

*Vol. 4 Núm. 2 Julio-Diciembre 2025*

*Revista Multidisciplinaria  
de Ciencia, Innovación  
y Desarrollo*



**Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora  
Directorio**

|   |                                 |  |
|---|---------------------------------|--|
| <b>Rectoría</b>   |                                 | <b>Abogado General</b>                                       |
| Minervo Arteaga Saucedo                                     |                                 | Rodrigo Ventura Flores                                       |
| <b>Dirección Administrativa</b>                             | <b>Dirección Académica</b>      | <b>Dirección de Planeación y Evaluación</b>                  |
| Carlos Mendoza Sampeiro                                     | Carla Yanet Márquez Rodríguez   | Ivo Luis Restrepo Gazca                                      |
| <b>Dirección de Programas en Mantenimiento y Tecnología</b> | <b>Dirección de Vinculación</b> | <b>Dirección de Programas en Económico - Administrativas</b> |
| Félix Bautista Meza   | Betzabé Clemente Santa Rosa     | Jorge Alberto Olmedo Olmos                                   |

**Comité Editorial**

|                                |                                      |                         |
|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>Dirección Académica</b>     | <b>Departamento de Investigación</b> |                         |
| Carla Yanet Márquez Rodríguez  | Verónica López Hernández             |                         |
| <b>Editor en Jefe</b>          | <b>Redacción y Estilo</b>            | <b>Editora Asociada</b> |
| Raúl Alejandro Limón Hernández | José López Tirzo                     | Erika Lugo Ramírez      |
| <b>Diseño de Portada</b>       | <b>Webmaster</b>                     | <b>Writing</b>          |
| Amisadday Marín Larios         | Sergio Sánchez Mena                  | Jairo Palma Méndez      |
|                                | <b>Analista de Sistema</b>           |                         |
|                                | Cesar Clemente Fernández Dorantes    |                         |

**Comité Revisor**

|                                |                               |                           |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Héctor Hugo Viveros G. Saldaña | Carla Yanet Márquez Rodríguez | Paúl Ramírez Sánchez      |
| Román Morales Pablo            | German Rafael Moreno León     | Alma Rosa Curti Espinosa  |
| Angélica Lizeth Vázquez Dorado | Oscar Enrique Morales Moguel  | Iván Tirado Flores        |
| Jorge Durán Martínez           | Julio Alfonso Armenta Barrios | Caroleé Chuzeville Mungúa |

**Indexaciones**



La Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, publicada de forma semestral. Reserva de derechos al uso exclusivo número 04-2024-070214172800-102, Volumen 4, Número 2, julio-diciembre 2025. e-ISSN: 2954-4998. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores. Todos los derechos reservados de acuerdo con la Convención Latinoamericana y la Convención Internacional de los Derechos de Autor. Ni la totalidad, ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse, almacenarse, utilizarse o transmitirse por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación, escaneo, digitalización, grabación en audio, distribución en internet, distribución en redes de información o almacenamiento y recopilación en sistemas de información, ni traducida a otros idiomas sin el consentimiento por escrito de sus editores. © D.R. 2025, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz.



## Contenido

|  |    |
|--|----|
| Reforma al poder judicial en México: Un análisis a la elección popular de ministros y jueces   | 1  |
| Diseño CFD del sistema de ventilación de un biorreactor en estado sólido   | 10 |
| Estudio comparativo de la calidad microbiológica mesófila del queso fresco artesanal elaborado en Vega de Alatorre y Martínez de la Torre Veracruz | 18 |
| Diseño de recorrido turístico sensorial para personas con Trastorno del Espectro Autista en Gutiérrez Zamora Veracruz                              | 24 |
| Desarrollo de máquina láser CNC a través de tecnologías CAD-CAE-CAM, para prácticas de laboratorio   | 34 |
| Análisis crítico: Políticas educativas y desafíos para atender exigencias de la realidad educativa en México                                       | 40 |



ARTÍCULO MONOGRÁFICO

## **Reforma al poder judicial en México: Un análisis a la elección popular de ministros y jueces**

**Santos Israel Muñoz López<sup>1\*</sup>, Erika Lugo Ramírez<sup>2</sup>, Eduardo Valdez Vázquez<sup>3</sup>**

 <sup>1</sup>0009-0008-6803-6997, <sup>2</sup>0009-0000-2135-2572, <sup>3</sup>0009-0009-8704-1975.

<sup>1,2,3</sup> **Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.**

Recepción 26 de enero 2025. Aceptación 13 de noviembre 2025.

---

### **Resumen**

El presente artículo tiene como objetivo principal analizar críticamente la propuesta de reforma constitucional del Poder Judicial mexicano, impulsada el 5 de febrero de 2024, centrándose en sus implicaciones jurídicas y el impacto de la elección popular de sus miembros. Esta iniciativa representa una reforma estructural sin precedentes desde la presentada por el entonces presidente Ernesto Zedillo Ponce de León en 1994. El trabajo analiza la estructura actual del Poder Judicial, sus funciones, y las profundas implicaciones de la propuesta de elección popular de los administradores de justicia en México. La metodología empleada es cualitativa, basada en un análisis documental exhaustivo y en la revisión crítica de estudios previos y propuestas de diversas instancias nacionales e internacionales. La investigación aborda la preocupación sobre la posible influencia de intereses políticos o presiones sociales en las decisiones judiciales, así como la visión dogmática sobre los derechos humanos que ha permeado en el discurso de los precursores de esta reforma. En síntesis, el presente documento discute los argumentos a favor y en contra de la elección popular de jueces, magistrados y ministros e incluso se analiza la independencia de los poderes ejecutivo y judicial, uno de los hallazgos más representativos es que los jueces actuales pondrán en riesgo el acceso a la justicia derivado de la influencia política, por tanto, es importante analizar la capacitación constante de los jueces. Los resultados de esta reforma se harán visibles una vez que sea implementada la reforma.

**Palabras clave:** Ministros, Reforma, Constitución, Voto, Elección

### **Abstract**

This article aims to critically analyze the proposed constitutional reform of the Mexican judiciary, promoted on February 5, 2024. It focuses on its legal implications and the impact of the popular election of its members. This initiative represents an unprecedented structural reform since the one presented by then-President Ernesto Zedillo Ponce de León in 1994. The paper examines the current structure of the Judiciary, its functions, and the profound implications of the proposed popular election of justice administrators in Mexico. The methodology employed is qualitative, based on an exhaustive documentary analysis and a critical review of previous studies and proposals from various national and international bodies. The research addresses concerns about the potential influence of political interests or social pressures on judicial decisions, as well as the dogmatic view of human rights that has permeated the discourse of the forefathers of this reform. In summary, this document discusses the arguments for and against the popular election of judges, magistrates, and ministers, and even analyzes the independence of the executive and judicial branches; One of the most significant findings is that current judges will jeopardize access to justice due to political influence; therefore, it is important to analyze the ongoing training of judges. The results of this reform will become apparent once it is implemented.

**Keywords:** Minister, Reform, Constitution, Vote, Choice.

## Introducción

Las iniciativas en México puede ser propuestas por el presidente de la república, diputados, senadores y por el 0.13% de la población, tal como se enuncia en nuestra Constitución, sin embargo, una vez aprobadas y publicadas en el Diario Oficial de la Federación y ya entrado en vigor nace la problemática siguiente: El desconocimiento de la reforma judicial provoca la desinformación sobre la aplicación de las reformas estructurales dentro de la sociedad, lo anterior propicia que, varios sectores de la población que no cuentan con internet, que no están interesados en el tema, o desconocen dónde buscar sobre el tema, sean influenciados por medios masivos (televisión, internet), desvirtuando el objetivo general de las reformas.

El presente manuscrito busca informar y analizar la reforma judicial implementada mediante la publicación en el Diario Oficial de la federación el 15 de septiembre de 2024 y que entró en vigor al siguiente día de su publicación. De este modo, se busca promover su contenido ante los grupos que tienen limitada obtención de información sobre temas jurídicos, falta de internet, desinterés en el tema, debido a que medios de comunicación han desvirtuado el objetivo de la reforma. Es así que, mediante una investigación documental se darán a conocer argumentos de diversos juristas que han expuesto sus opiniones en contra y a favor de la elección de los impartidores de justicia (ministros, magistrados y jueces).

La implementación de la presente reforma ha creado mucha expectativa en la población al grado de crear la desinformación entre la población sobre temas relacionados como: cómo la elección de impartidores de justicia pudiese influenciar la aplicación de la justicia, requisitos para ser ministros, magistrados o jueces y que no es necesario acceder a carrera judicial impartida por el poder judicial.

La búsqueda bibliográfica de varios investigadores en derecho que han emitido diversas opiniones sobre el tema analizado plasmando en el presente trabajo ya que una de las características más polémica es el ejercicio del voto popular en la elección de impartidores de justicia, no obstante, en el pasado ejercicio de votación en donde se eligió a los nuevos magistrados la boleta fue complicada de entender para las personas que no están relacionadas con temas judiciales.

El sistema judicial de cualquier nación constituye un pilar fundamental para el Estado de Derecho, garantizando la impartición de justicia y la protección de los derechos de los ciudadanos. En México el Poder Judicial de la Federación ha sido objeto de debate Público, especialmente en lo que respecta a su credibilidad y autonomía. La organización Mexicanos contra la

Corrupción publicó en el año 2018 la investigación denominada “El poder familiar de la federación” donde reveló la existencia de casos de nepotismo en el Poder Judicial (Durán, s.f.). En dicho informe entregado al Consejo de la Judicatura y a los ministros de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, se señala que al menos 500 jueces y magistrados a nivel nacional tenían trabajando en tribunales y juzgados a esposas, hijos, papás, sobrinos, tíos, cuñados y hasta suegras. Estas ‘redes clientelares’ se extienden a más de 7 mil servidores públicos de 31 circuitos que también tienen familiares en la nómina. El poder judicial se ha visto envuelto en serios problemas de credibilidad en varias actuaciones, altos salarios de trabajadores del organismo analizado, nepotismo, corrupción, etc. Este manuscrito es una vista general a la Suprema Corte de Justicia, al poder judicial, a los administradores de justicia y estos son los encargados de crear el precedente judicial (Jurisprudencia).

La función de un ministro o juez es de suma relevancia para el adecuado funcionamiento del sistema jurídico de un Estado. Como lo señala Delgado, (2024), la calidad de la justicia está estrechamente relacionada con la garantía del propio estatuto de independencia de los jueces. De acuerdo con Morales, (2024), las funciones del juez están enfocadas a dirimir conflictos con apego a lo estipulado en la constitución y las leyes que emanen de esta, sin injerencias políticas o sociales. Estas definiciones son cruciales, ya que el juez es el encargado de aplicar la justicia para un actor y demandado en cualquier rama del derecho, e incluso debe de tener autonomía de cualquier injerencia política o social, al momento de determinar alguna resolución y es importante señalar que estas resoluciones deben de estar apegadas a estricto derecho. La reforma judicial, plantea interrogantes fundamentales sobre cómo se preservará esta independencia y autonomía en un nuevo esquema de elección y funcionamiento del Poder Judicial.

El objetivo del presente trabajo de investigación es realizar un análisis crítico documental sobre la elección de los impartidores de justicia por medio del voto popular y a su vez la importancia de la independencia entre el poder ejecutivo y judicial.

## Desarrollo

Para entender la reforma judicial es importante analizar el fundamento constitucional del poder judicial y este se encuentra en el cardinal 94 de nuestra carta magna, que a la letra dice “Se deposita el ejercicio del Poder Judicial de la Federación en una Suprema Corte de Justicia, en un Tribunal Electoral, en Plenos Regionales, en Tribunales Colegiados de Circuito, en Tribunales Colegiados de Apelación y en Juzgados de Distrito.” (CPEUM, 2024).

La propuesta de reforma, impulsada por el exministro Arturo Saldivar (2024) señala que el poder judicial necesita una reforma estructural derivado que la exministra Norma Lucía

Piña ocupó al poder judicial para atacar la iniciativa de reforma judicial y al gobierno. Procedente de la investigación realizada se hace el señalamiento que la exministra en funciones se dedicó a buscar limitar la correcta aplicación de la justicia otorgando plazas de jueces a los más allegados tal como se hace constar en la publicación denominada “El poder familiar de la federación” (Duran, s.f.)

Iniciemos realizando una pregunta ¿Qué hace la Suprema Corte de Justicia de la Nación?, al ser el Tribunal Constitucional de México, imparte justicia a través de mecanismos que permiten vigilar que las leyes y actos de autoridad se apeguen a la constitución.

Las actuaciones judiciales emitidas por los jueces en las ramas del derecho son procesos llamados medios de control de la constitucionalidad (SCJN, 2024), lo anterior concuerda con lo expuesto con Garita (2023), el cual maneja que los ciudadanos tienen el juicio de amparo y este se encuentra fundamentado en los arábigos 106 y 107 de nuestra carta magna e incluso el ciudadano puede acudir al mecanismo de constitucionalidad para evitar que el Estado vulnere las garantías individuales. Sin embargo, Carbonell (2024), asegura que las instituciones como el poder judicial han fallado al proteger las garantías de las víctimas y para corroborar en su publicación denominada “Corrupción judicial e impunidad en México” exhibe la llamada “cifra negra” (compuesta por los delitos efectivamente cometidos que no llegan al conocimiento de la autoridad) alcanza al 75% del total de delitos cometidos en México.

En otras palabras, 3 de 4 delitos no se denuncian. Del 25% de delitos que sí son denunciados solamente se concluye la investigación ministerial en el 4.55%, pero se pone a alguna persona a disposición de los jueces solamente en el 1.6% del total de delitos cometidos. Lo anterior, en criterio del suscrito, ambas partes tienen razón en que las instancias judiciales en nuestro país no han realizado el papel protector y aplicador de justicia.

## Importancia del poder judicial

El Poder Judicial de la Federación (PJF) se compone por 932 órganos jurisdiccionales (salvo por la SCJN y el TEPJF), distribuidos en 77 ciudades o municipios del país, que requieren de las labores de 1,580 titulares de órganos jurisdiccionales (juezas, jueces, magistradas y magistrados). Entre los órganos administrativos y jurisdiccionales suman un total de 54,388 personas servidoras públicas. (INEGI, 2023).

El consejo de la judicatura dio a conocer en su página oficial que en el año de 2023 ingresaron 1,473,133 de asuntos al Poder Judicial de la Federación, mientras que la cantidad de asuntos resueltos en el mismo periodo fue de 1,413,724. Esto significa que, en promedio, cada persona juzgadora resolvió 895 asuntos durante ese año. Es importante señalar que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) asignó un presupuesto de 84.8 mil millones de pesos para 2024, lo que

representa una disminución del 2.7% (2.4 mil millones de pesos) en comparación con 2018.

Es crucial destacar que el sistema judicial enfrenta una crisis de confianza debido a la corrupción y la falta de independencia de los jueces, lo que afecta directamente el acceso a la justicia para la ciudadanía. En este sentido, autores como Cárdenas (2021) y Carbonell (2024) coinciden en que la independencia judicial es esencial para garantizar decisiones imparciales y justas. La falta de confianza en los tribunales y la incidencia de casos de nepotismo han socavado la legitimidad del sistema judicial, lo que plantea la urgente necesidad de reformar las estructuras existentes para restaurar la credibilidad del Poder Judicial (Cossío, 2017).

## Función del poder judicial de la federación

El Poder Judicial, surge según Carbonell (2019) de la necesidad de dirimir conflictos entre particulares de manera pacífica y con sujeción a la razón objetivada de la sociedad política y en apego a la ley. Esta concepción coincide con lo plasmado en el artículo 14, que todos tienen derecho a una justicia rápida y expedita (CPEUM, 2022). Sin embargo, la realidad de la administración de justicia en México ha sido objeto de críticas, Cárdenas (2021) contrapone lo anterior en su publicación denominada “Olvidos de la reforma judicial” y que a la letra dice: El Poder Judicial es un poder cerrado al servicio del poder económico. Esta dicotomía resalta la tensión entre el ideal de una justicia accesible y eficiente y las percepciones de un sistema que, parece alejado de las necesidades de la ciudadanía.

La administración del Poder Judicial de la Federación recae en un órgano de administración judicial, mientras que la disciplina de su personal está a cargo del Tribunal de Disciplina Judicial, conforme a las bases constitucionales y las leyes que de ellas emanen. La propuesta de reforma busca modificar la composición y el funcionamiento de estos órganos, lo que podría tener un impacto significativo en la eficiencia y la percepción de imparcialidad del sistema.

## Requisitos para ser ministro de la Suprema Corte de Justicia de la Nación antes de reforma

Antes de la citada reforma, para ser electo ministro de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, la Constitución establecía los siguientes requisitos:

- I. Ser ciudadano mexicano por nacimiento, en pleno ejercicio de sus derechos políticos y civiles.
- II. Se deroga.
- III. Gozar de buena reputación y no haber sido condenado por delito que amerite pena corporal de más de un año de prisión; pero si se tratare de robo, fraude, falsificación, abuso de confianza y otro que lastime seriamente la buena fama en el concepto público,

inhabilitará para el cargo, cualquiera que haya sido la pena.

- IV. Haber residido en el país durante los dos años anteriores al día de la publicación de la convocatoria señalada en la fracción I del artículo 96 de esta Constitución.

Tras la reforma los requisitos propuestos para ser ministro de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, si bien no son alterados los requisitos de elegibilidad fundamentales como la nacionalidad o la buena reputación, introduce cambios significativos en el proceso de designación y en las condiciones de su encargo.

## Elección de los administradores de justicia por medio del voto popular

Principalmente, se propone que la elección de ministros, magistrados y jueces sea por voto popular, y se reduce el periodo de su encargo de 15 a 12 años, eliminando además la pensión vitalicia para ministros actuales y futuros. Es crucial destacar que la propuesta también contempla una reducción en el número de integrantes de la Suprema Corte, pasando de 11 a 9 ministros.

Corpus (2019) señala que tradicionalmente el sistema político mexicano le concede al Presidente de la República la facultad de nombrar a los ministros de la Suprema Corte, con la ratificación del Senado. Esta práctica se basa en la noción de los pesos y contrapesos en el que sólo el poder puede detener al poder. Sin embargo, la propuesta de reforma introduce un cambio radical: la elección popular de los ministros, jueces y magistrados. Cárdenas (2021), considera conveniente que los ministros de la Corte sean electos popularmente, bajo el supuesto que los tres poderes del Estado deben emanar del pueblo. No obstante, esta propuesta ha generado un intenso debate sobre sus posibles riesgos.

Si bien dicha reforma busca privilegiar el principio democrático, la elección popular de los impartidores de justicia podría dar pie al financiamiento de campañas por parte de grupos delictivos o intereses particulares, comprometiendo la imparcialidad y el criterio de los jueces una vez electos. Expertos de Stanford Law School (2024) señalan que la elección de jueces mediante voto popular puede incentivar decisiones judiciales orientadas a obtener votos, en lugar de juicios imparciales basados en los hechos y el derecho. Además, advierten que la experiencia de países como Bolivia y Estados Unidos, que seleccionan jueces constitucionales por voto popular, demuestra que este método puede afectar la independencia e imparcialidad de los sistemas judiciales, incrementando la influencia de intereses económicos, incluyendo potenciales contribuciones del crimen organizado.

## Estructura actual del Poder Judicial de la Federación.

La Suprema Corte de Justicia de la Nación se compondrá de once integrantes, ministras y ministros, y funcionará en Pleno o en Salas. La competencia de la Suprema Corte, su funcionamiento en pleno y salas, la competencia de los plenos regionales, de los tribunales de circuito, de los Juzgados de distrito y del tribunal electoral, así como las responsabilidades en que incurran las servidoras y los servidores públicos del poder judicial de la federación, se regirán por lo que dispongan las leyes y los acuerdos generales correspondientes, de conformidad con las bases que la constitución establece.

El Poder Judicial es uno de los tres poderes que integran la República Mexicana y este se encarga de preservar el orden institucional establecido en la Constitución. En cumplimiento de esta tarea, el Poder Judicial Federal se encuentra facultado para interpretar las leyes federales o estatales e intervenir cuando una ley, acto u omisión de alguna autoridad vulnere los derechos humanos de las personas.

Con apego al numeral 1 de la Ley Orgánica del Poder Judicial de la Federación se muestra cómo se encuentra actualmente el poder judicial federal está integrado por:

- La Suprema Corte de Justicia de la Nación.
- El Tribunal Electoral
- Los Plenos Regionales
- Los Tribunales Colegiados de Circuito
- Los Tribunales Colegiados de Apelación
- Los Juzgados de Distrito
- El Órgano de Administración Judicial (SCJN, 2024)

## Propuesta de Reconfiguración Estructural del Poder Judicial de la Federación con la Reforma de 2024

La iniciativa de reforma judicial de 2024 propone una reestructuración significativa del Poder Judicial de la Federación. Entre los cambios más relevantes se incluye la reducción del número de integrantes de la Suprema Corte de Justicia de la Nación de once a nueve ministros y ministras, y su funcionamiento exclusivo en Pleno, eliminando las Salas actuales. Asimismo, se contempla la creación de un nuevo Órgano de Administración Judicial y un Tribunal de Disciplina Judicial, buscando una mayor eficiencia y rendición de cuentas.

La responsabilidad estatal no termina cuando las autoridades competentes emiten la decisión o sentencia", sino que se requiere, además, que el Estado consagre normativamente recursos para ejecutar esas decisiones definitivas y garantice la efectividad de esos medios (SCJN, 2024), el mismo criterio se maneja en el Semanario Judicial de la Federación, (2024), que dicta: la efectividad de las sentencias depende de su ejecución, de modo que ésta se establece como un

componente fundamental de la protección efectiva de los derechos declarados o reconocidos.

para garantizar la efectiva investigación y sanción de las personas servidoras públicas que cometan actos de corrupción.

## Reforma al Poder Judicial

La iniciativa de reforma judicial de 2024, impulsada por el Ejecutivo Federal, propone cambios sustanciales en la estructura y funcionamiento del Poder Judicial. Entre los puntos más destacados se encuentran:

- a) Se reduce el número de Ministras y Ministros, de 11 a 9 integrantes. Es importante señalar que en el cardinal 94 de nuestra carta magna dice: La Suprema Corte de Justicia de la Nación se compondrá de once integrantes, Ministras y Ministros, y funcionará en Pleno o en Salas. (CPEUM, 2024).

La reforma propuesta por el ejecutivo dice que las y los Ministros de la SCJN, Magistrados del Tribunal Electoral y Magistrados del Tribunal de Disciplina se elegirán a nivel nacional en las elecciones ordinarias a partir de 30 candidaturas paritarias propuestas por los tres Poderes de la Unión.

El Poder Ejecutivo propondrá hasta 10 candidaturas;  
El Poder Legislativo propondrá hasta 5 candidaturas por cada Cámara (Diputados y Senadores), por mayoría calificada;  
El Poder Judicial propondrá hasta 10 candidaturas a través del Pleno de la Suprema Corte, por mayoría de 6 votos.

En el caso de los 1,633 Magistrados de Circuito y Jueces de Distrito, se elegirán en cada uno de los 32 circuitos judiciales en las elecciones ordinarias, a partir de 6 candidaturas paritarias por cargo (2 por cada Poder de la Unión). (Gobierno de México, 2024).

- b) Se reduce el periodo de su encargo, de 15 a 12 años. En la actualidad nuestra ley suprema dice: Los Ministros de la Suprema Corte de Justicia durarán en su encargo quince años, sólo podrán ser removidos del mismo en los términos del Título Cuarto de la Constitución y, al vencimiento de su periodo, tendrán derecho a un haber por retiro.
- c) Se eliminan las dos Salas. La Corte sólo sesionará en Pleno y sus sesiones deberán ser públicas.
- d) Se elimina la pensión vitalicia (haber de retiro) para actuales y futuros ministros y ministras. Al retirarse del cargo, los ministros tendrán derecho a un haber por retiro de carácter vitalicio, el cual será equivalente al cien por ciento durante los dos primeros años y al ochenta por ciento durante el resto del tiempo, del ingreso mensual que corresponda a los ministros en activo. (SCJN, 2024).
- e) Combate a la corrupción y al nepotismo. Se refuerza la lucha contra el nepotismo dentro del PJJ, dándole la facultad al Máximo Tribunal de nombrar y remover a sus funcionarios y empleados. Se reforma el procedimiento de responsabilidades administrativas

La iniciativa de reforma presentada el 5 de febrero de 2024 contempla cambios importantes en el sistema de impartición de justicia federal y estatal, entre los que destacan los siguientes:

- Elección de personas juzgadoras por voto popular.
- Creación de un nuevo órgano de administración judicial.
- Creación de un tribunal de disciplina judicial.
- Cambios procesales para garantizar una justicia pronta y expedita.

Un Poder Judicial fortalecido en México debe contar con jueces capaces de gestionar litigios complejos para las extradiciones, disputas comerciales y otras cuestiones. Sin embargo, la propuesta, tal como está, elimina los requisitos necesarios de tener a los jueces más calificados, incluyendo la reducción de los años de experiencia necesarios para servir en todos los niveles del Poder Judicial (U.S MISSION TO MEXICO, 2024).

Esta propuesta ha generado un amplio debate entre juristas, políticos y la sociedad en general. Sus defensores argumentan que busca combatir la corrupción, acercar la justicia al pueblo y fortalecer la rendición de cuentas. Sin embargo, los críticos señalan que podría comprometer seriamente la independencia judicial, politizar la impartición de justicia y debilitar el sistema de pesos y contrapesos esencial en una democracia (Stanford Law School, 2024).

## Problemas planteados en la reforma judicial

El poder judicial se ha visto envuelto en serios problemas de credibilidad en varias actuaciones, altos salarios de trabajadores del organismo analizado, nepotismo, corrupción, etc. Derivado de lo anterior se inició una guerra legal entre el poder judicial y el gobierno actuante.

El análisis de los principales cambios propuestos por la iniciativa de reforma permitió identificar algunos de los problemas asociados con dichas modificaciones. A continuación se sintetizan las implicaciones prácticas de estos cambios y sus posibles afectaciones en el acceso a la justicia de las personas y los derechos de los trabajadores de los poderes judiciales.

Una de las premisas negativas que empaña a la presente reforma es la elección popular de personas juzgadoras, Herrera (2025) menciona que el juzgador debe tener independencia judicial, con esto se garantiza que los juzgadores resuelvan de acuerdo con su criterio jurídico, fundamentando y motivando todas sus determinaciones, asimismo, se eliminan las injerencias políticas o de superiores jerárquicos. El jurista Morales (2024) expresa que la propuesta de elegir a los cargos judiciales federales mediante voto popular se presenta como una estrategia para revertir

esta percepción negativa y empoderar a la ciudadanía en la elección de sus representantes judiciales. Ambas hipótesis son adecuadas, sin embargo, es importante mencionar que nuestro país es señalado por el Índice de Percepción de la Corrupción (IPC) 2024 (Transparencia Mexicana, 2025), el cual tiene una baja percepción de transparencia y lucha contra la corrupción, luego entonces la elección popular afectará el acceso a la justicia y la seguridad jurídica de las personas involucradas en procesos judiciales.

La reforma judicial generó rechazo entre los partidos políticos de oposición y en sectores específicos del poder judicial, especialmente entre jueces y magistrados, cuyo alegato es que la elección está dentro de las facultades de la SCJN (San Martín, 2020). La Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH, 2024) ha reconocido que los concursos públicos, como la elección popular de juezas y jueces compromete su independencia e imparcialidad al alinear las decisiones judiciales con la opinión popular en lugar de la ley. Es importante mencionar que dentro de la reforma los candidatos deben de cumplir con requisitos mínimos lo que debería ser sometido a un proceso de evaluación con el objeto de lograr un poder judicial independiente.

