgo académico"

sino

imprimir "Aprueba/Mejora desempeño"

Resultados

La aplicación web fue desarrollada con la tecnología web en el lado de front end: React. Por la otra parte del back end: Ngrok, mismos que se ejecutaron en un ambiente Linux Ubuntu versión 22.04 LTS. Instalando el lenguaje Python en su versión 3.8 como un entorno de trabajo con la librería virtualenv.

Después de desplegar nuestra aplicación, el formulario se contestó con la participación de estudiantes pertenecientes al distrito de Zimatlán de nuevo ingreso al nivel superior en las carreras de tecnologías de la información e ingeniería en sistemas en el año 2023.

A continuación, se describe de manera general; el despliegue de la aplicación web y algunas de las pantallas principales de la aplicación web desarrollada.

- **BACKEND.**

Para ejecutar el backend , desde una terminal se ingresó a la carpeta backend/src/ y se ejecutó lo siguiente:

```
$ python app.py
```

Para llevar a cabo la ejecución de ngrok en una terminal nos dirigimos a la carpeta donde está guardado el archivo ngrok y ejecutamos lo siguiente:

```
$ ngrok http 5000
```

Esto nos genera un link que podemos compartir, el link estará activo por 1 hora.

- **FRONTEND**

Para ejecutar el frontend desde una terminal nos dirigimos a la carpeta frontend y una vez dentro de la carpeta ejecutamos lo siguiente:

```
$ npm start
```

- **LOGIN**

Aquí el usuario debe ingresar a la plataforma con su nombre de usuario y contraseña, mismos que fueron previamente registrados a la plataforma

mediante correo electrónico proporcionado, tal como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Pantalla de LOGIN de la aplicación web.

Fuente: elaboración propia.

- **FORMULARIO**

En este apartado del usuario rellenará el cuestionario con su información que se solicita para la recolección de datos generales y de cada uno de los ítems solicitados, tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Formulario para recabar información de los estudiantes.

Fuente: elaboración propia.

- **DASHBORAD**

Parte primordial de la aplicación web, donde se verán los datos de los estudiantes que se hayan registrado y la información vertida. Para poder ver los resultados del algoritmo Random Forest, se selecciona la casilla de

verificación de la derecha del estudiante, para después dar clic en el botón de abajo con la leyenda Generar Reporte, tal como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Dashboard principal de la aplicación web

DATOS DE LOS ESTUDIANTES				EXIT
Nombre	Email	Poblacion	Acciones	
ARMANDO SANTIAGO RAMIREZ	randito1804@gmail.com	SAN ANTONINO CASTILLO	Borrar	Editar Ver ☐
JAVIER HERNANDEZ LOPEZ	javi0209@gmail.com	ZIMATLAN DE ALVAREZ	Borrar	Editar Ver ☐
GENERAR REPORTE				

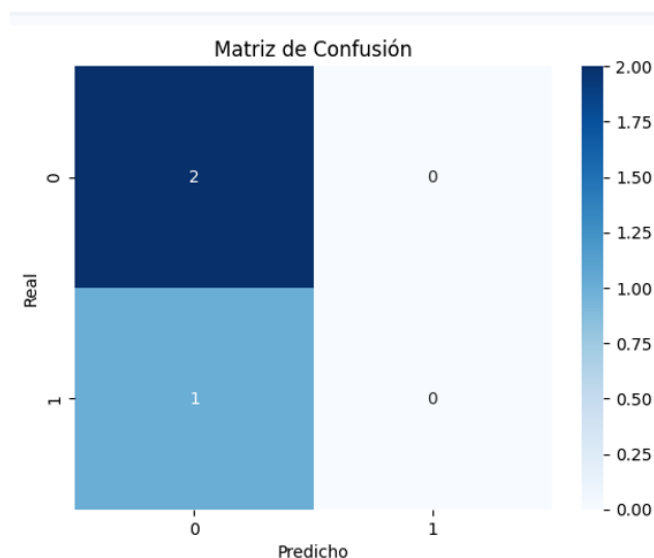
Fuente: elaboración propia.