En los Estados Unidos de América, un estudio sobre la elección de jueces locales demostró que este método puede ser perjudicial para la legitimidad judicial, ya que los jueces tienden a adaptar sus decisiones a las preferencias de sus electores para mantener sus cargos (American Bar Association, 2003). Este sistema ha generado un debate debido al creciente gasto de dinero por parte de grupos de interés, partidos políticos y candidatos en las campañas judiciales. La American Bar Association ha criticado las elecciones judiciales, argumentando que la justicia no debe depender de concursos de popularidad (Medina, 2024).

El proceso electoral en los diversos niveles y los cambios jurídicos en un futuro tendrán retos pos-electorales que podrían rebasar la capacidad de respuesta de las autoridades electorales obstaculizando su función de brindar certidumbre político-electoral a una ciudadanía que muestra signos de madurez y mayor participación en los últimos años. (García, 2021). Es importante señalar la hipótesis que objeta lo anterior, Vollenweider (2017) menciona que con la reforma judicial planteada por el Estado Mexicano los grupos de la sociedad invocan el concepto de Lawfare, el uso indebido de instrumentos jurídicos para fines de persecución política, destrucción de imagen pública e inhabilitación de un adversario político.

La Suprema Corte de Justicia de la Nación resuelve en las decisiones clave para el futuro del país, de manera consistente, en muchas ocasiones esto se enfoca a favor de los grandes intereses económicos y de los intereses de los factores reales de poder Cárdenas (2023). Lo anterior es opuesto a la hipótesis de Kuri (2021) que expresa sobre de la democracia viable y la defensa de derechos humanos,

governabilidad y construcción de un Estado de derecho nacional e internacional. La reforma judicial propuesta entra en contradicción con la supuesta igualdad de las naciones al producir asimetrías. La opinión vertida del jurista Kuri es muy acertada derivado que México tiene celebrados varios tratados internacionales, sin embargo, es de suma importancia analizar que cada país tiene un derecho positivo adaptado a las necesidades, la implementación de un sistema de elección popular para jueces y magistrados locales representa un reto logístico que requerirá una adecuada planificación y previsión de recursos.

El Estado debe ser capaz de garantizar procedimientos disciplinarios contra personas juzgadoras independiente de otros órganos con facultades de gobierno judicial, como son los Plenos de los Tribunales Superiores de Justicia y los Consejos de la Judicatura, para asegurar que sólo se sancione conforme a reglas previamente establecidas y con base en criterios objetivos, sin que las decisiones judiciales sean motivo de sanción (CJF, 2024). En este tenor de ideas se pone en consideración la exposición de motivos de la reforma judicial en donde se propone la creación de un tribunal de disciplina judicial (AMLO, 2024). Será importante que órganos externos al poder judicial realicen evaluaciones constantes ya que de esta manera se evitará acciones en contra del derecho.

## Objetivo de la Reforma Judicial

La organización mexicanos contra la Corrupción publicó en el año 2018 la investigación “El poder familiar de la federación” donde reveló casos de nepotismo en el Poder Judicial. En fecha 4 de Noviembre de 2024 la Secretaría de Gobernación mediante convocatoria emite los lineamientos para participar en la evaluación y selección de postulaciones de la elección extraordinaria 2024-2025 de las personas juzgadoras que ocuparán los cargos de ministras y ministros de la suprema corte de justicia de la nación; magistradas (os) de las Salas Superior y Regionales del Tribunal Electoral; Magistradas y Magistrados del Tribunal de Disciplina Judicial; y Magistradas y Magistrados de Circuito y Juezas y Jueces de Distrito del Poder Judicial de la Federación.

El objetivo de la reforma es la concreción de un poder judicial más eficiente, eficaz, cercano a las personas y más profesional, que genere una mejor justicia para el país (CJF, 2024), sin embargo, Cruz (2024) argumenta que los gobernantes en turno siempre han querido controlar al poder judicial y por tal motivo siempre han logrado que se nombren jueces a sus allegados o amigos, aunque no tengan cualidades profesiones y personales. La hipótesis planteada es válida debido a que el sistema judicial está corrompido desde sus cimientos, y es importante tomar en cuenta la necesidad de garantizar que las reformas judiciales no solo busquen eficiencia administrativa, sino que también incorporen de manera explícita un enfoque de derechos humanos y perspectiva de género.

La exposición de motivos del expresidente López Obrador argumenta la necesidad de la reforma judicial y enuncia: La reforma judicial no debilita al Poder Judicial ni merma su autonomía e independencia, sino que la fortalece a través de la legitimidad emanada del poder popular, cerrando la brecha sistémica que se había creado entre dicho poder y la sociedad, y restituyendo la confianza ciudadana en las instituciones y funcionarios judiciales que, lamentablemente, han caído en el desprestigio debido a los abusos y excesos de ciertas personas que se han resistido a entender la dimensión de la transformación que vive México y a confiar en la madurez política y la sabiduría de nuestro pueblo (AMLO, 2024), en palabras de Gamboa (2021) dicta que la perspectiva de derechos humanos debe de tener enfoque de género, y es fundamental evaluar estas reformas, para poder tener acceso a la equidad y justicia, especialmente para las mujeres y otros grupos vulnerables. Ambas hipótesis son adecuadas desde el punto de vista etimológico, sin embargo, es importante señalar que para lograr la equidad en la justicia se debe de eliminar los vicios que dieron pie a la reforma judicial e informar a los votantes de los puntos positivos y negativos de la elección de jueces.

## Reformas Judicial en América Latina. Elección de Ministros

García (2019) expresa que el derecho positivo regula conductas que adquieren valor en razón de la propia calificación que el derecho hace en sí de ellas, el derecho debe de adaptarse a las necesidades de la sociedad. De acuerdo con (Inclan, s.f.), las reformas judiciales (Elección de ministros) han sido aplicadas en América Latina y en la mayoría de los países que han aplicado reformas todas se enfocan a la elección de ministros por medio del senado/consejo, sin embargo, no se enfocan al voto popular como medio de selección de los impartidores de justicia como en México.

Argentina: En el año de 1994 se reformó la Constitución y establece requisito para elección de los ministros debe de ser las 2/3 partes del voto del Senado.

Colombia: Se reforma la constitución de 1991 y en el año de 1992 se implementan nuevos requisitos como la duración de los cargos y faculta al Consejo para nominar lista de candidatos y a la propia Corte para designarlos.

Paraguay: La Constitución de 1992 faculta al Consejo para nominar lista de candidatos y al Senado para su designación con aprobación del ejecutivo, establece nuevos requisitos de carrera y cargos vitalicios.

El Salvador: En el año de 1994 se reforma la Constitución y retoma el requisito de 2/3 de voto de la asamblea, faculta al Consejo para nominar lista de candidatos a magistrados (artículo 187) y establece renovación escalonada.

Bolivia: La modificación constitucional de 1994 faculta al Consejo para nominar lista de candidatos y al Congreso para designarlos con 2/3 del voto.

México: En México en el año 1994 el expresidente Carlos Salinas de Gortari, mediante reforma faculta al ejecutivo para presentar una terna y ser ratificada por el senado.

Todas las reformas planteadas en líneas anteriores se basan únicamente en la elección de los ministros y no menciona la elección popular, las reformas impulsadas coinciden con el argumento de Ramos (2017) América Latina cuenta con una experiencia extensa de diseño e implementación de este tipo de reformas enfocadas en descongestionar los atiborrados e ineficientes tribunales, pero también se fundamentaron en el derecho de acceso a la justicia. En concordancia Pásara (2019) menciona que los jueces, ministros y magistrados no son los únicos que han corrompido el sistema judicial actual de México y América latina, los actores directos como abogados, actor, demandado son los encargados de corromper el sistema esto debido a que algunas veces los antes mencionados piden justicia comprando la misma, cerrando así ese círculo vicioso de la mala administración de la justicia.

## Capacitación necesaria para impartidores de justicia

El derecho positivo de cada país es de acuerdo a las necesidades, ante una reforma judicial es necesario entender que la presente se le debe de dar un tiempo razonable para su correcta evaluación, uno de los aspectos más relevantes de la presente reforma es la eliminación de la carrera judicial ya sea para ser ministro, magistrado, juez.

Ahora bien, es de suma importancia que el Estado implemente la capacitación constante a los impartidores de justicia a efecto de que realicen un papel adecuado, tal como se hace constar en el arábigo 132 de la ley Federal del trabajo fracción XV.

## Conclusión

Un problema que se presentó al realizar este manuscrito fue las diversas opiniones sobre el tema, pero a su vez también fue la deformación del objetivo de la presente reforma y en la forma como se dio a conocer por medios de comunicación

La reforma judicial propuesta en México en 2024 representa un momento crucial para el sistema de justicia del país. Si bien busca abordar problemas arraigados como la corrupción y la falta de credibilidad, especialmente evidenciados por casos de nepotismo y la percepción de un poder judicial al servicio de intereses económicos, la propuesta de elección popular de jueces, magistrados y ministros genera serias interrogantes sobre la preservación de la independencia judicial. La tensión entre la democratización del poder judicial y la necesidad de garantizar su autonomía e imparcialidad es el eje central de este debate presentado en el manuscrito, es de suma importancia hacer constar que una de las dificultades que se presentaron durante la presente

investigación cualitativa es la poca difusión de la información que se encuentra plasmada en el diario oficial de la federación sobre la reforma judicial entre la población, sin embargo, los medios masivos de comunicación como televisión, radio, periódico solo presentan mucha información fuera de contexto manipulando la información y creando desinformación.

La presente reforma ha sido duramente criticada por vicios en la elección de jueces sin carrera judicial y que solo deben de aparecer el nombre del profesionista en un acordeón o boleta, sin embargo, el presente artículo busca fundamentar y justificar la necesidad de la capacitación continúa buscando que el Estado brinde seguridad jurídica y legal. Hay que recordar que uno de los principales ejes rectores es la aplicación de la soberanía del pueblo en la elección de los jueces y estos a su vez aplicarán la justicia.

El objetivo de la reforma ha sido analizado por abogados y juristas que han emitido votos a favor y en contra de la reforma judicial, argumentando que esta no será efectiva hasta una vez implementada, es de suma importancia difundir la información a la sociedad sobre el impacto positivo o negativo sobre la elección de jueces y confirmar o negar la influencia de cuestiones políticas en el poder judicial.

Los argumentos a favor de la reforma, centrados en la rendición de cuentas y la cercanía con la ciudadanía, deben ser sopesados cuidadosamente frente a los riesgos de politización, influencia de intereses externos y la posible afectación de la calidad técnica de las decisiones judiciales. La experiencia comparada y las advertencias de expertos internacionales subrayan la importancia de salvaguardar la independencia del poder judicial como un pilar insustituible del Estado de Derecho.

En última instancia, el éxito de cualquier reforma judicial radica en su capacidad para fortalecer la confianza ciudadana en la justicia, garantizar la imparcialidad y la eficiencia en la resolución de conflictos, y proteger los derechos fundamentales de todas las personas. La implementación de la reforma de 2024 requerirá un seguimiento exhaustivo y una evaluación constante para asegurar que sus objetivos se cumplan sin menoscabar los principios esenciales que rigen la administración de justicia en una sociedad democrática.

### Contribución de los autores

SIML, análisis y redacción del artículo.

ELR, revisión y edición del artículo.

EVV, revisión del artículo.

### Financiamiento

“No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo”.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. – Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2025. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

### Presentaciones previas

Ninguna

### Referencias

1. Barceló, R. (2019) Reforma constitucional y derechos humanos. Revista Jurídica UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México.
2. Carbonell, M. (2024). *La independencia judicial en el contexto de la reforma judicial mexicana*. Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM.
3. Cárdenas, M. (2021). *El Poder Judicial en México y su crisis de legitimidad: Un análisis crítico*. Revista Jurídica UNAM.
4. Centro de Estudios Constitucionales SCJN, (2024) Análisis de la iniciativa de reforma al poder judicial en México. Suprema
5. Corte de Justicia de la Nación. Consejo de la Judicatura Federal (2024), Reforma integral al sistema de justicia en México: desafíos y propuestas.
6. Consejo de la Judicatura Federal, (2024) Reforma Judicial. Recuperado de <https://www.reformajudicial.gob.mx/secciones/reforma/>
7. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (2004) McGraw Hill, México.
8. Cossío, J. R. (2017). *La justicia constitucional y los derechos humanos*. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM.
9. Cossío, J. R. (2023) Laicidad y Justicia Constitucional. Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/15/7168/13.pdf>
10. Cruz, R. R. (2024) La fallida cruzada nacional por la reforma judicial. Comentarios a la propuesta de enmienda constitucional planteada por los juristas independientes. Revista de Derecho de la U.C.B. - U.C.B. Law Review, Vol. 8Nº 14, abril 2024, pp. 107-154 ISSN2523-1510 (en línea), ISSN 2521-8808 (impresa).
11. Delgado, C. (2024). Función jurisdiccional del fuero militar policial y protección del derecho constitucional al juez natural. Facultad de Derecho y Humanidades Escuela Profesional de Derecho.
12. Durán, V. (s.f.) El poder familiar de la federación, mexicanos contra la corrupción y la impunidad. Recuperado de <https://contralacorrupcion.mx/web/magistrados/>
13. Embajada y Consulados de Estados Unidos en México, (agosto, 2024). Sobre la propuesta de reforma judicial en México. U.S Mission to México.
14. García, R. (2023) Una mirada a la justicia laboral en México, desde la conciliación pre judicial. Estado. Recuperado de

[www.cielolaboral.com/wpcontent/uploads/2023/06/garcia\\_noticias\\_cielo\\_n6\\_2023.pdf](http://www.cielolaboral.com/wpcontent/uploads/2023/06/garcia_noticias_cielo_n6_2023.pdf)

15. García, C. (2021). La SCJN admite a estudio la acción de inconstitucionalidad contra Ley Zaldivar. Expansión.
16. Instituto Latinoamericano de Servicios Legales Alternativos (2006). El acceso a la justicia, entre el derecho formal y el derecho alternativo. Publicaciones ILSA. Recuperado de: <https://www.corteidh.or.cr/tablas/29495.pdf>
17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2023). Censo Nacional de Impartición de Justicia Federal 2023
18. López, A. (2024) Exposición de Motivos de la reforma Judicial. Gaceta Parlamentaria número 6457-15 Cámara de Diputados y Senadores. Recuperado de <https://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/65/2024/feb/20240205-15.pdf>
19. Medina, M. Á. (2024) Iniciativa de reforma al Poder Judicial en México: Propuesta de enfoque equilibrado entre eficiencia e independencia. Revista científica Intercontinental ISSN 23117559.
20. Morales, R. (2024). Impacto de la Elección Popular de Cargos Judiciales en la Credibilidad del Sistema Judicial en Quintana Roo: Un Análisis desde la Perspectiva de Derechos Humanos y Equidad de Género. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(4), 11465-1148
21. Pásara, L. (2004). Reforma judicial. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
22. Ramírez, G. (2021) Las reformas al poder judicial en México ¿allanando el camino al lawfare?, Revista de pensamiento crítico en el ámbito del derecho e-ISSN 2737-6125, Vol. 2 N°. 2 (112-136): Julio-Diciembre 2021, Universidad Técnica de Manabi.
23. Revistas del Instituto de Investigaciones Jurídicas, (2023). Elección por voto ciudadano de los ministros de la Suprema Corte de Justicia de la Nación. Número 76, julio-agosto 2023. UNAM.
24. Ramos, M. (2017). La efectividad de las políticas de justicia de la última década en América Latina. Revista del CLAD Reforma y Democracia, (68), 5-42.
25. Saldívar, A. (2023). La Reforma Judicial, Decreto de revista Alegatos, (117), 281-290.
26. San Martín, N. (27 de 11 de 2020). Senado aprueba reforma al Poder Judicial de la Federación. Revista Proceso. <https://tinyurl.com/4vwm2zdx>
27. Secretaría de Gobernación, (2024) Reforma al Poder Judicial, Gobierno de México. Recuperado de [https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/I5F/15\\_S\\_EGOB\\_REFORMA\\_AL\\_PODER\\_JUDICIAL.pdf](https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/I5F/15_S_EGOB_REFORMA_AL_PODER_JUDICIAL.pdf)
28. Seminario de la Federación, (2024) Derecho a la ejecución de sentencias, como parte de la tutela jurisdiccional efectiva.
29. Stanford Law School, (2024). *Una amenaza a la independencia judicial: Análisis de la iniciativa de reformas constitucionales en México*. Recuperado de [https://law.stanford.edu/wpcontent/uploads/2024/05/ES\\_Informe-Mexico\\_Independencia-Judicial.pdf](https://law.stanford.edu/wpcontent/uploads/2024/05/ES_Informe-Mexico_Independencia-Judicial.pdf)
30. Suprema Corte de Justicia de la Nación, (2024) Acuerdo número 11/2003, de diez de julio de dos mil tres, del pleno de la suprema corte de justicia de la nación, en el que se regulan las pensiones de los ministros, jubilados hasta el primero de enero de mil novecientos noventa y cinco. Recuperado de [https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/acuerdos\\_generales/documento/2016-11/Acuerdo1103\\_0.pdf](https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/acuerdos_generales/documento/2016-11/Acuerdo1103_0.pdf)
31. Suprema Corte de Justicia de la Nación, (2024). Consejo de la Judicatura Federal. Recuperado de <https://www.cjf.gob.mx/reformaPJF/>
32. Suprema Corte de Justicia de la Nación, (2024). Consejo de la Judicatura Federal. Recuperado de <https://www.reformajudicial.gob.mx/secciones/reforma/>
33. Suprema Corte de Justicia de la Nación, (2024). Consejo de la Judicatura Federal. Recuperado de <https://www.scjn.gob.mx/relaciones-institucionales/que-se-ha-dicho-sobre-la-reforma-judicial>
34. Transparencia Mexicana, (2025). Índice de corrupción confirma el mandato social de enfrentar de raíz la corrupción en México. Recuperado de <https://www.tm.org.mx/indice-de-corrupcion-confirma-el-mandato-social-de-enfrentar-de-raiz-la-corrupcion-en-mexico-transparencia-mexicana/>
35. Vollenweider, C. y Romano, S. (2017). Lawfare o la Guerra judicial en América Latina. CELAG. Recuperado de <https://tinyurl.com/dwzy3u>

ARTÍCULO ORIGINAL

## Diseño CFD del sistema de ventilación de un biorreactor en estado sólido

**Luis Guillermo Carreto-Hernandez<sup>1</sup>, Keren Martinez-Aguilar<sup>2\*</sup>, Ximena Villarreal-Ramírez<sup>3</sup>, Antonio de Jesús Cárdenas-Hernández<sup>4</sup>**

 <sup>1</sup>0000-0003-3476-6955, <sup>2</sup>0009-0005-8396-4810, <sup>3</sup>0009-0004-1223-8734, <sup>4</sup>0009-0009-4587-5293.

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.

Recepción 11 de septiembre 2025. Aceptación 25 de noviembre 2025.

---

### Resumen

En este estudio se evaluó el desempeño de ventilación de un biorreactor de fermentación en estado sólido mediante simulaciones de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD). El modelo físico consideró dos posibles entradas inferiores y tres salidas superiores, generando seis combinaciones de flujo analizadas a través de contornos de velocidad, edad local del aire (LMAA) e indicadores promedios. Los resultados mostraron que las entradas laterales producen patrones asimétricos con zonas de estancamiento, mientras que las entradas centrales generan flujos más equilibrados al combinar baja LMAA, velocidades intermedias y simetría en la distribución. Se identificó que las charolas centrales son las zonas más críticas por la acumulación de aire envejecido, además de observarse una relación inversa entre velocidad promedio y LMAA. En conclusión, la entrada central inferior con salida central o lateral derecha ofrece una ventilación más homogénea y estable, reduciendo el riesgo de acumulación de CO<sub>2</sub> y aportando criterios relevantes para el diseño y operación de biorreactores de estado sólido a escala experimental e industrial.

**Palabras clave:** Diseño de biorreactores, CFD, Desempeño de ventilación, Distribución de aire, Fermentación en estado sólido.

### Abstract

In this study, the ventilation performance of a solid-state fermentation bioreactor was evaluated using computational fluid dynamics (CFD) simulations. The physical model considered two possible lower inlets and three upper outlets, generating six flow configurations analyzed through velocity contours, local mean age of air (LMAA), and average performance indicators. The results showed that lateral inlets produced asymmetric flow patterns with stagnation zones, whereas central inlets generated more balanced airflow by combining low LMAA, intermediate velocities, and symmetric distribution. The central trays were identified as the most critical zones due to the accumulation of aged air, and an inverse relationship was observed between average velocity and LMAA. In conclusion, the central lower inlet combined with a central or right-side outlet provides more homogeneous and stable ventilation, reducing the risk of CO<sub>2</sub> accumulation and offering relevant criteria for the design and operation of solid-state bioreactors at both experimental and industrial scales.

**Keywords:** Bioreactor design, CFD, Ventilation performance, Air distribution, Solid-state fermentation.

## Introducción

En las industrias químicas y de bioprocesos, la homogeneidad del sistema y una adecuada transferencia de masa son elementos fundamentales para lograr procesos eficientes y reproducibles. Para abordar estos desafíos y acelerar el diseño y la optimización de procesos en distintas escalas y configuraciones de biorreactores, tanto la industria como el ámbito académico recurren cada vez más a la dinámica de fluidos computacional (CFD). Esta herramienta numérica permite visualizar y analizar de manera detallada el comportamiento del flujo de fluidos y el transporte de especies involucradas en reacciones bioquímicas dentro del biorreactor (Cho et al., 2025).

Si bien el uso de CFD en el diseño y análisis de biorreactores en fase líquida está ampliamente documentado (Sharifi et al., 2023; Xie et al., 2021; Xing et al., 2024; Shi et al., 2025), su aplicación en biorreactores de fermentación en estado sólido (FES) aún representa un campo emergente, con un enorme potencial, pero escasa exploración. Entre las configuraciones más empleadas para FES, Durand (Durand, 2003) destacó el uso de bandejas empacadas como un modelo eficiente y adaptable. En la misma línea, Smits et al. (1999) desarrollaron modelos matemáticos para estudiar la inactivación de la biomasa fúngica en condiciones no isotérmicas, es decir, con variaciones de temperatura. Sus hallazgos subrayan el papel determinante de la temperatura, así como la posibilidad de que el oxígeno se convierta en un factor limitante cuando hay alta conducción térmica y baja difusión gaseosa en el lecho.

Estos antecedentes evidencian la importancia de evaluar desde etapas tempranas las configuraciones más prometedoras para el diseño de biorreactores. Aunque tales configuraciones pueden validarse mediante estudios experimentales, estos procesos suelen ser costosos y prolongados. En este contexto, los estudios *in silico* (mediante simulación CFD) ofrecen una vía complementaria o incluso sustitutiva para reducir significativamente los tiempos y recursos requeridos, siempre que los modelos sean debidamente validados (Bokelmann et al., 2025).

Los biorreactores más estudiados en fermentación en estado sólido (SSF) son los de bandeja y tambor rotatorio, aunque en años recientes se han introducido los de cama empacada o columna de lecho fijo (Ruíz-Leza et al., 2007). En México, un ejemplo destacado de este enfoque lo presenta Barrios-Nolasco et al. (2024), quienes evaluaron el desempeño de la levadura *Yarrowia lipolytica* 2.2ab en un biorreactor de bandejas empacadas diseñado a medida, utilizando subproductos agroalimentarios como sustrato. El estudio permitió entender el comportamiento del sistema en términos de transferencia de oxígeno y calor, incluso bajo condiciones térmicas extremas.

Estos procesos se desarrollan en dos escalas: laboratorio, con pequeñas cantidades de sustrato, y piloto-industrial, que abarca desde kilogramos hasta toneladas. En esta última, el biorreactor Columna-Charola destaca por ser económico, ofrecer alta transferencia de oxígeno, mejor aireación y mayor disponibilidad de nutrientes, además de permitir una eficiente disipación del calor, lo que favorece un control térmico óptimo durante la fermentación (Ruíz-Leza et al., 2007).

La literatura demuestra que los biorreactores deben de ser diseñados desde un enfoque adecuado para la ventilación y remoción de calor. Ridder et al. (1999) indican que los caudales de aire suelen ser moderados (4 a 6 L/min) y a presiones bajas (<138 kPa), buscando una buena ventilación sin perturbar el sustrato. Esto ayuda a mantener condiciones estables sin comprometer la estructura o humedad del lecho. Arora et al. (2018) señala que los sistemas SSF actuales se enfrentan a retos de transferencia de calor y masa, que deben abordarse con ventilación, modelado y sistemas de control automatizado para mejorar su rendimiento y escalabilidad. Siguiendo esta línea, Musalbakri y Colin (2020) diseñaron un biorreactor con múltiples bandejas circulares que permite suministro continuo de O<sub>2</sub> y remoción de CO<sub>2</sub>, así como control térmico eficiente. Los autores encontraron que la ventilación constante es uno de los pilares de este diseño.

Más recientemente, Sánchez et al. (2024) realizaron una revisión de literatura sobre fermentación en estado sólido, donde encontraron que los biorreactores de cama empacada son generalmente usados en SSF aeróbico porque la aeración forzada provee O<sub>2</sub> y ayuda a remover el calor metabólico del lecho. También advierte sobre problemas comunes como flujos preferenciales de aire, zonas mal aireadas y diseños ineficaces de ventilación. Por su parte, Vauris et al. (2020) describieron cómo la disipación de calor en SSF depende críticamente de propiedades físico-químicas del sustrato y destaca que la ventilación forzada permite el control de temperatura, especialmente ajustando tasa y temperatura del aire de entrada.

Finalmente, Sala et al. (2024) evaluaron la SSF usando un biorreactor de lecho empacado para la producción de conidios de *Beauveria bassiana*. Los resultados mostraron que en SSF con biorreactores tipo packed-bed, la porosidad aireada (air-filled porosity ~ 80 %) es clave para el éxito: sin buena ventilación no se alcanzan altas producciones de conidios.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento de la ventilación en un biorreactor de estado sólido tipo columna-charola destinado a la producción del hongo *Trichoderma* spp., sobre sustrato de *Eichhornia crassipes*, especie considerada invasora en diversos sistemas acuáticos. Para ello, se desarrollan simulaciones CFD bidimensionales con el fin de optimizar

la distribución homogénea del aire en función de la ubicación y el diseño de las entradas y salidas.

Cabe destacar que este estudio no considera condiciones bióticas; por lo tanto, no se incluyen en el análisis las especies químicas generadas durante los procesos biológicos. Asimismo, no se evalúa el comportamiento térmico del sustrato, por lo que este trabajo constituye un primer acercamiento orientado al diseño y optimización de biorreactores tipo columna para procesos de fermentación en estado sólido.

## Material y métodos

### Características del biorreactor

El biorreactor estudiado es de tipo columna-charola, el cual ha demostrado ser eficiente para procesos SSF (Ridder et al., 1999; Arora et al., 2018; MUSAALBAKRI & COLIN, 2020; SÁNCHEZ ET AL., 2024; VAURIS ET AL., 2020; HÉCTOR A. ET AL., 2012; FIGUEROA-MONTERO ET AL., 2011). Las dimensiones típicamente utilizadas y el número de pisos empleados en este tipo de configuraciones se presentan en la Tabla 1, sirviendo como referencia para establecer el diseño base propuesto.

Tabla 1 Características típicas de un biorreactor columna-charola para fermentación en estado sólido.

| Trabajo                        | Ancho (cm) | Alto (cm) | Diámetro de entrada (cm) | Número de pisos |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------------------|-----------------|
| Ridder et al. (1999)           | 47.3       | 71.5      | 4.4 cm                   | 6               |
| Héctor et al. (2012)           | 25.0       | 38.0      | -                        | 8               |
| Musaalbakri & Colin (2020)     | 10.0       | 33.5      | -                        | 6               |
| Figueroa-Montero et al. (2011) | 36.0       | 60.8      | -                        | 5               |

En esta investigación, el biorreactor se considera con un ancho en el rango de 10 a 47.3 cm y una altura entre 33.5 y 71.5 cm, empleando 5 a 8 charolas; sin embargo, el diseño se optimizó para 6 charolas, ya que esta configuración es la más reportada en la literatura. El biorreactor estudiado en este trabajo es un diseño conceptual no construido físicamente, desarrollado con base en configuraciones típicas de biorreactores columna-charola reportadas en la literatura. No corresponde a un horno de convección adaptado. Su función en esta investigación es servir como modelo base para evaluar la eficiencia de la ventilación y orientar futuros diseños experimentales.

El sistema está diseñado para contener aproximadamente 2.0 kg de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como sustrato sólido, cuya densidad es de  $96 \text{ kg/m}^3$  con un contenido de humedad inicial del 92% (Mathur & Singh, 2004). Para el diseño seleccionado, se utilizan charolas de  $35 \times 25 \text{ cm}$  con una cama de sustrato de 4 cm de espesor, obteniéndose una masa por charola de 0.336 kg. En total, las 6 charolas alojan una masa aproximada de 2.016 kg.

El biorreactor incorpora un espacio libre entre charolas de 4 cm, así como un plenum lateral de 6 cm, un plenum inferior de 10 cm y un plenum superior de 5 cm. Considerando estas dimensiones, la altura total del sistema es de 59 cm y el

ancho de 47 cm, valores que se encuentran dentro del rango reportado en la literatura. Además, el flujo de aire ingresa por una entrada de 4.4 cm de aire como se recomienda en la literatura (Ridder et al., 1999). Estas características de diseño permiten garantizar una distribución homogénea del flujo de aire a través de las charolas y un control adecuado de los parámetros ambientales internos, optimizando así las condiciones para el proceso de fermentación en estado sólido.

### Modelo Físico

El modelo físico del biorreactor, diseñado con las características previamente descritas, se presenta en la Figura 1. En este modelo se aprecia que el aire de ventilación ingresa por la parte inferior y se descarga por la parte superior, permitiendo un flujo ascendente a través de las charolas. Se consideran dos posibles entradas de aire, numeradas como (1) en la parte inferior izquierda y (2) en la zona central inferior. Por su parte, las tres posibles salidas de aire están identificadas con las letras: (a) en la parte superior izquierda, (b) en la parte superior central y (c) en la parte superior derecha. Esta configuración permite evaluar seis combinaciones distintas de entrada y salida de aire, proporcionando flexibilidad para analizar el efecto del patrón de ventilación sobre el comportamiento del sistema. Además, en la Figura 1 se muestran las dimensiones generales del biorreactor, la disposición de las charolas y el sistema difusor de aire, incluyendo las homogeneizaciones diseñadas para favorecer una distribución homogénea del flujo durante la fermentación en estado sólido.

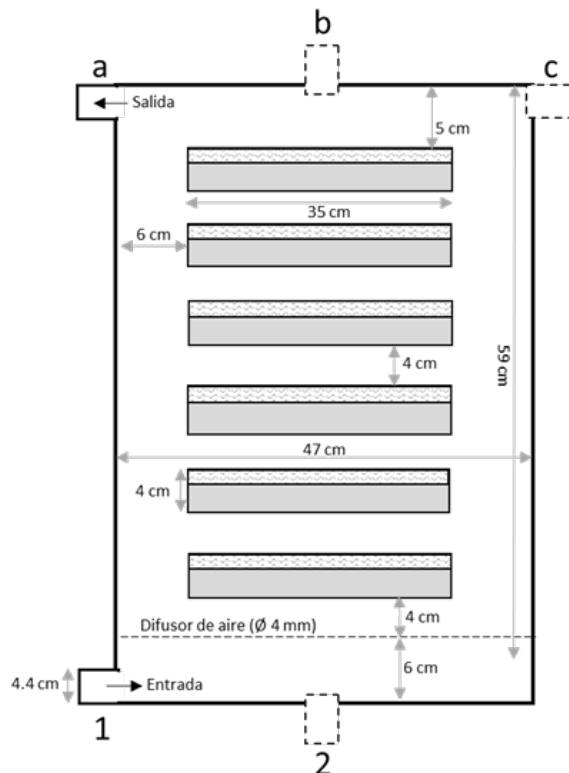


Figura 1. Modelo físico del biorreactor

### Modelo Matemático

Para el estudio de la distribución de aire en el biorreactor, se considera únicamente la dinámica del flujo de aire, sin incluir fenómenos de transferencia de calor. En consecuencia, los

mecanismos de movimiento asociados a la flotabilidad y a las variaciones de densidad por efectos térmicos son despreciados. El aire se modela como un fluido newtoniano, incompresible y viscoso, y se asume que el régimen de flujo es turbulento, en específico el flujo turbulento se asume por los posibles desprendimientos de flujo y estelas generadas en el difusor de aire. El comportamiento del flujo se describe mediante las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido incompresible, que representan la conservación de la masa y la cantidad de movimiento (Patankar, 2018):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \vec{v})}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{v} \vec{v}) = \nabla(\mu \nabla \vec{v}) - \nabla p \quad (2)$$

Donde,  $\rho$  es la densidad del fluido [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],  $\vec{v}$  es el vector de velocidad [ $\text{m}/\text{s}$ ],  $p$  es la presión [ $\text{Pa}$ ] y  $\mu$  es la viscosidad dinámica [ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ].

Dado que en este estudio se simula un flujo de aire ascendente y descendente a través de las charolas, y considerando que la geometría del biorreactor es relativamente simple, se seleccionó el modelo de turbulencia  $k$ - $\varepsilon$  estándar como opción inicial. Este modelo se caracteriza por su robustez, estabilidad numérica y costo computacional moderado, y ha sido utilizado en la simulación de biorreactores en estudios previos (Panunzi et al., 2022; Yu et al., 2025). Las ecuaciones de dicho modelo son (ANSYS Fluent, 2015):

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k \bar{v}_i) \\ = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b \\ - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon \bar{v}_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} (G_k \\ + C_{\varepsilon 3} G_b) - \rho C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \end{aligned} \quad (4)$$

Este modelo se basa en la modelización de dos ecuaciones de transporte, para la energía cinética turbulenta  $k$  y para su tasa de disipación  $\varepsilon$ . Donde  $G_k$  es el término de producción de  $k$ ,  $G_b$  es la generación de  $k$  debida a la flotabilidad,  $Y_M$  representa la contribución de la dilatación fluctuante en la turbulencia comprimible a la tasa de disipación total,  $\sigma_k$  es el número de Prandtl turbulento para  $k$ , y  $S_k$  es un término fuente definido por el usuario.  $C_{\varepsilon 1}$ ,  $C_{\varepsilon 2}$ ,  $C_{\varepsilon 3}$  son constantes y  $\sigma_\varepsilon$  es el número de Prandtl turbulento para  $\varepsilon$ .

Los modelos matemáticos descritos en las ecuaciones (1)-(4) se resolvieron mediante la técnica de volúmenes finitos implementada en el software ANSYS Fluent. Para el acoplamiento presión-velocidad se empleó el algoritmo SIMPLE, mientras que las ecuaciones de transporte se discretizaron utilizando esquemas de segundo orden, con el fin de mejorar la precisión numérica y reducir los errores de difusión asociados a la aproximación espacial.

### Condiciones de frontera

Las condiciones de frontera dinámicas establecidas para el biorreactor consideran una condición de no deslizamiento en todas las paredes internas, de modo que la velocidad tangencial del aire es nula en contacto con las superficies

sólidas. En la entrada de aire se impone una condición de velocidad uniforme, calculada a partir de la tasa óptima de aireación para *Trichoderma* reportada en la literatura, equivalente a 2.9 L/min·Kg de sustrato (Ridder et al., 1999). Considerando una masa total de sustrato de 2.016 kg y una entrada circular de 4.4 cm de diámetro, la velocidad de entrada en la frontera se determinó en 0.064 m/s. Por su parte, en la salida del sistema se establece una condición de presión de referencia correspondiente a la presión atmosférica.

### Parámetro de diseño

Como parámetro principal para evaluar el diseño del biorreactor, se consideró la edad local del aire (LMAA, Local Mean Age of Air), la cual permite identificar y analizar, de manera cualitativa y cuantitativa, las zonas donde el aire puede permanecer estancado por más tiempo. Este indicador es ampliamente utilizado en estudios de ventilación y distribución de flujo en sistemas cerrados (Carreto-Hernandez L. et al., 2022; Carreto-Hernandez L. et al., 2023; Carreto-Hernandez L. et al., 2024), ya que proporciona información sobre la eficiencia de renovación del aire.

La edad local del aire en un punto determinado se define como el tiempo promedio que tarda una partícula de aire en llegar a dicho punto desde la entrada. Matemáticamente, se calcula resolviendo la siguiente ecuación de transporte:

$$\nabla \cdot (\rho \vec{v}(\text{LMAA}) - \Gamma_i \nabla(\text{LMAA})) = S_{\text{LMAA}} \quad (5)$$

Donde  $\vec{v}$  y  $\rho$  representan la velocidad y la densidad del fluido, respectivamente; LMAA es el escalar a resolver,  $S_{\text{LMAA}}$  es el término fuente del escalar y  $\Gamma_i$  es la difusividad del escalar.

Además, al calcular la LMAA mediante el método en estado estacionario, se debe aplicar un criterio de convergencia más estricto para los residuales en comparación con los valores predeterminados en ANSYS Fluent. Se recomienda utilizar  $1 \times 10^{-12}$  (Carreto-Hernandez L. et al., 2022; Carreto-Hernandez L. et al., 2023; Carreto-Hernandez L. et al., 2024; Gilani et al., 2016).

## Resultados

### Contornos de velocidad del aire

La Figura 2 presenta los contornos de velocidad correspondientes a las seis combinaciones de entrada y salida de aire consideradas en el biorreactor. En todos los casos se observa un flujo ascendente a través de las charolas, aunque la distribución de la velocidad varía según la ubicación de la entrada y la salida. En el caso (1)-(a), el aire ingresa por la parte inferior izquierda y se concentra en ese sector, generando un chorro que asciende de manera lateral y ocasiona una distribución menos homogénea en los niveles superiores.

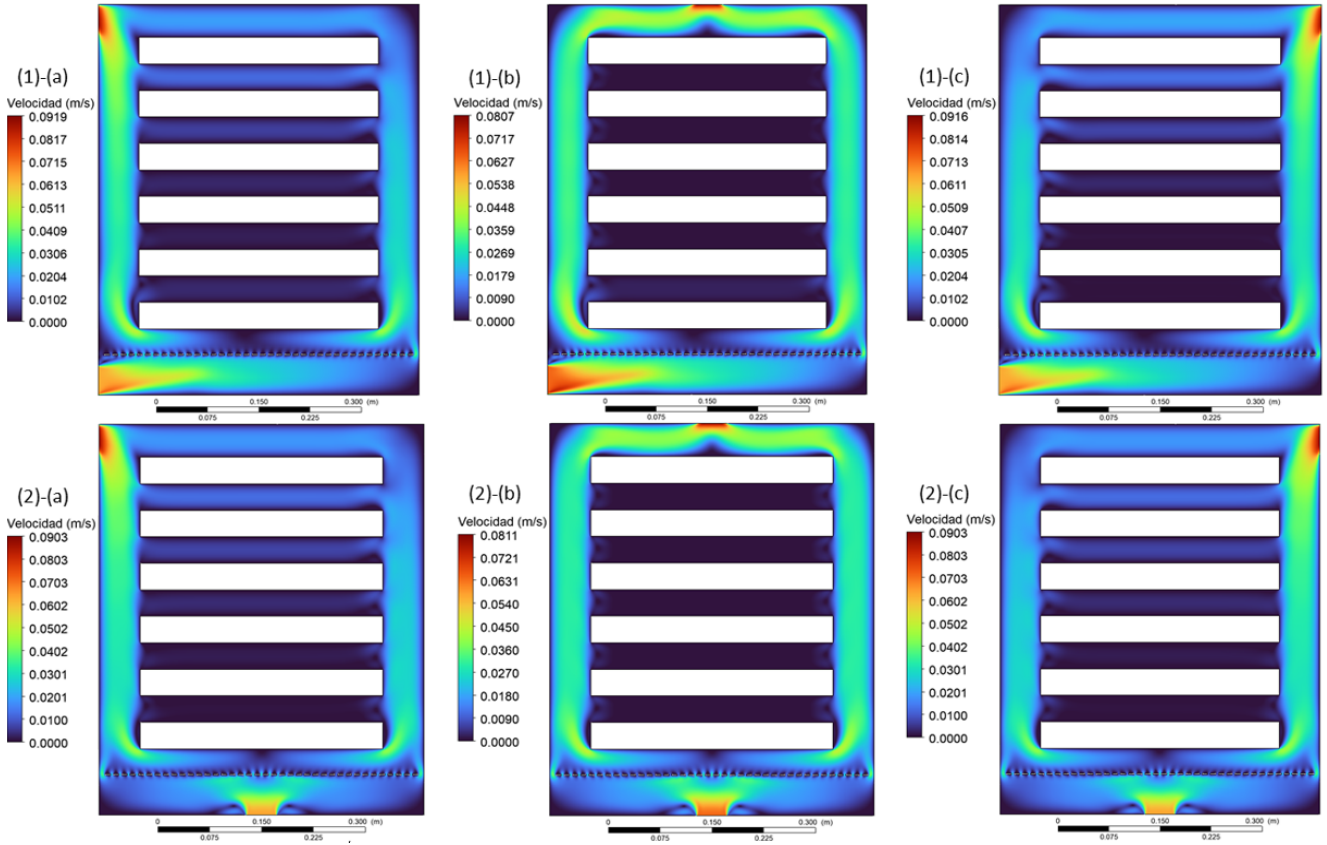


Figura 2. Contornos de velocidad

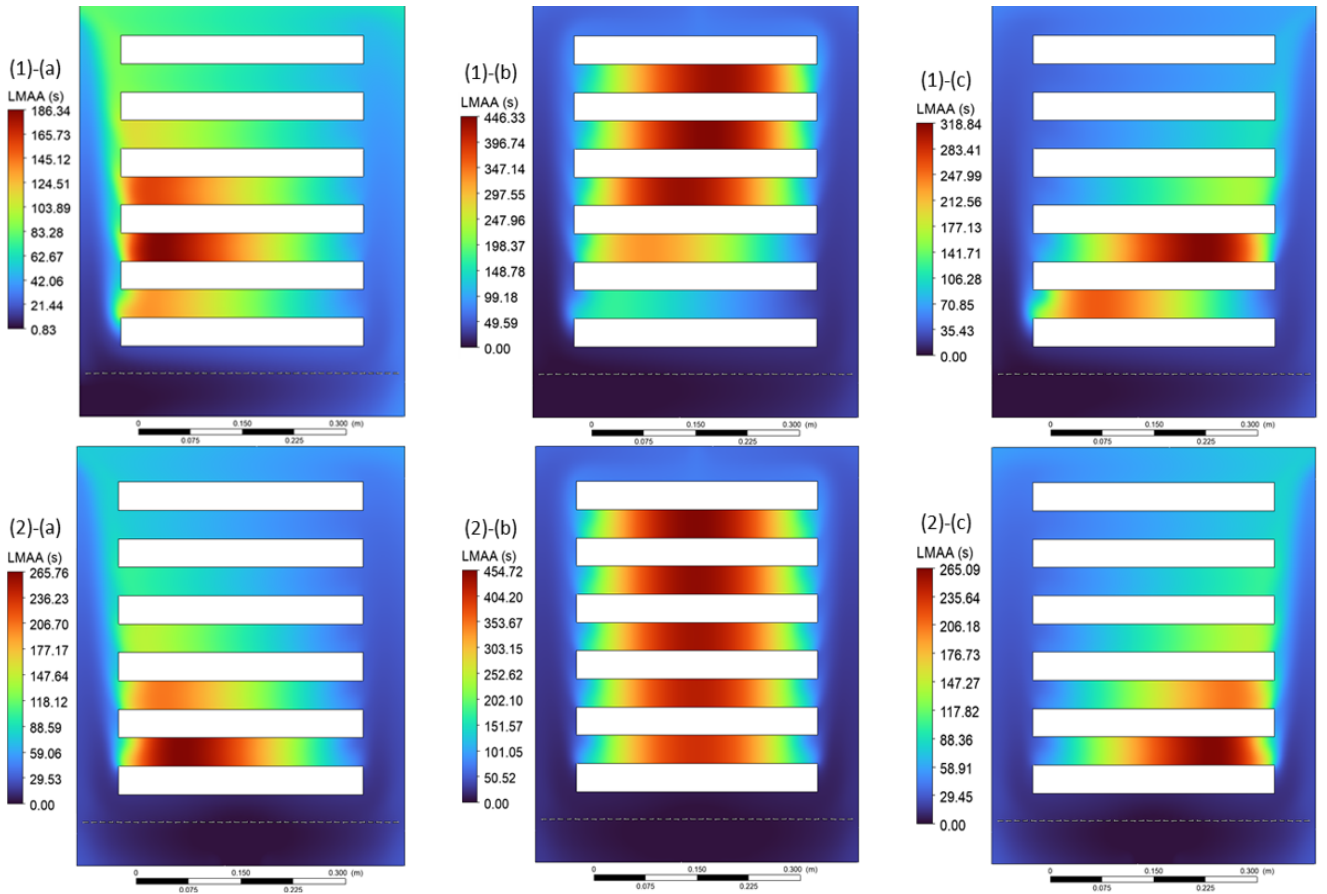


Figura 3. Edad local del aire

En contraste, el caso (1)-(b) muestra velocidades más bajas en general, con recirculaciones predominantes en los laterales y un flujo central atenuado, lo cual limita la ventilación uniforme entre charolas. La configuración (1)-(c) logra un mejor equilibrio, ya que el flujo se distribuye de manera más uniforme entre el lado izquierdo y el derecho, alcanzando las charolas superiores con mayor regularidad.

En los casos con entrada central inferior, el patrón del flujo cambia notablemente. En la configuración (2)-(a), el aire asciende de forma más simétrica en comparación con los casos anteriores, aunque tiende a desviarse hacia el lado izquierdo debido a la salida ubicada en esa zona. El caso (2)-(b) muestra un comportamiento estable y centrado, con un chorro vertical que favorece la ventilación uniforme en todo el dominio, aunque con velocidades promedio menores respecto a otros casos. Finalmente, en el caso (2)-(c) el aire tiende a desplazarse hacia la parte derecha, generando un gradiente de velocidades que concentra la ventilación en esa zona. En general, los casos (2)-(a) y (2)-(c) son simétricos cualitativamente y cuantitativamente. Por lo tanto, ambos presentan velocidades máximas que se mantienen en un rango de 0.08 a 0.09 m/s, lo que resulta adecuado para favorecer el intercambio gaseoso sin riesgo de desecación excesiva del sustrato.

### Estancamiento del aire

La Figura 3 muestra la distribución de la edad local del aire (LMAA) en las seis configuraciones de ventilación analizadas. Este parámetro refleja el tiempo de permanencia del aire en el interior del biorreactor y, por lo tanto, permite identificar zonas de estancamiento y eficiencia en la renovación del flujo. En el caso (1)-(a), los valores de LMAA se mantienen relativamente bajos, con un máximo cercano a 186 s, lo que indica una adecuada renovación del aire en la mayoría de las charolas. Sin embargo, en la configuración (1)-(b) se observa un incremento considerable en la edad local, alcanzando hasta 446 s, particularmente en las charolas centrales, lo que evidencia zonas de estancamiento significativas. En el caso (1)-(c), los valores disminuyen respecto al anterior, con un máximo de 318 s, aunque persisten acumulaciones de aire estancado en la región central.

En las configuraciones con entrada central inferior, el caso (2)-(a) y (2)-(c) presentan una edad máxima de 265 s, lo que indica un comportamiento intermedio y una mejor renovación respecto al caso (1)-(b). En contraste, el caso (2)-(b) exhibe valores elevados de hasta 454 s, mostrando que, pese a la simetría del flujo observada en los contornos de velocidad, existen zonas de baja renovación en las charolas centrales.

### Desempeño promedio

La Figura 4 resume el desempeño promedio de cada configuración en términos LMAA y velocidad. Se aprecia que el caso (1)-(b) y el caso (2)-(b) presentan los valores

más elevados de LMAA, alcanzando alrededor de 115 s y 135 s respectivamente, lo que confirma que estas configuraciones generan un mayor estancamiento en comparación con las demás. En contraste, el caso (1)-(a) muestra el valor más bajo de LMAA, cercano a 56 s, seguido por los casos (1)-(c), (2)-(a) y (2)-(c), los cuales mantienen un rango intermedio con valores entre 59 y 66 s.

Respecto a la velocidad promedio, los resultados se mantienen en un rango estrecho entre 0.013 y 0.015 m/s, sin diferencias extremas entre los casos. Sin embargo, se observa que configuraciones con menor LMAA, como (1)-(a), también presentan velocidades relativamente altas, mientras que los casos con mayor edad local, como (1)-(b) y (2)-(b), coinciden con velocidades menores. Es importante señalar que los casos (2)-(a) y (2)-(c) son simétricos, por lo que sus valores de velocidad y LMAA son idénticos, confirmando la consistencia de las simulaciones.

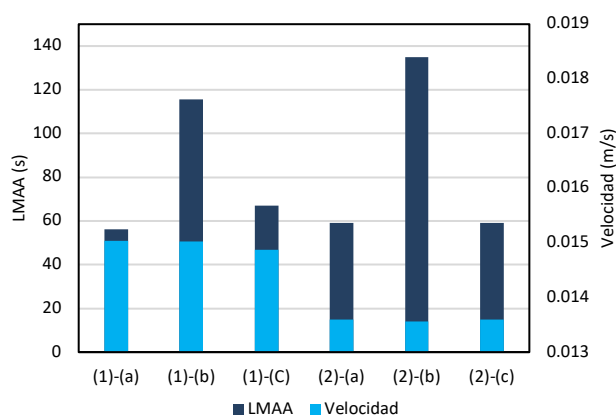


Figura 4. Edad local del aire y velocidades promedio en cada caso simulado

### Discusión

El análisis confirma que la ubicación de las entradas y salidas de aire determina de manera decisiva el patrón de ventilación del biorreactor. Las configuraciones con entrada lateral (serie 1) muestran asimetrías que reducen la uniformidad del flujo; en particular, el caso (1)-(b) presenta el mayor estancamiento, lo que evidencia que la combinación de entrada lateral con salida central no garantiza una adecuada renovación. En contraste, el caso (1)-(a) registra la menor edad local del aire y mayores velocidades, favoreciendo la ventilación, mientras que (1)-(c) mejora la distribución respecto a (1)-(b), aunque aún concentra gradientes en la zona media.

Las entradas centrales (serie 2) generan patrones más equilibrados. El caso (2)-(b), aunque simétrico en su trayectoria, alcanza el mayor estancamiento de la serie, lo que limita la eficiencia de renovación. En contraste, el caso (2)-(a) y (2)-(c) ofrecen valores intermedios de edad local, pero tiende a desviar el flujo hacia un lado. Ambos combinan un flujo más uniforme con valores bajos de LMAA, logrando condiciones más homogéneas a lo largo de

las charolas.

De forma consistente, las charolas centrales son la región más crítica del sistema, ya que concentran los valores más elevados de edad local en todas las configuraciones. Además, la comparación integrada de LMAA y velocidad promedio revela una relación inversa: las configuraciones con menor velocidad presentan mayor estancamiento, como ocurre en (1)-(b) y (2)-(b). Por el contrario, (1)-(a) combina la mayor velocidad con la menor edad local, mientras que (2)-(c) ofrece un equilibrio más estable, con buen desempeño en ambos indicadores y una distribución más simétrica del flujo.

En síntesis, aunque la configuración (1)-(a) muestra el mejor desempeño cuantitativo, la opción más robusta para la operación real del biorreactor es (2)-(a) y (2)-(c), ya que aseguran ventilación uniforme, evitan acumulaciones críticas de aire envejecido y mantiene condiciones más controladas para el crecimiento microbiano y la reproducibilidad del proceso.

## Conclusiones

El estudio CFD del biorreactor de fase sólida permitió evaluar seis configuraciones de ventilación a partir de distintas combinaciones de entrada y salida de aire. Los resultados demuestran que la distribución del flujo está fuertemente condicionada por la ubicación de las aberturas, lo cual influye tanto en los patrones de velocidad como en la edad local del aire.

Las configuraciones con entrada lateral evidencian asimetrías que reducen la uniformidad del flujo y favorecen zonas de estancamiento, especialmente con una salida superior central ((2)-(b)). En contraste, la entrada central inferior mostró un mejor desempeño, siendo la configuración con salidas laterales izquierda y derecha ((2)-(a) y (2)-(c)) las que alcanzaron un compromiso óptimo entre velocidad, baja edad local y simetría en la distribución, lo que garantiza una ventilación más homogénea en todas las charolas.

De manera consistente, las charolas centrales se identificaron como la región más crítica, al concentrar los mayores tiempos de permanencia del aire. Asimismo, se confirmó una relación inversa entre velocidad y LMAA: configuraciones con menor velocidad promedio presentaron mayores niveles de estancamiento.

En conjunto, se concluye que la entrada central inferior combinada con la salida lateral derecha o izquierda constituye a la estrategia de ventilación más adecuada para este tipo de sistemas, al reducir el riesgo de acumulación de CO<sub>2</sub> y asegurar condiciones más estables de oxigenación. Este hallazgo aporta criterios relevantes para el diseño y operación de biorreactores de estado sólido, favoreciendo un control más eficiente del proceso de fermentación y la reproducibilidad a escala

experimental e industrial.

## Contribución de los autores

**Luis Guillermo Carreto-Hernández:** Redacción-revisión y edición, Redacción-borrador original, Software, Metodología, Investigación, Análisis formal, Conceptualización.

**Keren Martínez-Aguilar:** Redacción-revisión y edición, Supervisión, Recursos, Administración de proyecto, Conceptualización.