• EJECUCION DE ALGORITMO

En esta matriz de resultado el modelo arrojó dos valores: un valor verdadero positivo y otro valor falso positivo; que se puede interpretar como adecuado para la predicción. Este resultado aparecerá en la parte de consola del lado del back end.

La matriz de confusión de la figura 6, indica que el valor verdadero positivo representado por el color azul fuerte se asemeja a los valores introducidos en los arreglos de respuesta tienden a ser mayores en comparación con el valor falso positivo.

Figura 6. Matriz de resultados.

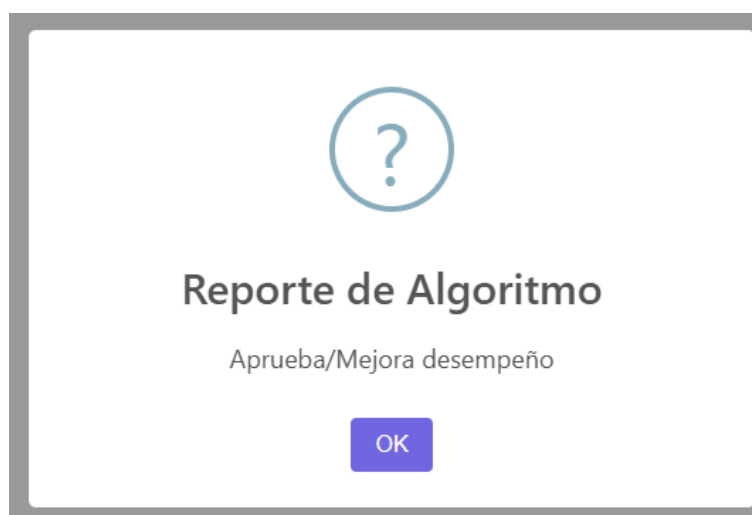


Fuente: elaboración propia.

- **VENTANA EMERGENTE**

Esta ventana aparecerá del lado del front end, después de dar clic al botón Generar Reporte según sea el caso del estudiante elegido.

Figura 7. Ventana emergente con resultado



Fuente: elaboración propia.

Discusiones

Los resultados obtenidos en este estudio confirman el potencial del aprendizaje automático como herramienta complementaria para la evaluación educativa, particularmente en contextos donde existen brechas tecnológicas y diferencias en la formación previa de los estudiantes. La aplicación web desarrollada permitió integrar en un mismo entorno la recolección, procesamiento y análisis automatizado de datos, demostrando que es posible generar indicadores tempranos de riesgo académico basados en información autoinformada. Esta capacidad predictiva, aunque preliminar, coincide con investigaciones previas que señalan la utilidad de modelos supervisados —como Random Forest— para la identificación de patrones en datos educativos heterogéneos.

No obstante, los resultados también evidencian limitaciones importantes. El tamaño reducido de la muestra afecta la generalización de las predicciones y la estabilidad del modelo, lo cual explica la presencia de falsos positivos y la baja

sensibilidad observada. Asimismo, el formulario recolecta únicamente variables relacionadas con la infraestructura tecnológica, conocimientos previos y percepción de la enseñanza; sin embargo, no incorpora dimensiones psicosociales, motivacionales o contextuales que influyen significativamente en el desempeño académico y que otros estudios han señalado como determinantes críticos.

Otro aspecto relevante es que el modelo utilizado, si bien robusto y adecuado para un primer acercamiento, podría compararse con métodos alternativos como redes neuronales, regresión logística, análisis discriminante o técnicas basadas en boosting, con el fin de validar su superioridad o complementar sus predicciones. Asimismo, la actualización periódica del dataset y la inclusión de más ciclos escolares permitirían mejorar la precisión y reducir la varianza del algoritmo.