**Ximena Villarreal-Ramírez:** Redacción, Investigación, Revisión de literatura, Conceptualización.

**Antonio de Jesús Cárdenas-Hernández:** Software, Metodología, Investigación, Análisis formal.

## Financiamiento

“No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo”.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna

## Referencias

- Xing, Z., Duane, G., O'Sullivan, J., Chelius, C., Smith, L., Borys, M., & Khetan, A. (2024). Validation of a CFD model for cell culture bioreactors at large scale and its application in scale-up. *Journal of Biotechnology*, 387, 79-88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2024.02.006>
- ANSYS Fluent, Theory Guide 15, ANSYS Inc., EE. UU. (s.f.).
- Arora, S., Rani, R., & Ghosh, S. (2018). Bioreactors in solid state fermentation technology: Design, applications and engineering aspects. *J Biotechnol*, 269, 16-34. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.01.010>
- Barrios-Nolasco, A., Castillo-Araiza, C., Huerta-Ochoa, S., Reyes-Arreozola, M., Buenrostro-Figueroa, J., & Prado-Barragán, L. (2024). Evaluating the Performance of *Yarrowia lipolytica* 2.2ab in Solid-State Fermentation under Bench-Scale Conditions in a Packed-Tray Bioreactor. *Fermentation*, 70(7), 344. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/fermentation10070344>
- Bokelmann, C., Bromley, J., & Takors, R. (2025). Pros and cons of airlift and bubble column bioreactors: How internals improve performance. *Biochemical Engineering Journal*, 213, 109539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109539>
- Carreto-Hernandez, L., Moya, S., Baez-García, W., Sandoval Herazo, L., Francisco-Hernandez, A., Hernández-Jerónimo, J., & Téllez-Velázquez, E. (2024). Numerical-experimental investigation of a wind tower-room sustainable system: A parametric analysis of the mixed convection with humidification. *Journal of Building Engineering*, 91, 109624. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109624>
- Carreto-Hernandez, L., Moya, S., Varela-Boydo, C., & Francisco-Hernandez, A. (2022). Studies of ventilation and thermal comfort in different wind tower-room

- configurations considering humidification for a warm climate of Mexico. *Journal of Building Engineering*, 46, 103675.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103675>
8. Carreto-Hernandez, L., Moya, S., Varela-Boydo, C., & Francisco-Hernandez, A. (2023). Numerical-experimental study of mixed convection in a wind tower-room system. *Building and Environment*, 237, 110294.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110294>
  9. Cho, B., Teke, G., Gakingo, G., Pott, R., & Zhang, D. (2025). CFD predictive simulations of miniature bioreactor mixing dynamics coupled with photo-bioreaction kinetics in transitional flow regime. *Biochemical Engineering Journal*, 214, 109585.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109585>
  10. Durand, A. (2003). Bioreactor designs for solid state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 13(2-3), 113-125.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00124-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00124-9)
  11. Figueroa-Montero, A., Esparza-Isunza, T., Saucedo-Castañeda, G., Huerta-Ochoa, S., Gutiérrez-Rojas, M., & Favela-Torres, E. (2011). Improvement of heat removal in solid-state. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 86, 1321-1331.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jctb.2637>
  12. Gilani, S., Montazeri, H., & Blocken, B. (2016). CFD simulation of stratified indoor environment in displacement ventilation: Validation and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 95, 299-313.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.09.010>
  13. Héctor A., R., Rodríguez-Jasso, R., Rodríguez, R., Contreras-Esquivel, J., & Aguilar, C. (2012). Pectinase production from lemon peel pomace as support and carbon source in solid-state fermentation column-tray bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, 65, 90-95.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bej.2012.03.007>
  14. Mathur, S., & Singh, P. (2004). Development and Performance Evaluation of a Water Hyacinth Chopper cum Crusher. *Biosystems Engineering*, 88(4), 411-418.
  15. Musaalbakri, A., & Colin, W. (2020). Newly designed multi-stacked circular tray solid-state bioreactor: analysis of a distributed parameter gas balance during solid-state fermentation with influence of variable initial moisture content arrangements. *Bioresources and Bioprocessing*, 16, 7.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40643-020-00307-9>
  16. Panunzi, A., Moroni, M., Mazzelli, A., & Bravi, M. (2022). Industrial Case-Study-Based Computational Fluid Dynamic (CFD) Modeling of Stirred and Aerated Bioreactors. *ACS Omega*, 7(29), 25152-25163.  
<https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01886>
  17. Patankar, S. (2018). *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Taylor & Francis.
  18. Ridder, E., Nokes, S., & Knutson, B. (1999). Optimization Of Solid-State Fermentation Parameters For The Production Of Xylanase By *Trichoderma longibrachiatum* On Wheat Bran In A Forced Aeration System. *Transactions of the ASAE*, 42(6), 1785-1790.  
<https://doi.org/10.13031/2013.13342>
  19. Ridder, E., Nokes, S., & Knutson, B. (1999). Optimization of Solid-State Fermentation Parameters for the Production of Xylanase by *Trichoderma longibrachiatum* on Wheat Bran in a Forced Aeration System. *Transactions of the ASAE*, 42(6), 1785-1790.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.13031/2013.13342>
  20. Ruíz-Leza, H., Rodríguez-Jasso, R., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J., & Aguilar, C. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista mexicana de ingeniería química*, 6(1), 33-40.
  21. Sala, A., Artola, A., Barrera, R., & Sánchez, A. (2024). Harnessing Packed-Bed Bioreactors' Potential in Solid-State Fermentation: The Case of *Beauveria bassiana* Conidia Production. *Fermentation*, 10(9), 481.
  22. Sánchez, A., Oiza, N., Artola, A., Font, X., Barrera, R., Moral-Vico, J., & Gea, T. (2024). Solid-state fermentation: a review of its opportunities and challenges in the framework of circular bioeconomy. *Afinidad Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry*, 81(601), 51-57.
  23. Sharifi, F., Behzadfar, E., & Ein-Mozaffari, F. (2023). Analyzing Local Shear Rate Distribution in a Dual Coaxial Mixing Bioreactor Handling Herschel-Bulkley Biopolymer Solutions through Computational Fluid Dynamics. *Processes*, 11(12), 3387.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pr11123387>
  24. Shi, Q., Xu, X., Deng, H., Li, J., & Zhang, Q. (2025). Research on multi-objective optimization of bioreactor cupped impeller CFD based on improved proxy model. *Thermal Science and Engineering Progress*, 61, 103508.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsep.2025.103508>
  25. Smits, J., van Sonsbeek, H., Tramper, J., Knol, W., Geelhoed, W., Peeters, M., & Rinzema, A. (1999). Modelling fungal solid-state fermentation: the role of inactivation kinetics. *Bioprocess Engineering*, 20, 391-404.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s004490050607>
  26. Vauris, A., Valcauda, S., Husson, F., & De Coninck, J. (2020). A novel method to assess heat transfer and impact of relevant physicochemical parameters for the scaling up of solid state fermentation systems. *Biotechnol Reports*, 36.  
<https://doi.org/10.1016/j.btre.2022.e00764>
  27. Xie, L., Zhu, J., Ramírez, M., & Jiang, C. (2021). CFD-single particle modeling and simulation of the removal of H<sub>2</sub>S in a packed-bed bioreactor. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105692.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105692>
  28. Yu, X., Chen, K., Zhou, C., Wang, Q., Chu, J., Yao, Z., Liu, Y., Sun Y. (2025). Bioreactor Design Optimization Using CFD for Cost-Effective ACPase Production in *Bacillus subtilis*. *Fermentation*, 11(7), 386.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/fermentation11070386>

ARTÍCULO ORIGINAL

## **Estudio comparativo de la calidad microbiológica mesófila del queso fresco artesanal elaborado en Vega de Alatorre y Martínez de la Torre, Veracruz**

**Elena Cruz-Preza<sup>1\*</sup>, Alfredo Nava-Zamora<sup>2</sup>, Francisco Javier Gutiérrez-Hernández<sup>3</sup>, Juan Francisco Vázquez-Hernández<sup>4</sup>**



<sup>1</sup>0000-0002-7207-6763, <sup>2</sup>0009-0004-6962-4716, <sup>3</sup>0000-0002-8244-8161, <sup>4</sup>0009-0005-2938-0611.

<sup>1,2,3</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Veracruz, México.

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz, México.

Recepción 11 de octubre 2025. Aceptación 09 de diciembre 2025.

### **Resumen**

La elaboración de quesos frescos artesanales comúnmente presenta medidas de higiene y equipos deficientes provocando problemas de inocuidad en el producto, debido a su corta maduración y alta humedad dado que se expone a diversos riesgos microbiológicos a lo que puede ser causa de una enfermedad transmitida por alimentos. Vega de Alatorre y Martínez de la Torre en el estado de Veracruz México, son municipios productores de queso artesanal con gran demanda en la región. El objetivo del presente fue comparar la calidad microbiológica de queso fresco expedido en punto de venta entre los municipios de Martínez de la Torre y Vega de Alatorre. Las muestras se adquirieron por duplicado en seis queserías (tres por cada municipio). El análisis microbiológico incluyó la cuenta de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey  $\alpha = 0.05$ ) para determinar diferencias significativas, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar mediante el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Versión 30.00. En ambos productos se detectó presencia de bacterias mesófilas aerobias en cantidades superiores a lo permisible en queso fresco de la NOM-092-SSA1-1994, identificándose más carga microbiana en los puntos de venta de Vega de Alatorre que los comercializados en Martínez de la Torre. Los resultados mostraron ineficiencia en la calidad microbiológica del queso fresco artesanal, a lo que puede deberse a la falta de Buenas Prácticas de Higiene durante el procesamiento y exhibición del producto.

**Palabras clave:** Queso fresco, Inocuidad, Queso artesanal, Veracruz, Higiene.

### **Abstract**

The production of artisanal fresh cheeses commonly involves poor hygiene and equipment, leading to product safety issues. Due to their short maturation period and high humidity, they are exposed to various microbiological risks, which can cause foodborne illness. Vega de Alatorre and Martínez de la Torre, in the state of Veracruz, Mexico, are municipalities that produce artisanal cheese with high demand in the region. The objective of this study was to compare the microbiological quality of fresh cheese sold at points of sale between the municipalities of Martínez de la Torre and Vega de Alatorre. Samples were acquired in duplicate from six cheese factories (three per municipality). Microbiological analysis included the Aerobic Mesophilic Bacteria (AMB) count according to NOM-092-SSA1-1994. An analysis of variance (ANOVA) and mean comparison (Tukey  $\alpha = 0.05$ ) were performed to determine significant differences, using a completely randomized block design with SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Version 30.00 software. Both products showed the presence of aerobic mesophilic bacteria in quantities exceeding the limits established by NOM-092-SSA1-1994 for fresh cheese. Higher microbial loads were identified at the points of sale in Vega de Alatorre than at those sold in Martínez de la Torre. The results indicated deficiencies in the microbiological quality of the artisanal fresh cheese, which may be due to a lack of Good Hygiene Practices during product processing and display.

## Introducción

La palabra queso es designada al producto fresco o madurado el cual es adquirido por medio de la separación parcial del suero de la leche, leche reconstituida o de sueros lácteos, existiendo una amplia variedad de quesos sea por presentación, forma, tamaño, recubrimiento e incluso el tipo de leche empleada lo que complica su clasificación (Sánchez, 2015). De acuerdo con la NOM-243-SSA1-2010 el queso fresco se caracteriza por su alto contenido de humedad, por presentar o no una corteza muy fina, así como aditivos e ingredientes (SSA, 2010); no pasan por un proceso de envejecimiento significativo, necesitan refrigerarse y tienen una vida útil corta (Administración de Alimentos y Medicamentos, 2025).

Por su parte, el queso fresco artesanal se obtiene de la coagulación de leche no pasteurizada y una cuajada conteniendo la mayoría de los componentes lácteos (Díaz et al., 2017). Se distinguen por contener al menos un 40 % de materia de grasa láctea sin agua y pueden contener conservadores, colorante de origen vegetal y aromatizantes permitidos (Shukri et al., 2022).

La artesanidad en alimentos se determina por baja escala de producción, uso intensivo de mano de obra familiar en el proceso, poca intensidad en el uso de maquinaria y equipos, reducción de velocidad en el cambio tecnológico (Camacho et al., 2019). El queso de producción artesanal es una materia prima que durante décadas ha sido base de la alimentación de la población, producido por la fermentación de la leche de ovinos, bovinos y caprinos (Merchán et al., 2019), particularmente elaborado con mano de obra familiar donde su producción es definida por las costumbres y condiciones de cada región, son productos que derivan de regiones específicas de México y por tanto pertenecen a esos territorios (Cervantes, Islas y Camacho, 2019). Los quesos frescos se caracterizan por su pasta fresca, salada y sin madurar motivo por el cual debe ser conservado a temperaturas entre 2-5 °C, en este tipo se incluyen el queso ranchero, panela y requesón por la alta humedad que presentan (López, 2010).

Sus inicios de elaboración fueron las rancherías como aprovechamiento de los excedentes de la leche (Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural (SADER), 2016); siendo el resultado del sabor característico el empleo de las propias técnicas empleadas por los productores informales (Merchán et al., 2019).

Se estima que en México se producen cerca de 40 variedades de quesos genuinos como son Oaxaca, Chihuahua, panela, asadero, Cotija, sierra, adobera, trenzado, sopero, chongos, requesón, jocoque, de cincho, hoja, poro, bola, morral, epazote y rueda, entre otros (SADER, 2016). Esta actividad ocupa el tercer lugar de productividad dentro de la industria alimenticia utilizando el 25 % del total de leche producida en el país (González et al., 2016).

Vega de Alatorre en el estado de Veracruz es reconocido por la producción de quesos artesanales y semi-industrializados, resaltando el queso elaborado en la comunidad de Emilio Carranza mostrando gran demanda por los consumidores locales y de municipios cercanos debido a los atributos culinarios que poseen; por su parte, Martínez de la Torre ubicado en el mismo estado también es considerado producción de queso, pero con menor producción (Gómez, 2020).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) más de 200 enfermedades son causadas por el consumo de alimentos contaminados por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas, así como cada año casi 1 de cada 10 personas de todo el mundo enferma por ingerir alimentos contaminados provocando 420 000 muertes. La contaminación microbiológica de los alimentos representa un riesgo para la salud pública (López et al., 2023).

La calidad sanitaria de quesos frescos artesanales es de interés público debido a que se asocian a la aparición de brotes transmitidos por alimentos (Bonilla-Luque et al., 2023; García et al., 2024).

Diversos estudios mencionan que la contaminación de quesos por bacterias mesófilas es un indicador de malas prácticas de higiene durante el proceso de producción, manipulación o almacenamiento (Moreano et al., 2024).

Este trabajo tuvo como objetivo comparar la calidad microbiológica de Bacterias Mesófilas Aerobias del queso fresco artesanal elaborado en Vega de Alatorre y Martínez de la Torre, ubicados en el estado de Veracruz, México.

## Material y métodos

### Muestreo de queso

Las muestras empleadas en este estudio se recolectaron en seis puntos de venta (tres en Vega de Alatorre y tres en Martínez de la Torre) que se evaluaron preliminarmente como comercializadoras de quesos artesanales según los criterios descritos por Garanti y Berberoglu (2018): 1) su producción regional en torno a la zona de tradición de queso fresco, 2) la perpetuación de procesos originales a través del tiempo (leche de razas locales), 3) la tradición en la comercialización regional.

El muestreo se llevó a cabo con base a lo indicado en la NOM-110-SSA1-1994 para ello se tomaron 300 g de queso por cada punto de venta durante el otoño de 2023. Las muestras fueron transportadas en cadena de frío a 4 °C considerando los criterios establecidos en la NOM-109-SSA1-1994 al laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

### Análisis microbiológico del queso

Para la preparación y dilución de las muestras de queso artesanal se llevó a cabo por lo descrito en la NOM-110-SSA1-1994, para lo cual se realizaron diluciones seriadas mediante homogenizadores y tubos estériles que contenían 90 ml y 9 ml de agua peptonada, respectivamente. Para obtener la

dilución  $10^{-1}$ , se agregaron 10 g de muestra al homogenizador y se procesaron durante cuatro ciclos de 30 s cada uno (Castro y Guevara-Muñoz, 2018). Para el recuento mesófilos aerobios totales se empleó lo descrito por la NOM-092-SSA1-1994 realizando diluciones seriadas de  $10^{-3}$  a  $10^{-6}$  (Castro y Guevara-Muñoz, 2018) utilizando la técnica de vertido en placa, agregando 1ml de cada dilución en las placas Petri para posteriormente ser adicionado el agar. La incubación fue realizada a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 24 h.

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey  $\alpha=0.05$ ) mediante el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Versión 30.00.

### Resultados

Se analizaron un total de 6 puntos de venta de expendio de queso fresco artesanal los cuales fueron seleccionados de acuerdo a los criterios descritos por Garanti y Berberoglu (2018): región, proceso y tradición, identificándose los puntos que mayor demanda de comercialización presentan.

Los quesos frescos artesanales en los municipios en estudio son comercializados sin refrigeración y expendidos en bolsa de plástico. La temperatura ambiental en los seis puntos de venta en estudio estuvo entre  $25$  y  $30^{\circ}\text{C}$  en ambos municipios. Para su venta los quesos fueron pesados en básculas digitales dentro de bolsas de plástico, utilizando el mismo utensilio para el corte sin ser lavado o desinfectado entre cada corte de muestra.

Del total de las muestras analizadas el 100 % presentaron niveles altos de bacterias mesófilas aerobias lo que resultan inaceptables para su consumo por ser un riesgo para la salud del consumidor a lo que se puede volver un problema de salud pública. El mayor número de este grupo de bacterias se presentó en los puntos de venta de Vega de Alatorre, donde fue notorio la ausencia de condiciones higiénicas en los lugares de expendio donde son comercializados, así como del despachador del producto.

En la Figura 1 se presentan los valores obtenidos de las muestras colectadas de queso fresco artesanal en las seis queserías estudiadas: correspondiendo la muestra Q1, Q2 y Q3 a los puntos de venta de las queserías de Vega de Alatorre, las muestras Q4, Q5 y Q6 representan los puntos de ventas en Martínez de la Torre.

La carga microbiana de bacterias mesófilas aerobias no presentó diferencia estadísticamente significativa entre cada muestra, sin embargo, entre muestras de los quesos frescos colectados las pruebas Q1, Q3 y Q4 presentaron los valores cercanos a  $8.0 \log_{10} \text{ UFC/g}$  lo que representan valores superiores a los establecidos en la NOM-092-SSA1-1994, en comparación con el resto de las muestras.

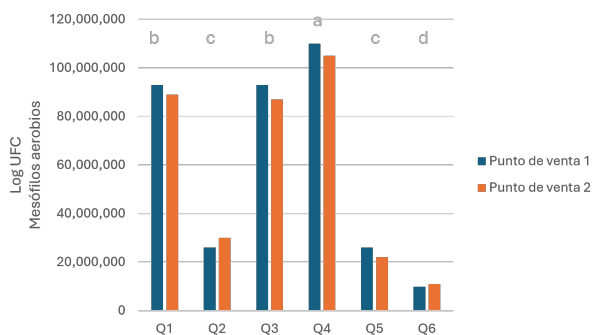


Figura 1. Carga microbológica de BMA de cada una de las seis queserías.

Nota: son valores obtenidos por duplicado. La muestra Q1, Q2 y Q3 pertenecen a Vega de Alatorre, muestras Q4, Q5 y Q6 pertenecen a Martínez de la Torre

En la figura 2 y 3 se muestran los valores obtenidos por pruebas realizadas por zona de estudio en otoño de 2023 entre los meses de septiembre y noviembre donde se observó una diferencia significativa en el queso elaborado en el municipio de Martínez de la Torre en comparación con el de Vega de Alatorre. También, se dio una diferencia de las muestras tomadas entre los meses de septiembre ( $7.0 \log_{10} \text{ UFC/g}$ ) y noviembre ( $8.0 \log_{10} \text{ UFC/g}$ ) probablemente se debió a factores como la conservación y manipulación del producto, las deficiencias higiénico-sanitarias de parte del establecimiento y personal, a resaltar que el queso lo mantienen sin refrigeración en la mayoría de los establecimientos por ser el producto que “más se vende” a decir por los vendedores motivo por el cual lo mantienen en el exterior durante el día. Se convierte en una problemática de salud por ser un producto que se consume directo al no someterse a un tratamiento térmico que reduzca la carga microbiana (Moreano, Arias, Martínez, et al., 2024) a lo que puede ser causa de un brote de enfermedades transmitidas por alimentos (Prada, Vizcaino, Bolaños, et al., 2023).

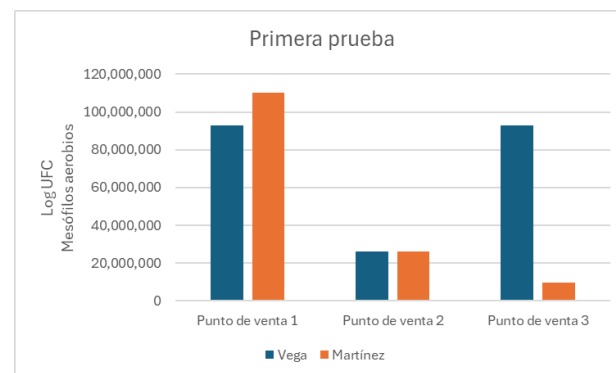


Figura 2. Comparación de la primera prueba realizada a las muestras de Vega de Alatorre y Martínez de la Torre

Nota: son valores obtenidos por duplicado comparándose en promedio entre queserías.

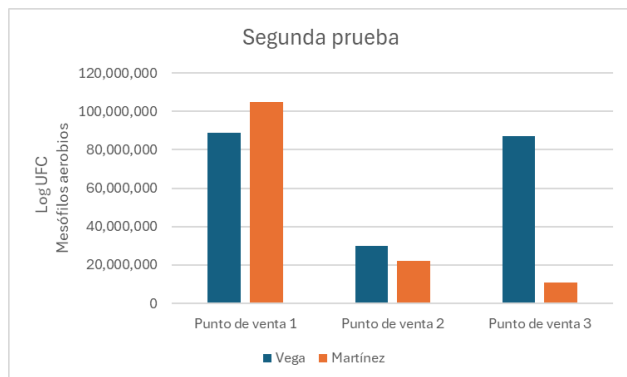


Figura 3. Comparación de la segunda prueba realizada a las muestras de Vega de Alatorre y Martínez de la Torre

## Discusión

Aunque la NOM-243-SSA1-2010 no indica el valor límite de bacterias mesófilas aerobias para queso fresco posiblemente por la presencia de otros grupos bacterianos propios del queso como las bacterias ácido-lácticas quienes intervienen en la maduración del queso (García et al, 2024; Sánchez-Valdés et al, 2022) contribuyendo en el desarrollo del aroma, sabor y características regionales del producto (Sánchez-Valdés et al, 2022). Sin embargo, de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994 todos los puntos de venta exceden el límite establecido de presencia de mesófilos aerobios observándose cuatro grupos ( $p < 0.5$ ) (Figura 1). Estos resultados concuerdan con los presentados por Rodríguez et al., (2025) quienes reportan presencia de mesófilos aerobios superiores a la norma ( $66 \log_{10}$  y  $12 \log_{10}$  UFC) en muestras de queso fresco artesanal obtenidas en las plazas de mercado del municipio de Tunja, Colombia. Por su parte, García et al., (2024) en sus estudios encontraron valores de  $9.76 \log_{10}$  UFC para queso de Corrientes Argentina, en queso crema de Chiapas  $7 \log_{10}$  UFC y  $6.8 \log_{10}$  UFC en el queso fresco de Tuzupán, valor similar al estudiado en este trabajo puesto que el queso fresco es altamente susceptible al crecimiento microbiano durante el proceso de elaboración y comercialización. Renye et al., (2008) reportó valores de  $8.89 \log_{10}$  UFC y  $8.97 \log_{10}$  UFC en muestras de queso fresco tipo hispano el cual se elaboró con leche pasteurizada y no pasteurizada. Por su parte, González y Franco (2015) determinó presencia de mesófilos aerobios de queso de Aro comercializado en el municipio de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca México obteniendo  $9.30 \log_{10}$  UFC y un mínimo de  $7.37 \log_{10}$  UFC valores similares a los obtenidos en este estudio.

La alta carga de microorganismos mesófilos se debe a las altas temperaturas ( $25^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$ ) a las que se encontraban en los puntos de venta, lo cual es factor determinante para el crecimiento de microorganismos mesófilos debido a que estos crecen entre  $20$  y  $45^{\circ}\text{C}$  con una temperatura óptima de  $30^{\circ}\text{C}$  a  $39^{\circ}\text{C}$ ; aunque no se conocen como patógenos pueden indicar un inadecuado almacenamiento del producto (Maldonado y García, 2010). Además que se confirma la ausencia de condiciones higiénicas en la elaboración del queso porque el alto índice del conteo de mesófilos se deben a deficiencias que influyen en el producto final, generando la baja calidad de la leche empleada en la elaboración, malas condiciones higiénicas en utensilios y equipos, deficiencia o nula práctica de higiene por parte del personal, manufactura, almacenamiento, transporte y la comercialización,

condiciones que concuerdan con resultados presentados por Rodríguez et al., (2016); Torres et al., (2012).

Referente al material utilizado para el empaque es un punto clave en la vida útil del producto debido a que el consumidor refrigera el queso en el empaque asignado, en los seis expendios el queso es expedido en bolsa plástica las cuales no mostraron ser productos estériles lo que es posible una fuente de infección por mesófilos aerobios. Esto se reafirma con lo presentado por García et al, (2024) donde analizaron los materiales de empaque utilizados en los expendios de quesos artesanales en el estado de Nuevo León: bolsa plástica, plato desechable en bolsa plástica, empaque al vacío y emplaye, mostrando diferencia estadísticamente significativa de bacterias mesófilas en queso empaquetado en plato desechable en bolsa plástica, posiblemente al contacto que tiene el personal en la manipulación de la materia prima, al almacenamiento de la bolsa plástica desde el lugar de origen, a la separación de materiales dentro del establecimiento.

Los resultados obtenidos apuntan a la variabilidad del queso artesanal de la calidad microbiológica que presentan lo que refleja que puede deberse al contenido microbiano de los ingredientes o materiales utilizados para la elaboración del queso, permitiendo determinar que su consumo constituye un riesgo latente para la salud de los consumidores, lo que produce un problema de salud pública en la región (De la Rosa-Alcaraz et al, 2020; Perin et al, 2017; Barancelli et al, 2014). Por su parte, Antonio y Bernabé (2019) mencionan que la presencia de mesófilos aerobios es evidencia de la deficiencia en la calidad sanitaria y condiciones de manipulación en la leche, resultado que se refleja en el producto final por no realizarse la pasteurización lo hace susceptible al crecimiento de patógenos. Existiendo una estrecha relación entre los mesófilos y otros microorganismos indicadores de la calidad microbiológica o de los beneficios sensoriales que aportan al producto siendo factores determinantes para la calidad debido a que estos microorganismos se asocian al deterioro del queso o con fermentaciones anormales (Rodríguez, Caldas Y Ogeerally (2009).

## Conclusiones

La presencia de mesófilos aerobios en los quesos artesanales analizados resulta alarmante pues se encuentra relacionada a la vigilancia de la calidad del producto a lo largo de toda la cadena productiva.

Los resultados obtenidos no cumplen con los estándares de calidad microbiológica, donde un factor determinante es la ineficiencia de las Buenas Prácticas de Manufactura e higiene en el proceso de elaboración y comercialización. Los altos niveles de bacterias mesófilas aerobias encontradas confirman la ausencia de condiciones higiénicas en la elaboración y expedición del producto.

Sin embargo, aunque los resultados pueden variar por ser las bacterias mesófilas influyentes en el sabor y aroma del queso fresco, es un producto que no debe ser almacenado por mucho tiempo para garantizar su consumo y no sea causa de la participación de alguna Enfermedad Transmitida por Alimentos.

Se considera importante la implementación de prácticas que ayuden a mejorar las condiciones higiénicas tanto en la elaboración como en la comercialización del producto,

establecer programas de capacitación para los productores con el propósito de conocer el buen manejo y riesgos asociados con malas prácticas e incumplimiento de normas.

## Contribución de los autores

ECP, diseño del trabajo, recolección de datos y redacción.  
ANZ, diseño, recolección de datos y redacción.

FJGH, recolección de datos y análisis estadístico.  
JFVH, diseño y recolección de datos.

## Financiamiento

“No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo”.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna

## Referencias

1. Administración de Alimentos y Medicamentos. (2025). *Evite los quesos tipo queso fresco si pertenece a grupos de alto riesgo*. FDA. <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/avoid-queso-fresco-type-cheeses-if-youre-high-risk-groups>
2. Antonio estrada, C., y Bernabé Peña, R.A. (2019). Identificación de la calidad sanitaria de leche cruda y queso fresco en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, México. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 23(68), 23-31.
3. Barancelli Giovana, V., Camargo Tarsila, M., Gagliardi Natália, G., Porto E., Souza Roberto, A., Campioni F. (2014). Pulsed-Field Gel Electrophoresis characterization of *Listeria monocytogenes* isolates from cheese manufacturing plants in Sao Paulo, Brazil. *Food Microbiol*, 173(3), 21-9. Doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.018
4. Bonilla-Luque, O.M., Possas, A., Cabo, M.L., Rodríguez-López, P., Valero, A. (2023). Tracking microbial quality, safety, and environmental contamination sources in artisanal goat cheesemaking factories. *Food Microbiology*. 114, 104301. Doi:10.1016/j.fm.2023.104301
5. Camacho Vera, J.H., Cervantes Escoto, F., Cesín Vargas, A., y Palacios Rangel, M.I. (2019). Los alimentos artesanales y la modernidad alimentaria. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53), 2-20. Doi:10.24836/es.v29i53.700
6. Cervantes Escoto, F., Islas Moreno, A., Camacho vera, J.H. (2019). Innovando la quesería tradicional mexicana sin perder artesanidad y genuinidad. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54), 2-18. Doi:10.24836/es.v29i54.794
7. De la Rosa-Alcaraz, M.O., Ortiz-Estrada, A.M., Heredia-Castro, P. Y., Hernández-Mendoza, A., Reyes-Díaz, R., Vallejo-Córdoba, B. y González-Córdoba, A.F. (2020). Poro de Tabasco cheese: Chemical composition and microbiological quality during its artisanal manufacturing process. *Journal of Dairy Science*. 103(4), 3025-3037. Doi: 10.3168/jds.2019-17363
8. Departamento de Illinois. (s.f.). *Riesgos asociados al consumo de productos lácteos sin pasteurizar*. [https://www.idph.state.il.us/public/hb/hbunpasteurized\\_dairy\\_sp.htm](https://www.idph.state.il.us/public/hb/hbunpasteurized_dairy_sp.htm)
9. Díaz Galindo, E.P., Valladares Carranza, B., Gutiérrez Castillo, A.C., Arriaga Jordán, C.M., Quintero Salazar, B., Cervantes Acosta, P., y Velázquez Ordoñez, V. (2017). Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(2), 139-146. Doi:10.22319/rmcp.v8i2.4419
10. Garanti, Z. y Berberoglu, A. (2018). Perspectiva cultural de las prácticas tradicionales de consumo de queso y su sostenibilidad entre los consumidores posmileniales. *Sustainability*, 10(9), 1-15. <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v10y2018i9p3183-d168065.html>
11. García Rivera, T.J., Torres Álvarez, C., López Sandin, I., y Gutiérrez Soto, G. (2024). Evaluación de la calidad microbiológica en quesos artesanales en el estado de Nuevo León. *Scientia Agricolis Vita*, 3, 2-8. Doi:10.29105/agricolis.v1i3.20
12. Gómez Huesca, I.L. (2020). *Análisis de la cadena de valor queso de hebra en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz*. Tesis de maestría. México: Colegio de Postgraduados campus Veracruz.
13. González Córdova, A.F., Yescas, C., Ortiz Estrada, A.M., De la rosa Alcaraz, M.D. Hernández Mendoza, A. y Vallejo Cordoba, B. (2016). Invited review: Artisanal Mexican cheeses. *Journal of Dairy Science*. 99(5), 3250-3262.
14. González Montiel, L. y Franco Fernández, M.J. (2015). Perfil microbiológico del queso de aro consumido en la Cañada Oaxaqueña. *Brazilian Journal of Food Technology*, 18(3). Doi:10.1590/1981-6723.7514
15. López, A., Burgos, T., Vanegas, M., Álvarez, Z., Méndez, Y., y Quinteros, E. (2023). Factores asociados con la contaminación microbiológica en la carne de pollo comercializada en El Salvador. *Rev Peru Med Exp salud Pública*, 40(1), 25-33. Doi:10.17843/rpmesp.2023.401.12100
16. López Guazmán, I.K. (2010). *Propiedades físico-químicas, textuales y sensoriales del queso elaborado en el municipio de Vega de Alatorre, Ver., y su relación con algunas características del queso de La Joya, Ver.* Tesis de maestría. México: Universidad Veracruzana.

17. Maldonado, R., García, D. (2010). Caracterización fisicoquímica y microbiológica del queso blanco artesanal tipo Llanero comercializado en la ciudad de Maracay, Estado de Aragua. *Agrollania Cojedes*, 7, 118-126.
18. Merchán, N., Zurymar, S., Niño, L., y Urbano, E. (2019). Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. *Revista chilena de nutrición*, 46(3), 288-294. Doi:10.4067/S0717-75182019000300288
19. Moreano Terán, N.F., Arias Palma G.B., Martínez Martínez, E.N., y Cevallos Carvajal, E.R. (2024). Evaluación de la calidad microbiológica en quesos frescos de producción artesanal: un enfoque en la seguridad alimentaria y la preservación de métodos tradicionales. *Reincisol*, 3(6), 2553-2468. Doi:10.59282/reincisol.V3(6)2443-2468
20. Organización Mundial de la Salud. (2025). *Enfermedades de transmisión alimentaria*. OMS. [https://www.who.int/es/health-topics/foodborne-diseases#tab=tab\\_2](https://www.who.int/es/health-topics/foodborne-diseases#tab=tab_2)
21. Orozco, B. (2018). *Incidencia de Enterobacteriaceae y Staphylococcus aureus en quesos frescos en empresas del cantón Cayambe*. Tesis de Licenciatura. Ecuador: Universidad de las Américas. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9974>
22. Perin, L.M., Sardaro, M.L.S., Nero, L.A., Neviani, E. y Gatti, M. (2017). Bacterial ecology of artisanal minas cheeses assessed by culture-dependent and-independent methods. *Food Microbiology*, 65, 160-169. doi: 10.1016/j.fm.2017.02.005
23. Prada Herrera, J.C., Vizcaíno Bermejo, MR., Bolaños Contreras, C.C., Jiménez Ochoa, T., Y García, C. (2023). Calidad microbiológica de queso costeño artesanal expendidos en la comuna cuatro de Valledupar-Colombia. *Ciencia Latina revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 1387-1506. Doi:10.37811/cl\_rcm.v7i2.5409
24. Reyne, J., Somkuti, G.A., Vallejo-Cordoba, B., Van Hekken, D.L., González-Córdva, A.F. (2008). Characterization of the microflora isolated from queso fresco made from raw pasteurized milk. *Journal of Food Safety Westport*, 28(1), 59-75. Doi:10.1111/j.1745-4565.2007.00095.x.
25. Rodríguez, C., Caldas, L., y Ogeerally, P. (2009). Calidad sanitaria en queso artesanal tipo "telita". *Rev Soc Ven Microbiol.* 29, 98-102.
26. Rodríguez Pacheco, J.E., Borrás Sandoval, L.M., Pulido Medellín, M.O., y García Corredor, D.J. (2016). Calidad microbiológica en quesos frescos artesanales distribuidos en plazas de mercado de Tunja, Colombia. *Revista cubana de higiene y epidemiología*, 53(3). <https://revidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/view/47>
27. Sánchez Valdés, J.J., Colín Navarro, V., López González, F., Avilés Nova, F., Castelán Ortega, O.A., y Estrada Flores, J.G. (2022). Evaluación bacteriana de queso artesanal Zacazonapan madurado bajo condiciones no controladas en dos épocas de producción. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(4), 1067-1078. doi.10.22319/rmcp.v13i4.5959
28. Sánchez Zumba, A.E. (2015). *Elaboración de un manual de operaciones para el proceso de fabricación de queso fresco de calidad en la empresa Aychapicho Agro's S.A*. Tesis. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10471/1/CD-6193.pdf>
29. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). *Quesos mexicanos genuinos, delicias que nos distinguen*. SADER. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/quesos-mexicanos-genuinos-delicias-que-nos-distinguen>
30. Secretaria de Salud. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, *Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Método de prueba*. SSA. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm>
31. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Ganadera*. SIAP. [https://nube.agricultura.gob.mx/avance\\_pecuario/](https://nube.agricultura.gob.mx/avance_pecuario/)
32. Shukri, M.A., alias, K.A., Murad, M., Yen, K-S., Cheng, L-H. (2022). A review of natural cheese and imitation cheese. *Journal of food Processing and Preservation*, 46, e16112.
33. Torres Vitela, M., Mendoza Bernardo, M., Castro Rosas, J., Gómez Aldapa, C., Garay Martínez, L., Navarro Hidalgo, V. (2012). Incidence of *Salmonella*, *Listeria monocytógenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Staphylococcal Enterotoxin* in two types of Mexican fresh cheeses. *Journal Food Protect.* 75(1), 79-4. Doi:10.4315/0362-028x\_jfp-11-258

ARTÍCULO ORIGINAL

## **Diseño de recorrido turístico sensorial para personas con Trastorno del Espectro Autista en Gutiérrez Zamora, Veracruz**

**Tania Berenice Gómez-Bernabe<sup>1\*</sup>, Brenda Lizeth García-Malpica<sup>2</sup>, María Fernanda Romero-Sarmiento<sup>3</sup>, Yarahed del Rosario García-Vázquez<sup>4</sup>**

 <sup>1</sup>0009-0004-5594-2465, <sup>2</sup>0009-0000-1913-7638, <sup>3</sup>0009-0003-0633-7229, <sup>4</sup>0009-0008-2857-7414.

<sup>1,2,3,4</sup> **Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.**

Recepción 29 de noviembre 2025. Aceptación 09 de diciembre 2025.

### **Resumen**

El turismo es una actividad que impulsa la economía y fortalece la inclusión, el bienestar y la participación comunitaria, siendo reconocido como un derecho universal. Sin embargo, los turistas con discapacidad enfrentan barreras físicas, sensoriales y sociales que limitan su derecho a disfrutar de experiencias turísticas adaptadas, seguras y significativas. En Gutiérrez Zamora Ver; la oferta turística existente no contempla la inclusión como eje central, lo que evidencia la necesidad de diseñar propuestas adaptadas que respondan a las particularidades de distintos segmentos de la población de turistas con discapacidad. Ante esta problemática, se desarrolló un recorrido turístico sensorial dirigido a personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA), cuyo propósito es generar experiencias seguras y accesibles que reconozcan la diversidad de capacidades, fomenten la participación comunitaria y posicionen al municipio como un destino comprometido con la inclusión. Los resultados obtenidos evidencian que el entorno urbano cuenta con el potencial necesario para implementar actividades turísticas inclusivas mediante estrategias sensoriales estructuradas que fortalezcan el turismo local y pueda convertirse en un modelo replicable en otros destinos. Desde una perspectiva académica y práctica, esta experiencia demuestra que la accesibilidad turística no depende únicamente de infraestructura, sino también de la capacidad de crear interacciones seguras, comprensibles y sensorialmente adecuadas. A su vez, los hallazgos coinciden con la literatura que plantea el turismo como un derecho y como un medio para promover la inclusión social, reforzando la necesidad de incorporar estrategias de accesibilidad cognitiva y sensorial en destinos emergentes.

**Palabras clave:** Turismo, accesibilidad, inclusión, discapacidad.

### **Abstract**

Tourism is an activity that drives the economy and strengthens inclusion, well-being, and community participation, being recognized as a universal right. However, tourists with disabilities face physical, sensory, and social barriers that limit their right to enjoy adapted, safe, and meaningful tourist experiences. In Gutiérrez Zamora, Veracruz, the existing tourist offers do not consider inclusion as a central axis, highlighting the need to design adapted proposals that address the particularities of different segments of tourists with disabilities. In response to this issue, a sensory tourist route was developed for individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD), aimed at generating safe and accessible experiences that acknowledge diverse abilities, foster community participation, and position the municipality as a destination committed to inclusion. The results obtained show that the urban environment has the necessary potential to implement inclusive tourism activities through structured sensory strategies that strengthen local tourism and may become a replicable model in other destinations. The findings are consistent with the literature that presents tourism as a right and as a means to promote social inclusion, reinforcing the need to incorporate cognitive and sensory accessibility strategies in emerging destinations.

**Keywords:** Tourism, accessibility, inclusion, disability.

## Introducción

El turismo es una actividad social, cultural y económica reconocida internacionalmente como un derecho humano que debe garantizar inclusión y bienestar. La Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948 en su artículo 24 declara que “Todas las personas tiene derecho al descanso, al disfrute del tiempo libre, a una limitación razonable de la duración del trabajo y a vacaciones periódicas pagadas” y el art. 27 establece que “Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten” (ONU, 2025).

En el 2023 de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), de 1.300 millones de personas de la población mundial el 16% cuentan con un alto grado de discapacidad. En México, datos arrojados por el censo de población y vivienda en 2020 reporto que había 6,179,890 personas con discapacidad, lo que representaba el 4.9% de la población del país. Más mujeres que hombres presentaron esta condición (INEGI 2020).

El acceso para todas las personas a las infraestructuras, productos y servicios turísticos debe estar en el centro de cualquier política de turismo responsable y sostenible. La accesibilidad no se refiere únicamente a los derechos humanos pues es una oportunidad de negocio para los destinos y las empresas para acoger a todos los visitantes, en igualdad de condiciones, e incrementar sus ingresos (ONU Turismo, 2023).

De acuerdo al Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER 2020), el municipio de Gutiérrez Zamora se encuentra ubicado en la parte norte del Estado de Veracruz,. Sus límites se encuentran establecidos por sus colindancias con los siguientes municipios vecinos: al norte con los municipios de Papantla y Tecolutla; al este con el municipio de Tecolutla; al sur con los municipios de Tecolutla y Papantla al oeste con el municipio de Papantla. La distribución de la población del municipio se concentra en 59 localidades, de las más mayormente pobladas solo una de ellas es urbana.

La superficie de este municipio es muy pequeña, representa el 0.2% de la superficie del Estado de Veracruz. La mayoría de la población se concentra en la cabecera municipal, Gutiérrez Zamora es un municipio con valores de identificación del individuo con su pasado histórico, el 2.59% de la población en el municipio habla una lengua indígena, conservado lenguas maternas como el Totonaco y el Náhuatl. Otro dato importante es que el 8.5% de la población de este municipio posee alguna discapacidad, en donde el 2.7% es ocupado por personas de entre 0 a 17 años (INEGI 2020).

Cerca de 62 millones de personas (1 de cada 127) tienen trastorno del espectro autista, un conjunto diverso de afecciones relacionadas con el desarrollo del cerebro (OMS, 2025). En México, un estudio de 2016 realizado por Autism Speaks y la Clínica Mexicana de Autismo (CLIMA) identificó que 1 de cada 115 niños presenta Trastorno del Espectro Autista (TEA), siendo más frecuente en varones, con una proporción de cuatro casos por cada mujer (TELETON, 2025), con esto se comprueba que el TEA es cada vez más frecuente en la población mexicana que genera deficiencias persistentes en la comunicación social y en la interacción social en múltiples contextos, por lo que es necesario adaptar las actividades turísticas para cada persona verdaderamente pueda tener derecho a un turismo; así mismo se comprobó que es posible realizar turismo inclusivo con recursos limitados.

El aprovechamiento de elementos locales, como gastronomía y tradiciones, junto con estrategias de accesibilidad cognitiva, evidencian que lo esencial es la voluntad y la creatividad. Esto se alinea con lo planteado por autores como López y Ramírez (2018), quienes señalan que el turismo accesible debe concebirse como un proceso de integración social, donde la actividad turística no solo genera beneficios económicos, sino que también promueve la equidad y la participación plena de las personas con discapacidad.

Las personas con TEA enfrentan barreras sensoriales, comunicativas y sociales que dificultan su inclusión plena en actividades recreativas y turísticas. En el municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz, la oferta turística existente carece de adaptaciones inclusivas que consideren las necesidades particulares de las personas con TEA. Esta situación evidencia un déficit en la accesibilidad turística y una brecha en la igualdad de oportunidades que afecta a un sector significativo de la población.

Entre las investigaciones que se han generado en los últimos años entre el turismo y la inclusión de personas con TEA se cuenta con el trabajo de Portillo (2017) quien expuso una mejora para la realización de turismo por parte de niños con TEA y sus familias cuyo objetivo se centró en indagar si las herramientas anticipativas y de apoyo favorecen a las actividades turísticas y recreativas realizadas con niños con autismo. Se realizó una investigación cualitativa y cuantitativa donde participó un grupo de niños con autismo que, junto a sus padres, realizaron una visita adaptada al Museo del transporte, localizado en Quilmes, Provincia de Buenos Aires.

Por otro lado, el trabajo de Vázquez (2019) quien realizó una investigación sobre los museos de la ciudad de Guayaquil, Ecuador para conocer si estos presentan actividades culturales dirigidas a niños con TEA para fomentar un turismo inclusivo con la finalidad de crear un programa denominado “Construye: emoción, cultura, inclusión”, que propone el diseño de actividades creativas, culturales, turísticas y educativas, entre otras, con el fin de atender a personas con

requerimientos especiales, en particular a niños con TEA, viajeros o residentes, para integrarlos a la sociedad. Se realizó una investigación de carácter cualitativo-cuantitativo, donde la población de estudio fue de 100 padres de familia con hijos diagnosticados con TEA.

Frente al panorama abordado, surge el presente proyecto “MOVA Experiencias”, un emprendimiento orientado al diseño de recorridos turísticos sensoriales inclusivos para personas con TEA. Su propósito es garantizar experiencias accesibles e inclusivas que reconozcan la diversidad de capacidades, promuevan la participación comunitaria y posicionen al municipio como un destino comprometido con la inclusión.

## Material y métodos

### Diagnóstico

La investigación se inició con un diagnóstico situacional a través de Visitas In Situ en el Centro de Atención Múltiple (CAM N° 32), ya que este centro alberga estudiantes con alguna discapacidad en el municipio de Gutiérrez Zamora, el diagnóstico se realizó entre los meses de mayo a julio, con el propósito de generar un primer acercamiento con los estudiantes que participarían en la experiencia sensorial.

Estas visitas fueron esenciales para observar de manera directa las capacidades, intereses, formas de comunicación y necesidades particulares de los niños y niñas del CAM N° 32, permitiendo una comprensión más profunda y empática de su realidad. Para conocer más las necesidades de cada infante, se solicitó una reunión con los padres de familia para recolectar datos importantes que permitieran saber más sobre los niños; se diseñó un instrumento tipo cuestionario que cada padre de familia contestó bajo su consentimiento. Este instrumento se diseñó con 11 ítems, 5 de opción múltiple, 5 con respuestas dicotómicas y 1 abierta, organizados en tres apartados: datos generales del infante, tipo de discapacidad y necesidades sensoriales específicas.

Se utilizó una escala mixta, combinando preguntas de opción múltiple y escala tipo Likert, teniendo como objetivo facilitar la comprensión y obtener respuestas claras de los padres. El instrumento fue diseñado en la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora y validado por los docentes del CAM 32, ya que ellos son los expertos en el área (Figura 1).

A través de las visitas in situ, la observación directa en el CAM 32 y la recolección de datos proporcionada por los padres de familia se obtuvo un diagnóstico general sobre las características de la población estudiantil, el entorno físico y las necesidades específicas del centro.

### “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE GUTIÉRREZ ZAMORA” MOVA experiencias “Sentidos que dejan huella”

#### ENCUESTA

Objetivo del instrumento:

Recopilar información sobre las necesidades, intereses, percepciones y disposición de las familias respecto a la participación en una experiencia turística sensorial e inclusiva.

1. Edad del padre/madre o tutor(a): \_\_\_\_\_
2. Edad del niño o niña: \_\_\_\_\_
3. Tipo de discapacidad del menor:
 

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Motriz      | <input type="checkbox"/> Visual                   |
| <input type="checkbox"/> Autismo     | <input type="checkbox"/> Auditiva                 |
| <input type="checkbox"/> Intelectual | <input type="checkbox"/> Otra (especifique) _____ |
4. ¿Actualmente ha participado su hijo/a en actividades fuera del entorno habitual?
 

|                             |
|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sí |
| <input type="checkbox"/> No |
5. ¿Cuáles cree usted que son las principales barreras para que su hijo/a participe en actividades turísticas? (Marque las que correspondan)
 

|   |
|---|
| <input type="checkbox"/> Falta de transporte accesible  |
| <input type="checkbox"/> Costos elevados                |
| <input type="checkbox"/> Falta de actividades adaptadas |
| <input type="checkbox"/> Temor a la seguridad           |
| Otra: _____   |
6. ¿Considera usted importante que existan actividades turísticas adaptadas e inclusivas en Gutiérrez Zamora?
 

|                             |
|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sí |
| <input type="checkbox"/> No |
7. ¿Estaría dispuesto(a) a que su hijo/a participara en una experiencia turística sensorial diseñada especialmente para personas con discapacidad?
 

|   |
|---|
| <input type="checkbox"/> Sí   |
| <input type="checkbox"/> No   |
| <input type="checkbox"/> Tal vez, dependiendo del lugar y actividades |
8. ¿Qué tipo de actividades le gustaría que su hijo/a viviera? (Puede marcar varias)
 

|  |
|--|
| <input type="checkbox"/> Actividades con música y ritmo suave    |
| <input type="checkbox"/> Actividades de pintura o arte sensorial |
| <input type="checkbox"/> Cuentacuentos o teatro sensorial        |
| <input type="checkbox"/> Degustación de alimentos locales        |
| Otra: _____  |
9. ¿Qué beneficios considera que tendría su hijo/a al participar en una experiencia como esta?
 

|   |
|---|
| <input type="checkbox"/> Mayor autoestima                                 |
| <input type="checkbox"/> Aprendizaje sensorial (A través de los sentidos) |
| <input type="checkbox"/> Diversión  |
| Otro: _____   |
10. ¿Participaría usted como acompañante o voluntario en una actividad turística adaptada?
 

|                             |
|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sí |
| <input type="checkbox"/> No |
11. ¿Le gustaría que este tipo de actividades se implementaran de manera continua en su comunidad o escuela? ¿Por qué?

Figura 1. Cuestionario informativo para padres de familia

Se identificó una matrícula de 36 alumnos, distribuidos en tres niveles de atención: educación primaria con 22 alumnos, secundaria con 7 alumnos y formación para el trabajo y la vida adulta con 7 alumnos. Durante las sesiones de acercamiento, se logró clasificar a los estudiantes según sus condiciones particulares, detectando una diversidad de discapacidades, siendo las más frecuentes: autismo, discapacidad intelectual, discapacidad múltiple o severa, trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), así como algunos casos de discapacidad auditiva y síndrome Kabuki. Esta información fue clave para el diseño de una

experiencia turística sensorial, inclusiva y adaptada a las capacidades, intereses y contextos de los niños, asegurando que cada actividad respondiera a sus necesidades de forma empática y significativa.

Con base a los resultados obtenidos durante las visitas in situ, se comenzó el diseño de la experiencia turística “sentidos que dejan huella” que tuvo como objetivo crear una experiencia turística sensorial en un ambiente controlado, las actividades fueron adaptadas a las características, intereses, capacidades y necesidades de los niños y niñas, pensadas para estimular los sentidos de manera accesible y divertida, tomando en cuenta los distintos niveles educativos, los tipos de discapacidades y el entorno físico disponible. El diseño de las actividades fue progresivo y colaborativo, con momentos de lluvia de ideas y evaluación de los recursos disponibles. Una vez formulada la propuesta inicial, fue presentada al personal docente del CAM 32, quienes brindaron recomendaciones clave para ajustar el lenguaje, la duración de las dinámicas y el uso de apoyo visuales. Finalmente, con todo el conocimiento reunido y las adaptaciones realizadas, se estructuró la experiencia completa, integrando las siguientes actividades:

1. “Descubriendo con la nariz”: A través de un juego de memoria olfativa con tres aromas tradiciones, en el cual los niños activaron el sentido del olfato.
2. Taller gastronómico “Sabores con humo”: En la cual los niños pudieron estimular el sentido del gusto y el tacto, al entrar en contacto directo con los ingredientes, texturas y sabores.
3. “¿Quién hace ese sonido?” Actividad auditiva, donde se trabajó de manera lúdica la atención y la asociación sonora de los animales.
4. “Manos valientes”: A través de cajas misteriosas se estimuló el sentido del tacto, promoviendo la confianza y la curiosidad.
5. “Baila con Zamo”: Baile con botarga que despertó el sentido de la vista y el oído.

#### **Prueba piloto en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora**

La prueba piloto denominada “MOVA Experiencias: Sentidos que dejan huella” se llevó a cabo el día 15 de julio del 2025 en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora (UTGZ). Esta experiencia contó con la asistencia del 30.55% de niños y jóvenes con discapacidad, con edades entre los 8 y 23 años, todos ellos estudiantes del CAM 32. A cada participante se le solicitó asistir acompañado por un padre, madre o tutor, no solo por seguridad, sino también para fortalecer el vínculo familiar dentro de la experiencia. Asimismo, estuvieron presentes docentes y personal del CAM, quienes acompañaron y apoyaron en las dinámicas desde su experiencia.

con la UTGZ para garantizar la accesibilidad y bienestar de todos los asistentes. Se solicitaron recomendaciones específicas como el uso de una rampa de acceso para facilitar la movilidad, la habilitación de la cocina de humo como parte esencial de una de las actividades, un salón techado y ventilado que brindara comodidad y protección ante cualquier imprevisto climático.

Cada actividad de la experiencia fue diseñada para estimular uno o más sentidos, permitiendo a los participantes explorar desde nuevas perspectivas. La experiencia se desarrolló a través de cinco estaciones, cada una con un objetivo específico y guiada por un miembro anfitrión.

Se inició con la actividad “Descubriendo con la nariz” donde se estimuló la memoria olfativa y el reconocimiento de aromas tradicionales, a través de un juego sensorial y una actividad cultural vinculada a los olores de la región del Totonacapan, los elementos utilizados en esta actividad fueron el café, la vainilla y la canela, promoviendo la educación y el conocimiento de las raíces culturales de la comunidad.

Se continuó con un taller gastronómico de preparación de gorditas llamado “Sabores con humo” en una cocina tradicional, donde se fomentó el sentido del gusto y la autonomía personal a través de una experiencia culinaria, donde los infantes pudieron elegir, preparar y probar un alimento típico de su región, estimulando su motricidad, autoestima, toma de decisiones y reconocimiento de sabores como parte de su identidad cultural.

Como tercera actividad “¿Quién hace ese sonido?”, donde se desarrolló el sentido de la vista y oído, al fomentar la observación, atención visual y reconocimiento de sonidos, los niños pudieron reconocer cuál de los animales presentados realizaba el sonido escuchado.

“Manos valientes” como cuarta actividad, donde se desarrolló la percepción táctil y la imaginación sensorial de los niños mediante la exploración de texturas u objetos ocultos como algodón, slime, bolitas de hidrogel, peluches, bloques de juguetes, etc., fortaleciendo su lenguaje descriptivo, su confianza al interactuar con lo desconocido y su capacidad para identificar materiales a través del sentido del tacto.