En conjunto, los hallazgos sugieren que la herramienta desarrollada es útil como sistema de apoyo para docentes y tutores, pero no debe asumirse como un predictor definitivo del rendimiento académico. Más bien, representa un primer paso hacia la integración de analítica educativa basada en datos, que puede fortalecerse mediante la ampliación del modelo, la incorporación de nuevas características y el análisis comparativo de distintos enfoques de aprendizaje automático. Con ello, se abre la posibilidad de generar estrategias de intervención más informadas y contextualizadas, particularmente en regiones con limitaciones tecnológicas como las observadas en el distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca.

Conclusión

Los resultados obtenidos muestran que, aun con un conjunto de datos reducido, el modelo fue capaz de identificar patrones relevantes en las respuestas de los estudiantes, proporcionando indicadores tempranos que pueden apoyar al docente en la toma de decisiones y en la implementación de estrategias de acompañamiento académico. Esto confirma la hipótesis de que la información recolectada es útil para alimentar un modelo predictivo y generar estimaciones iniciales sobre el posible desempeño académico en asignaturas informáticas.

Sin embargo, también se reconoce que la precisión del modelo está condicionada por el tamaño de la muestra, la variabilidad de los datos y la ausencia de variables psicosociales o contextuales que influyen de manera significativa en el rendimiento. Por ello, las predicciones deben interpretarse como un apoyo complementario y no como una determinación concluyente del desempeño académico futuro.

Finalmente, este trabajo constituye un punto de partida para la incorporación de analítica educativa en instituciones con limitaciones tecnológicas, mostrando que la integración de machine learning en procesos de diagnóstico académico es viable, escalable y potencialmente benéfica. Se recomienda ampliar la base de datos, incorporar nuevas características de evaluación y comparar diferentes algoritmos para optimizar la precisión predictiva y fortalecer el impacto pedagógico de la herramienta.

Referencias

- Biblioteca ITAM. (2010). *Reflexiones y recomendaciones sobre educación en informática I*, Estudios ITAM.
<https://estudios.itam.mx/sites/default/files/estudiositammx/files/039/000172755.pdf>
- Bonafé, J. (1996). "Tendencias Educativas Hoy" en *Cuadernos de Pedagogía* (253), 1-12.
- De la mora Ledesma, J. G. (1990). *Psicología del Aprendizaje I*. Editorial Progreso.
- Digital House. (2024). *Digital mindset* [Programa de formación en línea]. Digital House.
- Espinosa, J. (2020). Aplicación de algoritmos Random Forest y XGBoost en una base de solicitudes de tarjetas de crédito. *Ingeniería Investigación y Tecnología*. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21.3.022>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y uso de Tecnologías de la información en los Hogares* (ENDUTIH). <https://www.inegi.org.mx/temas/ticshogares/>
- International Business Machines Corporation (2020,1 enero). *¿Qué es el bosque aleatorio?* IBM Artificial Intelligence <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/random-forest>
- Moreira, M. A. (2002). *Modelos mentales y modelos conceptuales del aprendizaje de la ciencia*. Universidad de Burgos.
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2020). *Orientaciones para el trabajo en el aula: Representaciones mentales*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n8/e3.html>

Certificado de evaluación

La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional**. Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano**, es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el capítulo de libro titulado **“Uso de aplicación web para la evaluación temprana de conocimientos sobre las TIC’s en los egresados del nivel medio del distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca”** presentado por los autores **Moisés Adrián Hernández Luis y Armando Levid Rodríguez Santiago** ha sido sometido a un exhaustivo proceso de arbitraje por pares académicos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Su publicación en el libro titulado **“Innovación y creatividad: claves para el desarrollo regional”** estará disponible a partir del 9 de diciembre de 2025 en la Biblioteca digital de la Universidad Tecnocientífica del Pacífico.

Se extiende el presente certificado, a los 10 días del mes de noviembre del año 2025.

Transformando con Ciencias
 Tepic, Nayarit; México



Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
 Directora de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



César Alejandro González Guzmán
 Coordinador de la Editorial UTP
 Universidad Tecnocientífica del Pacífico