Se finalizó con la actividad “Baila con Zamo”, donde los niños y niñas ejercitaron no solo el sentido de la vista al seguir los pasos, sino también el oído al escuchar la música y el movimiento corporal. Obteniendo un aprendizaje visual-cinestésico al observar e imitar, desarrollando habilidades motoras como la percepción visual. Una vez finalizada la experiencia, se otorgaron a los niños, padres de familia y docentes una encuesta de satisfacción, para evaluar el servicio brindado y la experiencia de los participantes.

Con anticipación, se gestionaron las condiciones necesarias

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba piloto se

diseñó un recorrido en espacios abiertos que permita a las personas con TEA el goce al ocio y la recreación adaptadas a sus necesidades, permitiendo así que todas las personas puedan ser turistas sin discriminación alguna.

## Resultados

### Diagnóstico de visitas in situ.

Los infantes encuestados tienen un rango de edad de entre 10 a 19 años lo que fue importante al momento de diseñar la experiencia sensorial para cuidar que las actividades no fueran infantiles, sino adaptadas a su etapa de desarrollo y nivel de comprensión. A través de la aplicación del cuestionario dirigido a padres de familia se clasificó al grupo por discapacidad. La discapacidad más frecuente en el CAM 32 fue autismo con el 54.55% de estudiantes, seguida por discapacidad intelectual con 27.27%, mientras que la discapacidad motriz y otra (síndrome de kabuki) obtuvieron el 9.09% cada una y la discapacidad visual y auditiva obtuvieron el 0%, es decir dentro del CAM 32 no hay estudiantes con esta discapacidad. (Figura 2).

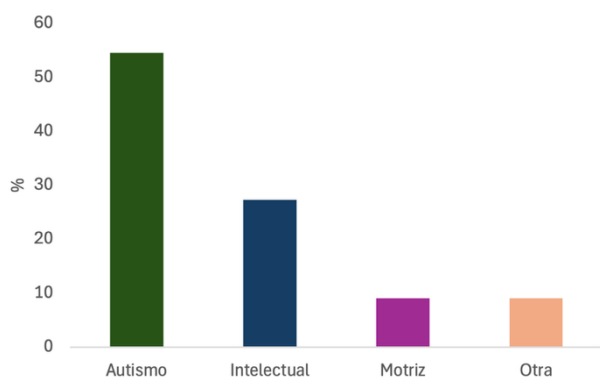


Figura 2. Clasificación de discapacidad de estudiantes del CAM 32

De acuerdo a los datos que se recopilaron de los cuestionarios aplicados a los padres de familia, el 82 % de los estudiantes del CAM 32 ha tenido algunas experiencias fuera del aula, lo cual indica que los padres valoran la inclusión de sus hijos en entornos sociales y solo el 18% no han tenido una experiencia fuera del entorno escolar (Figura 3).

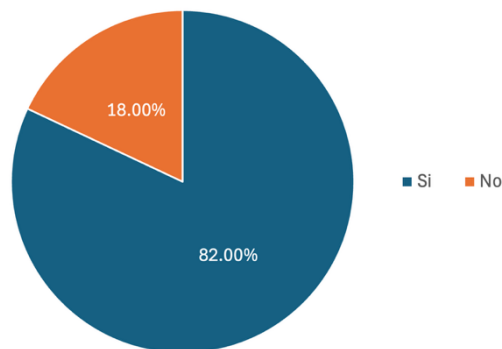


Figura 3. Participación de los estudiantes en actividades fuera de la escuela

La principal causa por la que los padres de los estudiantes del CAM 32 no realizan actividades turísticas fuera del entorno escolar con sus hijos es por la falta de actividades adaptadas a sus necesidades ya que el 36.36% respondió esta opción, seguida por falta de transporte accesible con el 27.27%. El 18% respondió que los costos son elevados, así como el temor a la seguridad y solo el 9.09% indicó que hay un mal manejo de las hipersensibilidades sensoriales, (figura 4).

escolar con sus hijos es por la falta de actividades adaptadas a sus necesidades ya que el 36.36% respondió esta opción, seguida por falta de transporte accesible con el 27.27%. El 18% respondió que los costos son elevados, así como el temor a la seguridad y solo el 9.09% indicó que hay un mal manejo de las hipersensibilidades sensoriales, (figura 4).

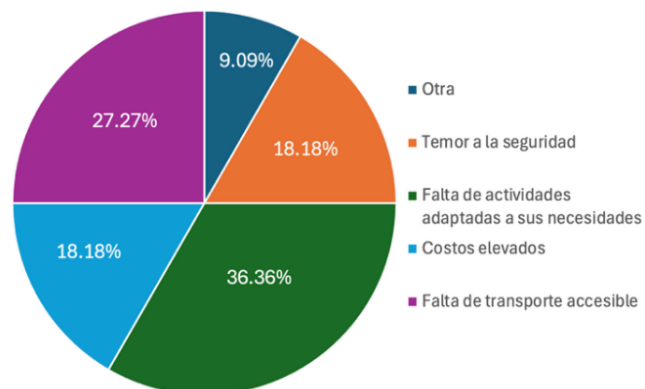


Figura 4. Barreras por las que los estudiantes del CAM 32 no participan en actividades turísticas

El 81.81% de los padres de familia consideró que es importante que existan actividades turísticas adaptadas e inclusivas en Gutiérrez Zamora para sus hijos, mientras que el 18.1% considera que no son necesarias. De igual forma el 90% de los padres estaría dispuestos a que su hijo participara en una experiencia turística sensorial deseada especialmente para niños con discapacidad, y solo el 10% indicó que tal vez, dependiendo del lugar y actividades y el 0% indicó que no estaría dispuesto a que su hijo participara en una experiencia turística.

El 81.82% de los padres de familia indicaron que los juegos con sonidos, música o instrumentos son el tipo de actividades que le gustaría que su hijo(a) viviera en una experiencia turística, seguida por la actividad de pintura o arte sensorial con el 54.55%. La opción de degustación de alimentos locales solo obtuvo el 36.36% y la actividad de cuentacuentos o teatro inclusivo el 27.27%, (figura 5).

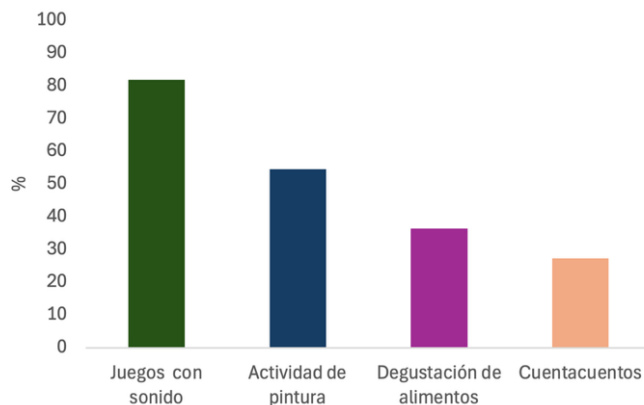


Figura 5: Tipo de actividades que le gustaría que su hijo(a) viviera

Los beneficios que los padres de familia del CAM 32 indicaron que sus hijos tendrían al realizar una experiencia turística

fuera del entorno escolar fueron: en primer lugar, aprendizaje sensorial con el 54.54%, seguido de mayor autoestima y diversión con el 18.18% respectivamente, mientras que otro (Integración a sus entornos, exploración y entendimiento de la actividad) con 9.09%, (figura 6).

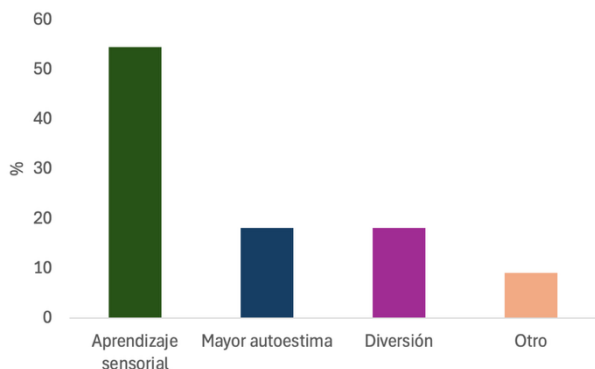


Figura 6. Beneficios de participación en una experiencia turística

Finalmente, el 90% de los padres de familia acompañarían y estarían dispuestos a ser voluntarios para que su hijo (a) participe en una actividad turística adaptada a sus necesidades, mientras que el 10% no acompañaría o sería voluntario.

#### Prueba piloto

En la prueba piloto se realizó una evaluación a través de encuestas de satisfacción con el objetivo de conocer el impacto que esto generó en los infantes, acompañantes y docentes, sin embargo, se aplicó en dos formas distintas, ya que el enfoque de percepción que el público objetivo fue diferente.

Para los niños, la encuesta se realizó a través de emoticonos de caritas que facilitó la comprensión de satisfacción, los emoticonos buscaban reflejar su sentir, el parámetro de estas caritas fue: feliz, enamorada, enojo y tristeza (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de significado de emoticonos

| CARITA    | SIGNIFICADO                      |
|-----------|----------------------------------|
| Enamorada | Les encantó la experiencia       |
| Feliz     | Les gustó la experiencia         |
| Triste    | Les gustó poco la experiencia    |
| Enojada   | No les gustó nada la experiencia |

Los resultados de esta encuesta mostraron que el 45% de los niños manifestaron que les encantó la experiencia, lo que refleja un nivel de entusiasmo profundo. Otro 45% calificaron la experiencia con una sonrisa que reflejaba bienestar y agrado.

Solo un niño mostró rechazo hacia la experiencia, este tipo de respuesta pudo estar relacionada con factores externos al evento (hipersensibilidad, sobreestimulación, estado de

ánimo, cansancio, etc.), esto se tomó como un área de oportunidad para adaptar mejor ciertos estímulos o momentos (Figura 6).

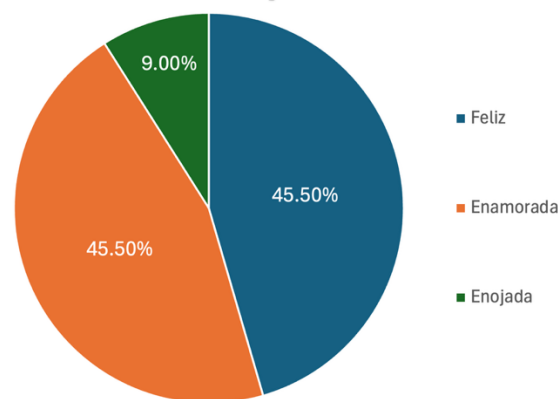


Figura 6. Satisfacción de estudiantes del CAM 32

Para conocer la percepción de los padres y docentes del CAM 32, se les otorgó un cuestionario con 6 preguntas, 5 de opción múltiple y 1 abierta. La experiencia fue calificada de forma muy positiva por parte de los docentes y padres de familia con un 87.5% de?, mientras que el 12.5% fue positiva, los parámetros de neutral, negativa y muy negativa no fueron considerados en la gráfica porque obtuvieron 0% respectivamente (Figura 7).

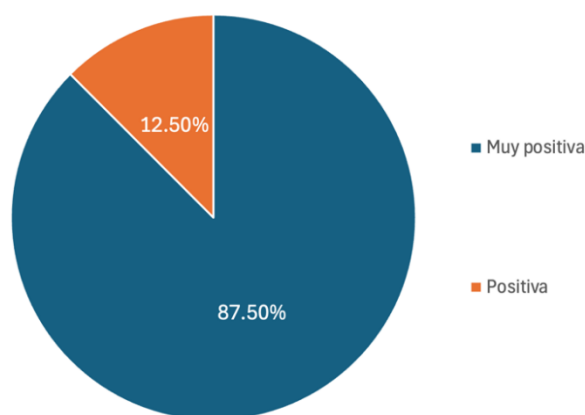


Figura 7. Percepción de la experiencia sensorial” sentidos que dejan huella”

En la Figura 8 se observa que el 68.75% de los encuestados consideró que, en la experiencia, la atención a las necesidades sensoriales de los infantes fue totalmente adecuada, mientras el 18.75% lo consideró bastante adecuada, como adecuada el 12.5%, mientras que los parámetros de Poco adecuada y No, para nada no se consideraron en la gráfica porque obtuvieron 0% cada uno.

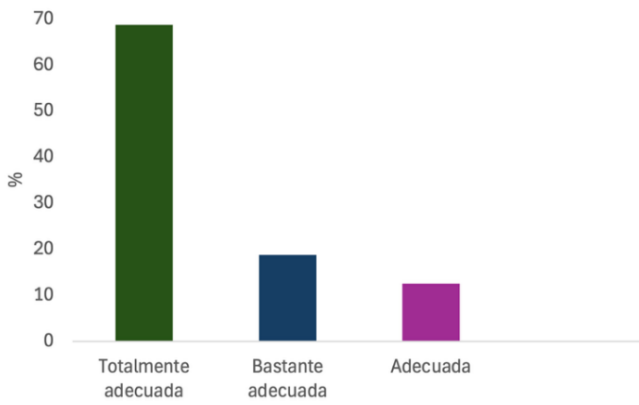


Figura 8. Percepción de necesidades sensoriales atendidas

Los padres de familia y docentes consideraron que el sentido que mejor se estimuló fue el tacto con el 75%, seguido de la vista y el olfato con el 62.5% cada uno, mientras el gusto solo obtuvo 56.25% y el oído con el 43.75% (Figura 9).

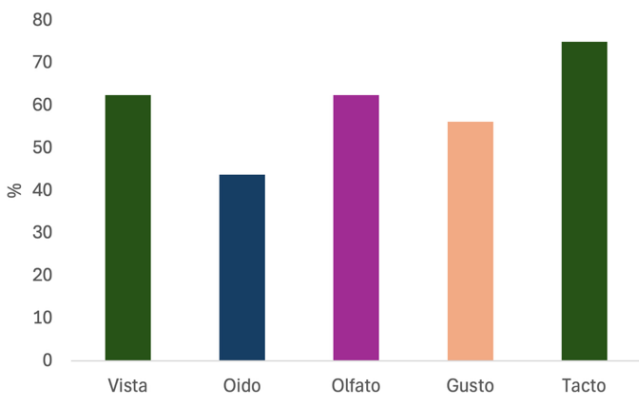


Figura 9: Sentido que se estimuló mejor durante la prueba piloto.

También se evaluó a los anfitriones de esta prueba piloto donde el resultado indicó que el 91% de ellos demostró sensibilidad y conocimiento para tratar con niños con discapacidad, mientras el 9% consideró que medianamente, los parámetros de Poco y No, para nada obtuvieron 0% (Figura 10)

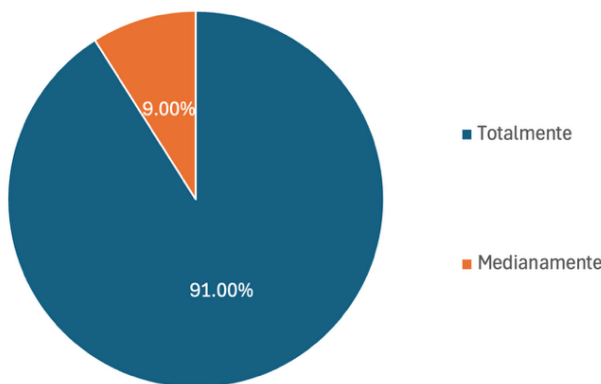


Figura 10: Evaluación de anfitriones

El 50% de los adultos encuestados percibió que el infante tuvo una alta conexión emocional con la experiencia, mientras el 37.5% consideró muy alta la conexión emocional y solo el 12.5% opinó que la conexión fue media, mientras que Baja y Muy baja obtuvieron 0% (Figura 11).

12.5% opinó que la conexión fue media, mientras que Baja y Muy baja obtuvieron 0% (Figura 11).

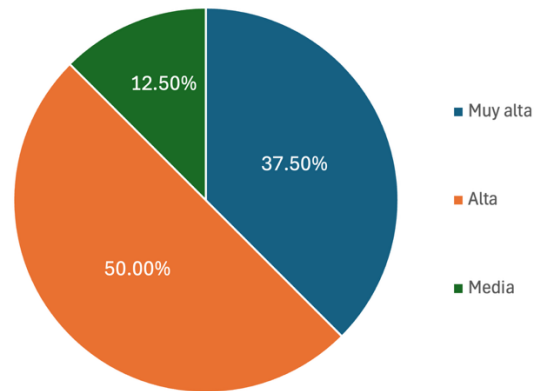


Figura 11: Nivel de conexión emocional que tuvo el infante con la experiencia

Finalmente, el 100% de los encuestados indicó que recomendaría esta experiencia, lo que habla que fue una experiencia exitosa, replicable y significativa, ideal para futuras ediciones y para usar como ejemplo de buenas prácticas con un turismo inclusivo.

La metodología empleada es la investigación-acción, una estrategia que combina la intervención práctica con la reflexión crítica. Este método busca transformar la realidad mientras se investiga, involucrando activamente a los actores sociales (familias, docentes, estudiantes, comunidad CAM) en el proceso de diseño, ejecución y evaluación de la experiencia.

Este método fue elegido porque:

- Impulsa la participación directa de los beneficiarios en todas las fases del proyecto.
- Empodera a los estudiantes como agentes de cambio al aplicar sus conocimientos en una situación real.
- Promueve la mejora continua, ya que la intervención se retroalimenta constantemente con los resultados y la experiencia vivida.

**Propuesta de recorrido turístico sensorial**

Es por esta razón que surge el diseño de un recorrido turístico sensorial en Gutiérrez Zamora. Las actividades que ofrecerá el recorrido denominado “Zamora que enamora” se llevarán a cabo en los diferentes puntos del centro del municipio como lo son: el Malecón, el callejón de la Madame, el Parque Central y la panadería tradicional con más años de servicio “la Yolanda” Pan y Café, donde se realizarán actividades adaptadas con apoyos visuales y dinámicas sensoriales. Cada espacio ha sido seleccionado y ajustado para favorecer la exploración segura, la interacción guiada y el disfrute a través de estímulos amigables (Figura 12).

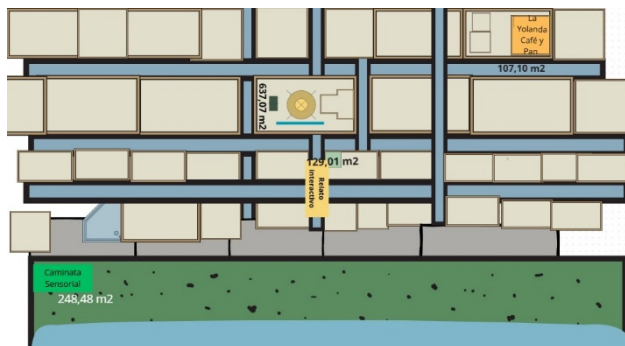


Figura 12: Lay out del recorrido “Zamora que enamora”

Para el desarrollo de esta experiencia turística se utilizarán diferentes materiales en cada actividad. En la “Caminata sensorial” se requieren elementos naturales como el pasto del sitio, arena, piedras, también se ocuparán otros elementos no naturales como slime, bolas de hidrogel y peluche. En la segunda actividad “Mural colectivo” los materiales serán pinturas, pinceles, papel craft o cartulina, contenedores y marcadores. En el relato interactivo “El callejón de la Madame” se hará uso de la animación sociocultural para interpretar a la Madame y finalmente en el Taller de pan se utilizarán ingredientes como lo son: la harina, huevo, mantequilla, azúcar, leche, agua, sal, huevos, tabletas de chocolate y café.

El estudio involucra directamente a personas con TEA y sus acompañantes, por lo que se seguirán los principios éticos estrictos. Se solicitará el consentimiento informado a sus familiares en donde la participación será totalmente voluntaria. Las actividades fueron elegidas respetando sensibilidades sensoriales, evitando estímulos que pudieran generar sobrecarga. Por otro lado, el diseño de estudio es descriptivo, ya que ayudará a analizar las barreras sensoriales y sociales que enfrentan las personas con TEA, describir sus necesidades y preferencias de cada persona, a lo cual, ayudará a evaluar percepciones de inclusión y estudiar la viabilidad social, operativa u económica del recorrido.

## Discusión

La prueba piloto “MOVA Experiencias: Sentidos que dejan huella” reunió a 30.55% de niños y jóvenes del CAM 32, es decir en la experiencia se trabajó con 11 estudiantes con edades entre 8 y 23 años, quienes presentaban diversas condiciones como TEA, discapacidad intelectual, discapacidad motriz y síndrome de Kabuki. El número del grupo de participantes se consideró de acuerdo con Narbona (2024), quien recomienda en su investigación trabajar con grupos reducidos para poner énfasis en la atención personalizada y la calidad de la experiencia para cada participante. Todos asistieron acompañados por un familiar, lo que fortaleció la seguridad y el acompañamiento emocional durante las actividades. Tras el desarrollo de las dinámicas sensoriales, se aplicaron encuestas tanto a los participantes como a los padres y docentes. En el caso de los niños, utilizando caritas para representar sus emociones, los

resultados mostraron que el 45.5% expresó que la experiencia les encantó y otro 45.5% la calificó como agradable, mientras que solo el 9.1% manifestó rechazo, posiblemente relacionado con factores como hipersensibilidad o sobreestimulación. En cuanto a los padres y docentes, el 87.5% evaluó la experiencia como muy positiva y el 68.75% consideró que fue totalmente adecuada para las necesidades de los participantes.

Se destacó que el sentido más estimulado fue el tacto, seguido de la vista, el olfato, el gusto y el oído, evidenciando que la actividad fue multisensorial y bien equilibrada, que de acuerdo a Gamarra (2024) en su investigación “diseño de experiencia turística sensorial dirigido a niños de edad escolar” señala la importancia de plantear actividades turísticas que involucraran todos los sentidos, especialmente para niños en etapa escolar ya que esto podría contribuir con su desarrollo emocional. Asimismo, la mayoría reconoció que el personal estuvo altamente capacitado y actuó con sensibilidad, lo que contribuyó al desarrollo adecuado de las actividades. El 87.5% de los adultos observó una alta o muy alta conexión emocional entre los niños y la experiencia, y el 100% afirmó que recomendaría esta actividad. Estos resultados concuerdan con un estudio realizado por Villarreal (2023), titulado “El storytelling y la experiencia turística en la hacienda La Ciénega, cantón Latacunga” donde el autor expresa que examinaron el diseño de diferentes actividades turísticas sensoriales que fueron dirigidas a niños de la edad escolar mediante un enfoque cuantitativo. Los resultados revelaron la importancia de integrar los diferentes sentidos para enriquecer la experiencia de aquellos niños durante la etapa de un viaje, sobre todo porque se demuestra la necesidad de considerar sus preferencias y necesidades que concuerda con las actividades dirigidas a cada sentido y considerando los gustos y preferencia de los infantes del CAM 32.

A continuación se resaltan los impactos principales de la presente investigación:

1. Individual: mejoras en la participación, comunicación y autonomía.
2. Sensorial y motriz: más del 80% desarrolló habilidades finas en el taller gastronómico.
3. Emocional: las actividades lúdicas y la expresión libre.
4. Cognitivas: la memoria olfativa y auditiva fortalecieron atención y asociación.
5. Familiar y comunitario: los padres y docentes se sintieron incluidos, valorados y sensibilizados sobre el potencial de los niños en un contexto no clínico ni escolar.
6. Académico: los estudiantes de turismo de la UTGZ que fungieron como guías adquirieron conciencia sobre el turismo socialmente responsable y la necesidad de un enfoque inclusivo.

En conjunto, los resultados demostraron la efectividad de la propuesta sensorial e inclusiva, así como la necesidad de extender estas iniciativas a espacios turísticos reales, lo que impulsó el diseño del recorrido “Zamora que enamora”.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que el proyecto denominado “MOVA Experiencias” responde de manera efectiva a la falta de actividades turísticas inclusivas para personas con Trastorno del Espectro Autista en Gutiérrez Zamora e inclusive en el estado de Veracruz. El análisis realizado durante las visitas al CAM 32 y la posterior prueba piloto evidenció que las actividades sensoriales estructuradas, adaptadas a las necesidades cognitivas y sensoriales de los participantes, generan altos niveles de bienestar, participación, conexión emocional e inclusión social. Esto confirma que el turismo inclusivo puede implementarse con éxito aún en contextos con recursos limitados, siempre que exista diseño intencional, sensibilidad hacia la diversidad y un enfoque centrado en la persona.

Desde una perspectiva académica y práctica, esta experiencia demuestra que la accesibilidad turística no depende únicamente de infraestructura, sino también de la capacidad de crear interacciones seguras, comprensibles y sensorialmente adecuadas. A su vez, los hallazgos coinciden con la literatura que plantea el turismo como un derecho y como un medio para promover la inclusión social, reforzando la necesidad de incorporar estrategias de accesibilidad cognitiva y sensorial en destinos emergentes. Asimismo, la valoración positiva por parte de padres y docentes confirma la pertinencia y relevancia del modelo, lo que respalda la viabilidad de trasladar estas dinámicas a espacios públicos mediante el recorrido.

Finalmente, el estudio abre líneas futuras de trabajo orientadas a evaluar experiencias en espacios abiertos, para explorar adaptaciones individuales más específicas y analizar el impacto del turismo inclusivo en la comunidad local. Este proyecto no solo aporta evidencia sobre la posibilidad de generar experiencias turísticas dignas y significativas para personas con TEA, sino que también constituye un punto de partida para el desarrollo de modelos replicables que fortalecen la inclusión, la equidad y el derecho al ocio en otros destinos turísticos del país.

## Contribución de los autores

TBGB- Redacción  
BLGM- recopilación de datos  
MFRS-Análisis de la información  
YRGV-Redacción

## Financiamiento

“No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo”.

## Conflicto de intereses

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. – Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2025. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

- Clapez, R.D., (2023). ¿Cuáles son los efectos del turismo en el autismo? <https://sdsnbolivia.org/cuales-son-los-efectos-del-turismo-en-el-autismo/>
- Comisión Nacional de Salud Mental y Adicciones, (2024). <https://www.gob.mx/conasama/articulos/se-estima-que-1-de-la-poblacion-mundial-padece-el-trastorno-del-espectro-autista-375841?idiom=es>
- Confederación Autismo de España. (16 de Junio de 2018). La OMS actualiza los criterios de diagnóstico del TEA. <https://autismo.org.es/actualidad/noticias/la-oms-actualiza-los-criterios-de-diagnostico-del-tea/>
- Gobierno de México, (2021). Hablemos de Discapacidad. <https://www.gob.mx/issste/es/articulos/hablemos-de-discapacidad?idiom=es>
- Guía de ocio inclusivo para personas autistas (2024)- Obtenido de [https://autismo.org.es/wp-content/uploads/2024/05/2024\\_GuiaOcioInclusivo\\_Rumbo\\_AutismoEspana.pdf](https://autismo.org.es/wp-content/uploads/2024/05/2024_GuiaOcioInclusivo_Rumbo_AutismoEspana.pdf)
- Hend M. H.(20213). Turismo y autismo: un estudio de iniciativa sobre cómo las empresas de viajes pueden planificar viajes turísticos para personas autistas, *American Journal of Tourism Management* , vol. 2(1), 1-14.
- INEGI. Censo de Población y Vivienda (CPV), 2020. <https://cuentame.inegi.org.mx/explora/poblacion/discapacidad/>
- LILIBETH, G. R. G. (2024). *DISEÑO DE EXPERIENCIA TURÍSTICA SENSORIAL DIRIGIDO A NIÑOS DE EDAD ESCOLAR* (Bachelor's thesis, Babahoyo).
- López, M., & Ramírez, J. (2018). Turismo inclusivo y discapacidad: Una mirada desde la justicia social en América Latina. *Revista de Estudios Sociales*, 64, 90-103.
- Mendez, N. M. (2024). TURISMO ACCESIBLE. *Revista del Colegio de Abogados de La Plata*, 77 <https://www.derecho.uba.ar/institucional/turismo-accesible-nelida-mabel-mendez.pdf>
- Naciones Unidas (2025). Declaración Universal de los Derechos Humanos. La Declaración Universal de los Derechos Humanos | Naciones Unidas
- Narbona, B.; González, I.; Vidal, L. y Martínez I, (2024). Enhancing cultural heritage: a proposal for inclusive tourism in Madrid. *Journal of Tourism and Heritage Research*, 7(3)1-19 <http://hdl.handle.net/11181/6638>
- Norberto, P.E"., Toledo, L. Y. y Naranjo, LL. M., (2017). Retos y realidades a enfrentar para una educación turística inclusiva. *Revista electrónica cooperación universidad sociedad* 2(1)10-14 <https://share.google/hhs75hCV7tjW49xhi>
- Portillo, C. (2017). Turismo Accesible para niños con autismo. Integración a las actividades recreativas Caso: Museo del Transporte (tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de la Plata
- ONU Turismo. (2023). Obtenido de

- <https://www.unwto.org/es/turismo-accesible7>
16. OMS. (2025). Declaración de la OMS sobre cuestiones relacionadas con el autismo. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/24-09-2025-who-statement-on-autism-related-issues>
  17. Rodríguez, Z. A. (2016). *Cómo diseñar una experiencia turística*. Editorial UOC, S.L.
  18. Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER), Cuadernillos Municipales 2020 Gutiérrez Zamora, pág. 1, disponible en: [http://ceieg.veracruz.gob.mx/wpcontent/uploads/sites/21/2020/12/Guti%C3%A9rrez-Zamora\\_2020.pdf](http://ceieg.veracruz.gob.mx/wpcontent/uploads/sites/21/2020/12/Guti%C3%A9rrez-Zamora_2020.pdf)
  19. TELETON 2025, <https://teleton.org/autismo-teleton/>
  20. Vásquez, Z. E., y Sánchez, S. J. (2021). Actividades en los museos para niños con trastorno del espectro autista (tea) como estrategia de turismo inclusivo. *Teoría y Praxis*, (28), 27-51  
[https://teoriaypraxis.uqroo.mx/doctos/numero28/27-51\\_Vazquez,Sanchez.pdf](https://teoriaypraxis.uqroo.mx/doctos/numero28/27-51_Vazquez,Sanchez.pdf)
  21. Villareal, A.F. (2023). *El storytelling y la experiencia turística en la hacienda La Ciénega, cantón Latacunga* (tesis licenciatura) Universidad Técnica de Ambato facultad de Ciencias Humanas y de la Educación

ARTÍCULO ORIGINAL

## **Desarrollo de máquina láser CNC a través de tecnologías CAD-CAE-CAM, para prácticas de laboratorio**

**César Argüelles-López<sup>1\*</sup>, Santiago David Sánchez-Luna<sup>2</sup>, Ligia Herrera-Franco<sup>3</sup>**

 <sup>1</sup>0000-0003-3196-4139, <sup>2</sup>0009-0008-6568-2651, <sup>3</sup>0000-0003-0883-1311.

<sup>1,2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Veracruz, México.

<sup>3</sup> Investigadora independiente

Recepción 05 de noviembre 2025. Aceptación 16 de diciembre de 2025.

### **Resumen**

En este artículo se presenta el desarrollo del proceso de diseño y construcción de un prototipo didáctico de máquina láser CNC para el equipamiento del laboratorio de electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre (ITSMT), abordando la necesidad de equipamiento para el desarrollo de prácticas de Control Numérico Computarizado (CNC) por parte de los estudiantes de ingeniería mecatrónica. El proyecto se basa en la incorporación y aplicación de tecnologías CAD-CAE-CAM en el proceso de diseño y fabricación, desde la identificación de necesidades formativas hasta la validación del prototipo. El diseño del prototipo se realizó mediante técnicas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), las cuales incluyen el uso de software de Dibujo Asistido por Computadora (CAD) para modelado y CAE para pruebas virtuales, optimizando el diseño y asegurando la funcionalidad. La construcción incluyó la fabricación de la estructura, el ensamblaje de componentes electrónicos y la creación de una cápsula extractora de gases tóxicos. Las pruebas y ajustes finales garantizaron el correcto funcionamiento del prototipo. Los resultados confirman la efectividad de las herramientas CAD-CAE-CAM en el proceso de diseño y manufactura, permitiendo una visión completa del modelado, la optimización de recursos y la reducción de tiempos. El prototipo final ofrece una solución viable para que los estudiantes del ITSMT adquieran competencias en manufactura avanzada, demostrando las ventajas de las tecnologías CAD-CAE-CAM en la optimización de los diseños y de los recursos. El software usado para el desarrollo del proyecto fue Solidworks, Ansys y MasterCAM en su versión demo o académica.

**Palabras clave:** Diseño, Prototipado, CAD-CAE-CAM, Manufactura, CNC.

### **Abstract**

This article presents the development of the design and construction process of a didactic CNC laser machine prototype for the electronics laboratory of the Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre (ITSMT), addressing the need for equipment to develop Computer Numerical Control (CNC) practices by mechatronics engineering students. The project is based on the incorporation and application of CAD-CAE-CAM technologies in the design and manufacturing process, from the identification of training needs to the validation of the prototype. The prototype design was carried out using Computer-Aided Design (CAD) techniques, which include the use of Computer-Aided Drawing (CAD) software for modeling and CAE for virtual testing, optimizing the design and ensuring functionality. Construction included the fabrication of the structure, the assembly of electronic components, and the creation of a toxic gas extraction capsule. Final tests and adjustments ensured the proper functioning of the prototype. The results confirm the effectiveness of CAD-CAE-CAM tools in the design and manufacturing process, allowing a complete view of the modeling, resource optimization, and time reduction. The final prototype offers a viable solution for ITSMT students to acquire skills in advanced manufacturing, demonstrating the advantages of CAD-CAE-CAM technologies in design optimization and resource optimization. The software used for the development of the project was SolidWorks, Ansys, and MasterCAM in their demo or academic versions.

**Keywords:** Design, Prototyping, CAD-CAE-CAM, Manufacturing, CNC.

## Introducción

En la actualidad, existen diversas necesidades tecnológicas en el ámbito académico de nivel superior para que estudiantes del sistema educativo público realicen prácticas de laboratorio a fin de aplicar sus conocimientos adquiridos en los diversos programas educativos. En este sentido, parte de las soluciones a estas necesidades ha sido generar prototipos didácticos que coadyuven al desarrollo profesional del estudiantado. Ante esta situación, el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre no es la excepción, por lo que se han desarrollado prototipos de equipamiento del laboratorio de electrónica para que los estudiantes realicen prácticas de Control Numérico Computarizado (CNC) en asignaturas de manufactura y procesos de fabricación.

Como bien se ha observado a lo largo del tiempo, la tecnología de Diseño Asistido por Computadora (CAD), Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM) ha transformado significativamente la manera en que se diseñan, analizan y fabrican productos en diversos sectores industriales, tal como lo mencionan Muñoz y Calzadilla (2025).

El CAD consiste en la utilización de programas a través de un ordenador con la finalidad de crear, modificar, analizar, optimizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales y tridimensionales de objetos reales o en proyecto (Mercado, 2020).

Por un lado, Mir et al. (2023), mencionan que el desarrollo de herramientas eficientes de CAD y de CAE ha permitido importantes cambios en el mundo de la ingeniería. Por otro lado, Erazo (2022), afirma que la creación de herramientas para el CAD está en constante evolución y la mayoría de las ramas de la tecnología la usan para incrementar la productividad de los diseñadores y para obtener elaboraciones cada día más complejas y precisas.

De acuerdo con Aguirre et al. (2017), el CAD-CAE-CAM permite tener una visión más completa sobre los procesos de diseño y manufactura de prototipos, ya que la simulación previa puede reducir los tiempos de fabricación y éxito de un prototipo. Según Díaz (2023), es necesario entender el prototipo como un concepto que combina la representación estructural de un producto en desarrollo y la materialización de un posible resultado final. En este sentido, Cruz et al. (2021), establecen que el uso de los sistemas CAD-CAE-CAM permite realizar los diseños de máquinas o herramientas de forma más simple, ahorrando desperdicio de material, a través de procesos más precisos.

El objetivo del presente trabajo fue diseñar y construir un prototipo didáctico de máquina láser CNC a través del uso de tecnologías CAD-CAE-CAM que sirva para atender el problema de falta de equipamiento del laboratorio de electrónica del ITSMT y que los estudiantes realicen prácticas de manufactura avanzada, específicamente de Control Numérico Computarizado, ya que es una competencia que debe ser adquirida por los estudiantes de ingeniería por ser de mucha utilidad en el proceso de fabricación de piezas complejas y la reducción de tiempos de fabricación, tal como lo expresan Solís et al. (2023).

## Material y métodos

El presente trabajo fue realizado en las instalaciones del

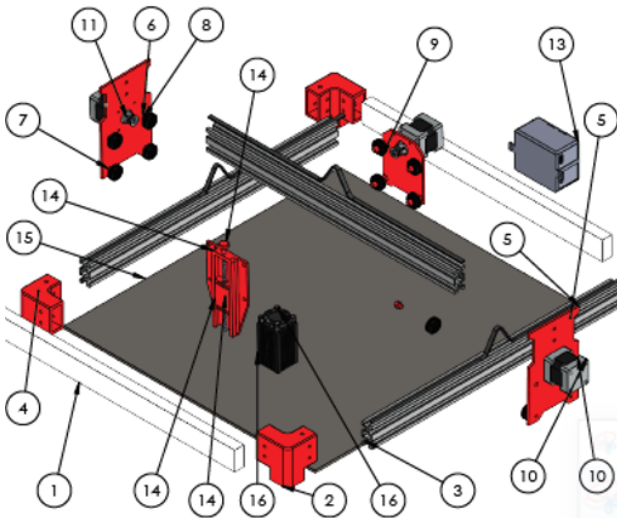
Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre y se llevó a cabo a través de cuatro etapas; la identificación de necesidades, el diseño del prototipo, su construcción y, pruebas y ajustes para validar el buen funcionamiento.

Los materiales utilizados para la fabricación de la estructura fueron perfiles de aluminio, piezas impresas en 3D en ABS, elementos de sujeción y triplay para la cápsula. De manera específica, la tabla 1 muestra los materiales requeridos.

Tabla 1. Materiales utilizados para el desarrollo del proyecto

| Material                                   | Cantidad  |
|--|-----------|
| Perfil aluminio V-slot 4020 (50 cm)        | 3         |
| Ruedas de plástico para perfil V-slot 4020 | 12        |
| Polea 2 GT 6 mm/20 dientes                 | 3         |
| Correa 2GT 6 mm                            | 3 metros  |
| Motor Nema 17                              | 3         |
| Arduino UNO                                | 1         |
| CNC Shield                                 | 1         |
| Drivers A4988                              | 3         |
| Tornillos M3                               | 12        |
| Tornillos 1/8                              | 30        |
| Tuercas 1/8                                | 30        |
| Tornillos 3/16                             | 20        |
| Tuercas 3/16                               | 20        |
| Arandelas                                  | 20        |
| Arandela de presión                        | 12        |
| Alambre para protoboard                    | 20 metros |
| Tubular de Aluminio                        | 2 metros  |
| Filamento ABS para impresión 3D, 1.75mm.   | 2 kg.     |
| Thermofit (1/4, 1/2)                       | 2 metros  |
| Switch Balancín                            | 1         |
| Switch Interruptor de palanca              | 1         |
| Extractor 3in, 12v                         | 1         |
| Triplay 3mm.                               | 1 pliego  |
| Bisagras                                   | 2         |
| Jaladera de puente                         | 1         |
| Adaptador PVC 4in a 3in                    | 1         |
| Pegamento                                  | 500 ml    |

La figura 1 muestra los elementos más relevantes para el funcionamiento del prototipo.



1. Barra de aluminio.
2. Soporte de la máquina (derecho).
3. Perfil de aluminio V-Slot 40-20.
4. Soporte de la máquina (izquierdo).
5. Soporte eje Y.
6. Tuerca de ajuste.
7. Separadores.
8. Llanta para V-Slot.
9. Soporte del motor del eje X.
10. Motor nema 17.
11. Polea GT2 20T.
12. Correa GT2 20T.
13. Caja electrónica.
14. Soporte de cabezal láser.
15. Base.
16. Módulo Laser.

Figura 1. Elementos más relevantes del prototipo

### Identificación de necesidades

Se realizó una revisión de los contenidos de las asignaturas de manufactura que cursan los estudiantes del programa educativo de ingeniería mecatrónica en cuanto a competencias teórico-prácticas y se contrastó con el equipo necesario para la formación académica de los estudiantes.

### Diseño del prototipo

El diseño del prototipo de máquina láser CNC se realizó a través del uso de tecnologías de diseño y manufactura (CAD-CAE-CAM). La primera tecnología usada es la del Diseño Asistido por Computadora (CAD), la cual incluye el uso de software de Dibujo Asistido por Computadora (Cad) y el uso de software de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE); en esta primera parte del diseño del prototipo se obtuvo el modelo virtual, de acuerdo con las características deseadas, y se realizaron pruebas de ingeniería virtuales a través de la tecnología CAE para asegurar que los puntos críticos del diseño fueran capaces de soportar el esfuerzo y, el funcionamiento de los mecanismos fuera adecuado. La tecnología CAM se usó para configurar alguno de los elementos de ensamble y prepararlos para la impresión 3D.

Para la impresión 3D de los componentes se utilizó filamento ABS con un patrón de relleno tipo *Gyroid*, ya que es uno de los más equilibrados entre rigidez y resistencia, disminuyendo el riesgo a la deformación en puntos débiles. Además, este

tipo de relleno es comúnmente utilizado para soportes y piezas funcionales. La densidad elegida para la impresión 3D de los componentes fue de 80%, ya que se buscó asegurar la resistencia de los elementos.

Parte importante para el diseño del prototipo fue generar una alternativa viable para el sistema de control, para lo cual se desarrolló una propuesta viable para el control de los ejes de movimiento de la máquina láser CNC y los diagramas correspondientes. Además de una capsula de extracción de gases tóxicos.

### Construcción

Una vez obtenido el diseño final del prototipo y validado a través de las pruebas de CAE, se procedió a la materialización del prototipo virtual a través de tres etapas. En la primera etapa se construyó la estructura de la máquina, la cual da soporte a los componentes mecánicos y electrónicos de la máquina, para ello, primero se adquirieron los materiales estructurales de aluminio, después se manufacturaron los componentes para los ensambles de los perfiles de aluminio, a través del uso de impresoras 3D y los fundamentos de la manufactura aditiva. Posteriormente, se ensamblaron los mecanismos de los ejes de movimiento con sus motores. En la segunda etapa se ensamblaron los componentes electrónicos y se realizaron las conexiones necesarias según el diagrama electrónico diseñado. En la tercera etapa se realizó la fabricación y montaje de una capsula extractora de gases para la máquina.

### Pruebas y ajustes

En la etapa final del proyecto, se realizaron diversas pruebas y ajustes de configuración al prototipo con la finalidad de garantizar su buen funcionamiento. Estas pruebas de funcionamiento se realizaron a los movimientos de los ejes de la máquina y al sistema de extracción de gases. Finalmente se realizaron algunas calibraciones a los drivers para el control de los motores y la configuración requerida para la calibración de la interface de comunicación a través del software GRBL.

### Resultados

Finalizado el desarrollo de las etapas del proyecto se obtuvieron resultados favorables para el diseño y prototipado de la máquina láser CNC. Los resultados durante las etapas del desarrollo del proyecto se describen a continuación.

Durante la primera etapa del proyecto, una de las mayores necesidades identificadas fue la falta de equipo especializado de manufactura para realizar prácticas, tales como: máquinas-herramientas convencionales y de tecnología de control numérico computarizado CNC, las cuales son útiles para que los estudiantes pongan en práctica y refuercen sus conocimientos adquiridos en asignaturas de procesos de fabricación, manufactura avanzada y CAD-CAE-CAM. Cabe resaltar que actualmente existen en el mercado equipos didácticos e industriales, sin embargo, adquirir equipos de esas condiciones requiere una fuerte inversión, por lo que se optó por diseñar y construir un prototipo de máquina láser CNC.

En la segunda etapa, se diseñó el prototipo. La figura 2 muestra el resultado del modelo virtual obtenido en la etapa inicial de diseño del proyecto, elaborado con software de dibujo asistido por computadora.

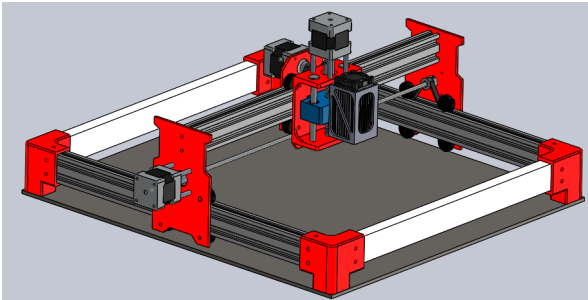


Figura 2. Modelo virtual del prototipo en software Cad

La elaboración del modelo virtual estuvo basada en las características requeridas para el laboratorio de electrónica del ITSMT y las prácticas de las asignaturas de procesos de fabricación y manufactura.

Además de lo anterior, esta segunda etapa también se realizó la validación del modelo y, como parte del diseño, se realizaron pruebas de ingeniería a los puntos críticos de las piezas y mecanismos del equipo, tal como se muestra en la figura 3.

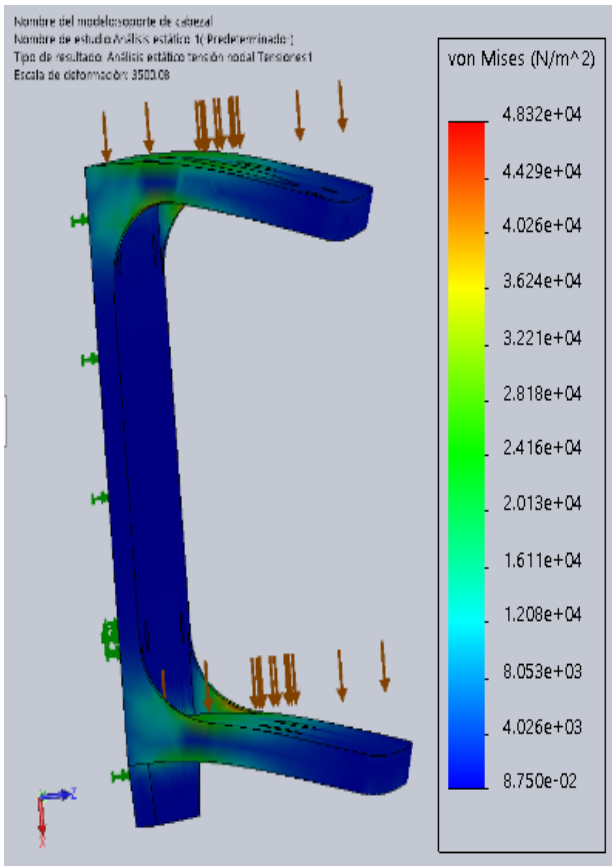


Figura 3. Análisis estático del soporte del eje Z en software CAE

Las pruebas realizadas a los componentes críticos del equipo, a través de software CAE, fueron fundamentales para asegurar que el equipo funcione adecuadamente y se eviten problemas de deformación causados por el esfuerzo del equipo en operación. Los resultados demostraron que los componentes fueron bien diseñados, ya que las fuerzas no

logran deformar los componentes a un nivel crítico, es decir, de acuerdo con la escala de Von Mises, donde representa un estado crítico con tensiones de  $4.832e+04$  N/m<sup>2</sup> en color rojo, la pieza mantiene tensiones intermedias (verde) y bajas (azul) con una fuerza de 9N. Por lo anterior, las piezas diseñadas son capaces de soportar el trabajo.

El diseño del control también fue parte de la segunda etapa del proyecto. La figura 4 muestra el resultado del diagrama electrónico para el control de la máquina láser CNC.

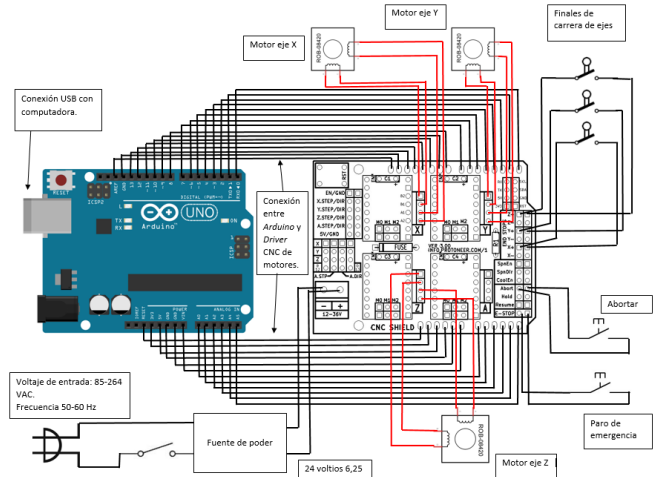


Figura 4. Diagrama electrónico

El control está compuesto por elementos de electrónica, tales como: Arduino UNO, drivers A4988, CNC Shield, motores a pasos Nema 17, modulo láser, pulsador de emergencia, fuente de alimentación y otros elementos auxiliares.

El módulo laser se conecta en los pines de salida de la tarjeta CNC shield marcados en color verde, tal como se muestra en la figura 5.

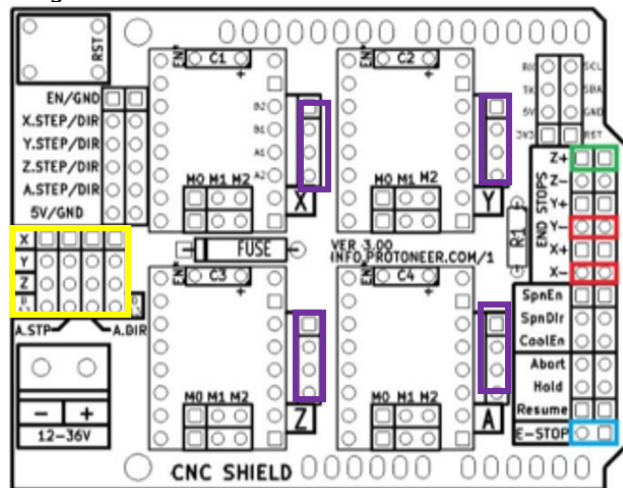


Figura 5. Elementos de salida de la CNC shield

En la tercera etapa del proyecto, se construyó físicamente el prototipo, este proceso se hizo de manera manual utilizando herramientas básicas para el ensamble, tales como: desarmadores, pinzas, escuadras, niveladores, taladro, martillo, entre otros. El resultado de la etapa de construcción se muestra en la figura 6.

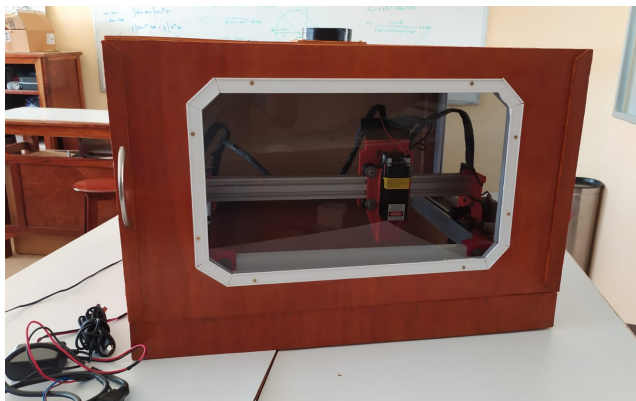


Figura 6. Máquina Láser CNC

El prototipo cuenta con una cápsula que extrae los gases tóxicos a través de extractor ubicado en la parte superior. Es importante mencionar que el extractor contiene una conexión para la instalación de un ducto al exterior.

Es imperante mencionar que una vez ensamblado el equipo, se procedió a la etapa de pruebas y ajustes donde se realizaron las configuraciones necesarias para el buen funcionamiento, el cual incluyó la prueba de la cápsula de extracción de gases y los ajustes de los ejes en movimiento, tal como se muestra en la figura 7 y 8.

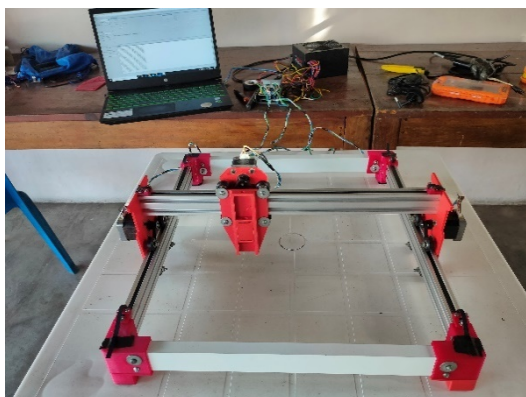


Figura 7. Prueba de movimiento de ejes



Figura 8. Prueba del sistema de extracción de gases

El sistema de extracción de gases es activado de forma manual a través de un switch interruptor de palanca, por lo que se encuentra independiente a todo el sistema eléctrico.

## Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos fue posible la creación de un prototipo didáctico para que estudiantes del ITSMT realicen prácticas de CNC. Al incorporar un proceso de diseño que involucró tecnologías CAD-CAE-CAM se confirma lo expuesto por Aguirre et al. (2017), ya que estas herramientas de la ingeniería permitieron tener una visión más completa

del modelado del prototipo. Además, se obtuvieron resultados favorables en el modelo preliminar en cuanto a la calidad esperada del modelo y su funcionalidad, tal como lo describe Erazo (2022) en su investigación.

El diseño del prototipo a través del ordenador y uso de software especializado para el modelado y pruebas de ingeniería virtuales permitió crear, modificar, analizar y optimizar el prototipo sin desperdiciar materiales y tiempo, por lo que se coincide con lo expuesto por Mercado (2020), respecto a que estas tecnologías de CAD aportan beneficios para el aprovechamiento de los recursos.

Considerando las pruebas CAE realizadas a los componentes críticos del prototipo y la escala de Von Mises, donde representa un estado crítico con tensiones de  $4.832e+04$  N/m<sup>2</sup> en color rojo, todas las piezas del prototipo mantienen tensiones intermedias (verde) y bajas (azul) con una fuerza de 9N, por lo que cada uno de los componentes que ensamblan la máquina, son capaces de resistir el esfuerzo por encima del requerido, ya que a diferencia de un Router CNC, una máquina laser no impacta físicamente la pieza de trabajo, sino que lo hace con el calor generado del propio laser.

Las estrategias usadas para el modelado y prototipado de proyectos son parte de una actitud diferente donde las soluciones ágiles y la capacidad de síntesis rigen el desempeño y calidad del resultado final, tal como lo exponen Solís et al. (2023). Esto es demostrado debido al proceso llevado a cabo para el diseño y construcción del prototipo, ya que de no haber utilizado las herramientas tecnológicas CAD/CAE/CAM, la culminación del proyecto hubiera llevado más tiempo, retrabajo al probar piezas a ensayo y error, además del desgaste económico y mayor esfuerzo por corrección de defectos.

## Conclusiones

Culminado el proceso de diseño y fabricación del prototipo didáctico de máquina láser CNC, se establece el alcance del objetivo general del proyecto. Para su culminación fue necesario hacer uso de diversas estrategias y herramientas de la ingeniería con la finalidad de demostrar el uso de tecnologías CAD-CAE-CAM en el proceso de diseño y manufactura del prototipo.

La primera tecnología denominada CAD, sirvió para generar el modelo virtual de los componentes de la máquina y realizar los ensambles correspondientes de los mecanismos, lo que permitió realizar ajustes en el modelo a través de un software computacional de dibujo asistido por computadora CAD. Una vez obtenido el modelo, se sometió a pruebas virtuales para comprobar la funcionalidad y resistencia de los materiales con el uso de software de CAE, esta tecnología permitió reducir costos y desperdicios de materiales al no generar pruebas físicas y re-manufactura de los componentes y mecanismos.

La tecnología de Manufactura Asistida por Computadora demostró que se pueden usar técnicas de prototipado rápido como la impresión 3D para obtener soluciones rápidas en cuanto a la fabricación de componentes auxiliares de los mecanismos.

Si bien es cierto que el prototipado de un proyecto puede realizarse sin las tecnologías antes expuestas, los

profesionales en diseño suelen preferirlas debido a las ventajas que poseen respecto a la optimización de los diseños y la reducción de tiempo y costos.

Respecto a la contribución a las necesidades detectadas, la generación de prototipos didácticos para demostrar y poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en el salón de clases por los estudiantes de ingeniería, es crucial para su formación profesional, a pesar de no contar con equipos industriales dentro de la institución, por lo que el desarrollo del proyecto representa una solución alterna para futuras generaciones de estudiantes.

Este prototipo marca el antecedente de una iniciativa para el equipamiento del laboratorio de ingeniería mecatrónica, sin embargo, se hacen las siguientes recomendaciones a futuro:

- Adquirir equipo de protección personal para el uso de la máquina láser.
- Complementar el sistema de extracción de gases al exterior del laboratorio a través de tubería.
- Realizar pruebas en diversos materiales para medir la capacidad en cuanto a la capacidad de trabajo.
- Realizar un análisis estadístico para evaluar el desempeño del prototipo en los diversos materiales.
- Escalar el proyecto a un prototipo con mayor capacidad en cuanto a motores y dimensiones más grandes, mayor potencia de láser.

### Contribución de los autores

CAL, desarrollo metodológico, diseño, construcción del prototipo, análisis de resultados, redacción del artículo.

SDSL, recolección de datos, diseño, construcción del prototipo, análisis de resultados, documentación.

LHF, análisis de resultados, redacción y revisión del artículo.

### Financiamiento

“No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo”.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### Presentaciones previas

Ninguna

### Referencias

1. Aguirre, F., Echeverría, C., & Arteaga, V. E. (2017). Desarrollo de una prótesis de rodilla para amputaciones transfemorales usando herramientas computacionales CAD-CAE-CAM. *UIS Ingenierías*, XVI(2). <https://n9.cl/mpkbi>
2. Cruz, G. M., Stalin, M. J., Isaac, S. S., & Msaquiza, Á. G. (2021). Importancia de los sistemas CAD-CAM para el desarrollo de proyecto de conformado de materiales. *Polo del conocimiento*, VI(11), 370-382. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3276>
3. Díaz, N. (2023). La actividad del prototipado en diseño. Una perspectiva académica. *RSCH*, XXI(22), 171-177. <https://doi.org/10.5565>
4. Erazo, V. A. (2022). El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina. *Información Tecnológica*, XXXIII(2), 297-308. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000200297>
5. Mercado, J. D. (2020). Evolution of simulation software for Design and Construction in Industry. *Polo del Conocimiento*, V(08), 1333-1343. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1665>
6. Mir, V., Tiel, G., Cristian, P., Menéndez, A., & Cuesta, Y. (2023). Design of a metal mould for casting brake and clutch levers for a suzuki AX-100 motorbike. *Ingeniería mecánica*, XXVII(1), 1-11. <https://n9.cl/z0aaic>
7. Muñoz, A. O., & Calzadilla, D. A. (2025). Implementation of CAD/CAE/CAM Technology for Industry 4.0 and its Impact on Industrial Efficiency, Panama 2024. *REICT*, IV(2), 110-132. <https://doi.org/10.48204>
8. Solís, S. I., Magally, S. T., Lastuisa, H. G., & Albán, E. D. (2023). EVOLUTION AND USEFULNESS OF CNC MACHINING IN INDUSTRIAL DESIGN. *INGENIAR*, VI(11), 42-55. <https://doi.org/10.46296>



ARTÍCULO MONOGRÁFICO

## **Análisis crítico: Políticas educativas y desafíos para atender exigencias de la realidad educativa en México**

**Julissa Beanet Perea-García<sup>1\*</sup>**



<sup>1</sup>0009-0002-7973-1414

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.

Recepción 12 de diciembre 2025. Aceptación 16 de diciembre de 2025.

---

### **Resumen**

Este artículo revisa de forma crítica cómo están funcionando las políticas educativas en México, tomando en cuenta que hoy el mundo vive mucha desigualdad, cambios tecnológicos rápidos y nuevas demandas sociales. A nivel internacional, organismos como la UNESCO y la OCDE insisten en que los sistemas educativos deben ser más inclusivos, más justos y estar alineados con metas globales como el ODS 4. Aun así, siguen existiendo problemas importantes, como la baja calidad educativa, la brecha digital y la falta de actualización de los contenidos que se enseñan, especialmente frente a los cambios del mercado laboral y la tecnología. En el caso de México, aunque ha habido intentos por mejorar y modernizar el sistema educativo, todavía hay obstáculos muy fuertes: poco presupuesto, infraestructura limitada, desigualdades entre estados y problemas en la formación docente. Las evaluaciones nacionales como internacionales siguen mostrando que los estudiantes presentan rezagos en lectura y matemáticas, impactando en la formación universitaria, lo que deja claro que se necesitan estrategias más específicas para cada contexto y no soluciones generales. También se identifican retos urgentes, como incluir realmente a grupos históricamente vulnerables, actualizar planes de estudio, impulsar habilidades digitales y socioemocionales, y avanzar hacia modelos educativos más sostenibles. En conjunto, el análisis muestra que México necesita políticas educativas realistas, adaptadas a la realidad y pensadas para mantenerse a largo plazo, que ayuden a reducir desigualdades y a responder a los desafíos actuales. Esto implica trabajar por más equidad, innovación pedagógica y mejor coordinación entre gobierno, escuelas y comunidades.

**Palabras clave:** Políticas Educativas, Desigualdad, Inclusión, Brecha digital, Sostenibilidad Educativa.

### **Abstract**

This article critically examines how educational policies are functioning in Mexico, taking into account the current global context of significant inequality, rapid technological change, and new social demands. Internationally, organizations such as UNESCO and the OECD insist that education systems must be more inclusive, more equitable, and aligned with global goals like SDG 4. Even so, significant problems persist, including low educational quality, the digital divide, and outdated curriculum content, especially in light of changes in the labor market and technological advancements. In the case of Mexico, although there have been attempts to improve and modernize the education system, significant obstacles remain: limited budgets, inadequate infrastructure, inequalities between states, and problems with teacher training. Both national and international assessments continue to show that students are lagging behind in reading and mathematics, impacting their university education. This clearly demonstrates the need for more specific strategies tailored to each context, rather than general solutions. Urgent challenges have also been identified, such as truly including historically vulnerable groups, updating curricula, promoting digital and socio-emotional skills, and moving toward more sustainable educational models. Overall, the analysis shows that Mexico needs realistic educational policies, adapted to its current situation and designed for long-term sustainability, that help reduce inequalities and address current challenges. This implies working towards greater equity, pedagogical innovation, and better coordination among government, schools, and communities.

**Keywords:** Educational Policies, Inequality, Inclusion, Digital Divide, Educational Sustainability.

## Introducción

La educación es un pilar fundamental para el desarrollo social, económico y cultural de cualquier nación. A nivel nacional e internacional, las políticas educativas buscan no solo mejorar la calidad de enseñanza, sino también adaptarse al uso de las nuevas tecnologías que demandan una evolución tecnológica en todos los ámbitos.

En la actualidad, muchos países enfrentan la necesidad de transformar sus enfoques educativos para atender una realidad cambiante marcada por la globalización, los avances tecnológicos y las crisis sociales, pese a los desafíos que puedan enfrentar como la desigualdad socioeconómica y la diversidad cultural, como Schmelkes (2010) argumenta en que la educación debe ser un factor de movilidad social, permitiendo que los estudiantes de todos los orígenes tengan la oportunidad de alcanzar su máximo potencial.

Por su parte, Braslavsky (2006) enfatiza que la mejora de los sistemas educativos requiere políticas integrales que articulen currículo, formación docente y gestión escolar, evitando reformas fragmentadas y de corto plazo, dado que la falta de continuidad en las políticas educativas ha generado ciclos de cambio e incertidumbre que afectan directamente a las escuelas y a los docentes, debilitando la posibilidad de consolidar procesos de mejora sostenida.

Dussel (2021) advierte que la incorporación de tecnologías digitales en la educación latinoamericana, acelerada por la pandemia, ha profundizado desigualdades preexistentes, pues las políticas de innovación educativa han privilegiado soluciones tecnológicas sin una reflexión pedagógica suficiente, lo que ha limitado su potencial transformador. Como señala Cobo (2019) han sido presentadas como una solución clave para modernizar los sistemas educativos, sin embargo, la evidencia reciente advierte que su impacto depende de factores pedagógicos, organizacionales y sociales. Investigaciones realizadas en países latinoamericanos muestran que, sin una formación docente adecuada y políticas de acompañamiento, la innovación tecnológica puede profundizar brechas existentes en lugar de cerrarlas.

Así, desde esta perspectiva, la transformación educativa requiere no solo inversión en infraestructura, sino también una revisión crítica de los sentidos pedagógicos y sociales de la educación en contextos de desigualdad. Las reformas educativas en la región han tendido a reproducir enfoques normativos homogéneos, sin considerar suficientemente la heterogeneidad social, cultural y territorial que caracteriza a los países latinoamericanos, lo que limita su impacto en la reducción de las desigualdades educativas (Tedesco, 2012).

La educación pública requiere fondos complementarios

para enfrentar desafíos específicos; el primero de ellos, el mejoramiento y la expansión de la infraestructura. Hasta aquí, los fondos destinados han sido muy insuficientes, considerando no solo lo que se requiere para mantener las existentes, sino las necesidades de crecimiento del sistema, particularmente en zonas de expansión poblacional donde en general el sector público ha tenido una conducta pasiva, dejando la puerta abierta a la privatización (Bellei, 2018).

Las políticas educativas deben avanzar hacia enfoques más contextualizados, participativos y orientados a la justicia social, capaces de responder a la complejidad de los sistemas educativos y a las demandas reales, de ahí que el presente análisis crítico tiene como objetivo examinar las políticas educativas y mostrar un poco sobre la interacción que hay entre las exigencias del contexto social, económico y cultural y las respuestas que los gobiernos ofrecen a través de sus sistemas educativos, es decir, las fallas y los retos enfrentados para atender las necesidades educativas actuales en México, América Latina y el resto del mundo.

## Contexto Global de las Políticas Educativas

En los últimos años, la educación ha sido reconocida como un derecho humano esencial y la clave para el desarrollo socioeconómico. Según la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), (2020), las políticas educativas deben estar alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 4, que busca "asegurar una educación inclusiva, equitativa y de calidad". A nivel internacional, las estrategias educativas se han enfocado en la inclusión, la calidad y la equidad, reflejando un consenso creciente sobre la necesidad de reformas que aborden las desigualdades existentes en el acceso y la calidad de la educación, sin embargo, las políticas educativas enfrentan el reto de ser efectivas en contextos diversos.

La educación no cambia el mundo, cambia a las personas que van a cambiar el mundo (Freire, 1970). Esto resalta la importancia de adaptar las políticas educativas a las necesidades específicas, lo que muchas veces, dado el contexto, se ve obstaculizado por cuestiones económicas, sociales, culturales y tecnológicas.

En México, las políticas educativas han estado marcadas por reformas que buscan transformar un sistema educativo históricamente caracterizado por la desigualdad y la desactualización. La reforma educativa de 2013, que introdujo evaluaciones estandarizadas y nuevas formas de gestión, fue considerada un intento útil pero controversial. Si bien se orientó hacia la mejora del desempeño docente y el rescate de la profesionalización magisterial, también enfrentó críticas por la falta de atención a factores contextuales que afectan a los

estudiantes, lo que ha llevado a un descontento entre diferentes sectores de la comunidad educativa.

## Desafíos en las Políticas Educativas Nacionales y en América Latina

Las políticas educativas nacionales y en América latina se destacan por la falta de financiación adecuado, la calidad de la formación docente y la infraestructura insuficiente. La desigualdad socioeconómica también juega un papel crítico. Autores como Amartya Sen (2000) enfatizan la importancia de la justicia social en la educación, argumentando que las disparidades en el acceso a una educación de calidad perpetúan ciclos de pobreza y exclusión. Por lo tanto, es crucial que las políticas educativas no solo busquen aumentar el acceso, sino que también garanticen que todos los estudiantes reciban una educación que les permita desarrollar su potencial.

Algunos desafíos que enfrentan las políticas educativas están enfocados en:

- **Desigualdad y Acceso.** Constituye uno de los desafíos más significativos en América Latina y, particularmente, en México, donde aún persisten diferencias estructurales que impiden garantizar una educación de calidad para todos. Un análisis señala que los estudiantes provenientes de entornos socioeconómicamente desfavorecidos y comunidades marginadas, incluyendo zonas rurales e indígenas, siguen enfrentando barreras sistemáticas que limitan no solo su acceso cuantitativo a la educación, sino también su desempeño y aprendizaje real (Näslund-Hadley & Alonzo, 2024). Sin embargo, pese al conjunto de estrategias y programas implementadas para reducir los indicadores, estos siguen mostrando que las brechas entre quienes acceden, permanecen y culminan la educación media superior y el nivel superior, aún son muy elevadas, sobre todo en aquellos estudiantes de zonas rurales y provenientes de hogares de ingresos inferiores (SITEAL, 2022).
- **Calidad Educativa.** A pesar de los esfuerzos por aumentar la cobertura educativa, la calidad de la educación sigue siendo un problema recurrente. En México, por ejemplo, las pruebas estandarizadas han mostrado resultados preocupantes en cuanto a la comprensión lectora y la matemática, lo que indica una necesidad urgente de reestructuración en la formación docente y en los currículos. De acuerdo al informe de la UNESCO (2024), distintos organismos internacionales y nacionales han señalado que la persistencia de estos bajos resultados demanda reformas focalizadas en la formación docente, incluyendo formación continua y mejora de prácticas didácticas, así como ajustes curriculares que prioricen aprendizajes clave y evaluación formativa

para orientar la enseñanza. Por tanto, es evidente que para mejorar la calidad educativa en México se requieren de acciones coordinadas que incluyan la revisión curricular orientada a competencias esenciales, políticas robustas de formación continua y acompañamiento docente, así como sistemas de evaluación que informen la mejora pedagógica en todos los niveles educativos.

- **Relevancia Curricular:** Las políticas educativas a menudo no responden a las necesidades del sector productivo y a los avances tecnológicos, generando una desconexión entre lo que se enseña en la escuela y las habilidades requeridas en el actual campo laboral. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), (2023), considera que esta brecha se manifiesta tanto en desajustes de cualificación y especialidad (trabajadores sobre- o subcualificados para los puestos disponibles) como en la insuficiente preparación en habilidades digitales, socio-emocionales y técnicas emergentes que han aumentado su importancia en los últimos años. Así, el Banco Mundial (2023), hizo una propuesta sintética para el currículo donde en términos prácticos, se debe reforzar la relevancia curricular integrando módulos de habilidades técnicas y digitales actualizables; estableciendo alianzas formales con sectores productivos para prácticas, pasantías y codiseño curricular; incorporando la evaluación por competencias y certificaciones modulares y, fortaleciendo la formación docente en tecnologías y metodologías activas. Estas medidas no sólo aumentarían la empleabilidad de egresados/as, sino que ayudarían a que los sistemas educativos respondan con mayor rapidez a cambios en la demanda laboral. En otras palabras, la educación en general, pero en particular la técnica y profesional necesitan ser fortalecidas para adaptarse a las dinámicas del empleo.
- **Cambio Climático y Sostenibilidad:** Las políticas educativas deben incluir una conciencia ambiental que prepare a los estudiantes para enfrentar los retos del cambio climático y fomentar prácticas sostenibles. De acuerdo con la UNESCO (2024) esto permitirá que el alumnado no sólo comprenda las causas y consecuencias del calentamiento global, sino también desarrolle competencias prácticas para la mitigación, la adaptación y la toma de decisiones responsables. Un enfoque curricular «verdecido» (greening the curriculum) implica incorporar contenidos transversales —ciencia del clima, justicia climática, consumo responsable y resiliencia comunitaria— junto con metodologías activas (aprendizaje basado en proyectos, servicio

comunitario, educación experiencial) que fomenten la alfabetización climática y la acción local. Esta integración exige además apoyar a docentes con formación específica y recursos pedagógicos contextualizados, porque la evidencia muestra que la efectividad de la educación climática depende tanto del currículo como de la preparación docente y de la capacidad de las escuelas para servir como centros de adaptación frente a riesgos climáticos.

- **Diversidad Cultural e Inclusión:** Las políticas educativas deben ser inclusivas y respetar la diversidad cultural, sin embargo, en muchos países, la educación se ha promovido desde un enfoque excluyente y marginado, especialmente a las culturas indígenas, personas con alguna discapacidad y migrantes y, México, no es la excepción. La Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), (2023) hace referencia a que las políticas educativas inclusivas requieren, no solo normas y marcos de equidad, sino capacitación docente continua, apoyo pedagógico diferenciado, currículos que reflejen saberes culturales diversos, intervenciones orientadas a la convivencia escolar y mecanismos de monitoreo que evalúen el impacto real de las acciones en los centros educativos y sus comunidades. Por tanto, si la educación ofreciera respeto y celebrara la diversidad cultural, fortalecería el derecho a aprender de todos y todas, y contribuiría a una sociedad más justa y democrática.
- **Innovación Educativa y Tecnología:** La transformación digital en la educación es un reto tanto en infraestructura como en capacitación docente, un ejemplo de ello se pudo observar en la pandemia de COVID-19, la cual evidenció las brechas en la educación en línea, la falta de infraestructura y de capacitación docente en tecnologías digitales, volviéndose los principales obstáculos para garantizar la equidad educativa, focalizándose en mayor grado en las zonas rurales donde el acceso a internet es limitado o nulo, así como la falta de dispositivos digitales y, qué decir de la capacitación para el manejo de éstas, tanto de los estudiantes como del personal docente. Deroncele, *et al.* (2023) enfatizan que la digitalización educativa será significativa y sostenible cuando las políticas prioricen inversiones en infraestructura tecnológica, programas de desarrollo profesional docente orientados a competencias digitales, la cocreación de recursos pedagógicos digitales y estrategias de inclusión que aseguren que todos los estudiantes puedan beneficiarse de estos avances, no solo durante la crisis como la pandemia, sino de forma permanente en los sistemas educativos.

- **Financiamiento Sostenible:** La inversión en educación es crucial para garantizar que las reformas educativas se implementen de manera efectiva y sostenible, pero muchas veces las políticas se ven limitadas por presupuestos insuficientes. La UNESCO (2025) señala pese a los beneficios comprobados de la inversión en educación, como la reducción de la pobreza, el crecimiento económico y la promoción de igualdad de género, muchos países aún destinan recursos insuficientes y desigualmente distribuidos, afectando la capacidad de los sistemas para alcanzar metas como las establecidas en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4) de la Agenda 2030. Así mismo, advierte que la falta de financiamiento adecuado constituye una amenaza para el desarrollo sostenible, y que los países de ingresos bajos y medios enfrentan déficits financieros significativos para cubrir sus compromisos educativos, con escasez de recursos, limitaciones fiscales y desigualdad en la asignación institucional. Por ello, es importante que los gobiernos prioricen presupuestos que reflejen compromisos a largo plazo con la educación, integrando políticas de financiamiento innovadoras y adopten mecanismos de rendición de cuentas que aseguren una implementación efectiva y sostenible de las reformas educativas.
- **Participación Comunitaria:** Fomentar la participación de la comunidad en los procesos educativos puede llevar a una mayor pertinencia y efectividad de las políticas. La Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), (2025) hace referencia que la participación comunitaria en los procesos educativos se ha identificado como un elemento clave para aumentar la pertinencia, calidad y efectividad de las políticas educativas, ya que involucra a estudiantes, familias, organizaciones sociales y autoridades locales en la toma de decisiones, la implementación de acciones y el seguimiento de resultados.

En Chile y Uruguay, países que han impulsado reformas educativas con mecanismos de participación local, se ha observado un avance en la inclusión de las voces de estudiantes y familias en la definición de estrategias educativas, aunque los desafíos persisten en la traducción de estas experiencias en mejores resultados de aprendizaje a gran escala (CEPAL/OCDE/UNESCO, 2023); han avanzado en la implementación de políticas inclusivas, sin embargo, la mitad de los alumnos y las alumnas de 15 años en América Latina no alcanza el nivel mínimo de competencia en lectura. En la República Dominicana, Guatemala y Panamá, menos de 20 alumnos y alumnas de 15 años en situación de pobreza alcanzan el nivel mínimo de competencia en matemáticas por cada 100 de sus

pares más ricos (UNESCO, 2020). Para el caso de los resultados de aprendizaje en América Latina continúan siendo preocupantes; en la prueba PISA 2022, alrededor del 55 % de estudiantes de 15 años no alcanzaron el nivel mínimo de competencia en lectura y, cerca del 75 %, no lo hacen en matemáticas, lo que evidencia brechas profundas que requieren esfuerzos coordinados entre el Estado y las comunidades para transformar los contextos de aprendizaje y promover prácticas educativas más inclusivas y contextualizadas.

## Contexto Internacional

A nivel internacional, las políticas educativas se ven complicadas por la diversidad cultural y las diferencias en los sistemas educativos entre países. La globalización ha generado una demanda creciente por estándares educativos que puedan ser aplicables a nivel global, lo que ha llevado a debates sobre la homogeneización de la educación. Sin embargo, como argumenta el profesor de educación global Stiglitz (2012), esta tendencia puede ignorar las particularidades culturales y contextuales que son fundamentales para el éxito educativo en diferentes regiones. Por otro lado, la rápida evolución de la tecnología plantea un desafío adicional, pues el uso de herramientas digitales en la educación ha crecido significativamente, pero no todos los países tienen la infraestructura necesaria para integrar eficazmente la tecnología en sus sistemas educativos. Así, como en América Latina, la brecha digital se ha convertido en un obstáculo importante para la inclusión educativa, lo que lleva a una nueva forma de desigualdad que debe ser abordada en las políticas educativas actuales.

Las políticas educativas, tanto a nivel nacional como internacional, son fundamentales para el desarrollo de sociedades equitativas y sostenibles, dado que, en un mundo globalizado, donde la movilidad y la tecnología transforman constantemente la forma en que se enseña y se aprende, enfrentan desafíos significativos que requieren una atención constante y adaptativa, a fin de demostrar que deben volverse más coherentes, participativas y sostenibles, articulando la inversión, tecnología, diversidad cultural y participación social para construir sistemas educativos más resilientes y capaces de responder a las demandas actuales y, por qué no, hasta las futuras, que garanticen una educación equitativa, inclusiva y de calidad.

## Retos Globales

A nivel global, las políticas educativas deben confrontar la creciente desigualdad económica y social, la exclusión de grupos vulnerables, y la necesidad de preparar a los estudiantes para un mundo en constante cambio, enfrentando barreras significativas para acceder a

recursos educativos adecuados, docentes calificados y entornos de aprendizaje estimulantes. La realidad es que, los sistemas educativos no abordan las necesidades específicas de estos grupos, lo que resulta en un rendimiento académico inferior y oportunidades limitadas en el futuro.

Se requiere de una educación relevante que proporcione habilidades críticas y creativas que se alineen con las demandas del mercado laboral actual, incluidas las habilidades digitales y socioemocionales, no solo a saberes básicos, debe permitir adaptarse a empleos cambiantes y a contextos cada vez más complejos (OECD, 2023). Este requerimiento implica una revisión constante de los planes de estudio y las metodologías de enseñanza que integren flexibilidad curricular, autonomía escolar y evaluación orientada a competencias, no meramente contenidos estáticos. Además, estas transformaciones requieren inversión sostenida en infraestructura, hablando específicamente de conectividad y dispositivos, desarrollo profesional docente en pedagogías digitales y socioemocionales, y políticas de equidad que prioricen a los grupos vulnerables (OECD, 2024).

Si estos retos se abordaran cambiando la perspectiva, planificando, buscando apoyo, aplicando el pensamiento crítico y la creatividad, y viéndolos como el motor para el desarrollo personal y profesional de los niños, adolescentes y jóvenes, mas no como obstáculos insuperables, las políticas educativas podrían garantizar que todos los estudiantes tengan la oportunidad de alcanzar su máximo potencial y contribuir a un futuro más justo y sostenible.

## Discusión

El análisis de las políticas educativas en México muestra que, aunque en el papel se plantean ideas muy ambiciosas, en la práctica el sistema educativo no siempre tiene la capacidad para llevarlas a cabo de manera justa y constante.

Las evaluaciones nacionales e internacionales muestran que México sigue teniendo rezagos importantes en aprendizajes, sobre todo en matemáticas y lectura. Esto no solo se debe a fallas en la enseñanza, sino también a las desigualdades que existen entre regiones y escuelas, las cuales afectan que cualquier reforma funcione bien. Estos resultados indican que las políticas educativas deberían enfocarse más en reducir estas brechas, en lugar de buscar que todos alcancen los mismos resultados sin considerar sus realidades. Esto implica ajustar metas y estrategias según cada contexto y distribuir los recursos de manera más justa.

Así mismo, mientras las escuelas funcionan en contextos muy desiguales, las intervenciones homogéneas tienden a producir efectos limitados o desiguales. Esto explica por

qué reformas centradas en objetivos estandarizados no siempre se traducen en mejoras generales del aprendizaje (Murillo *et al.*, 2023).

La OECD (2023) considera que las políticas educativas del presente deben combinar medidas redistributivas y de inclusión con estrategias para enseñar competencias del siglo XXI, que establezcan mecanismos de revisión curricular periódica para mantener la pertinencia del sistema educativo frente a un mundo en constante cambio. Por tanto, este análisis resalta la necesidad urgente de reexaminar y reformar las políticas educativas para crear un sistema más inclusivo y efectivo.

## Conclusiones

Lo analizado muestra que para responder realmente a las necesidades de la educación en México no basta con hacer reformas en el papel, se requiere de políticas que sí se puedan llevar a la práctica y que tomen en cuenta las realidades de cada región y de cada escuela. Esto implica enfocarse de verdad en reducir las desigualdades, apoyar a los estudiantes que más lo necesitan y recuperar los aprendizajes perdidos en los últimos años. También es importante que la innovación digital no se limite a repartir computadoras, sino que incluya capacitación para docentes, acompañamiento y conexión a internet de calidad. Se requieren sistemas de seguimiento que permitan saber qué funciona y qué no, y presupuestos estables que aseguren continuidad a los proyectos. Solo con acciones integrales, coherentes y sostenidas será posible avanzar hacia una educación más justa, equitativa y útil para todas y todos los estudiantes de todos los niveles educativos del país.

En este sentido, para abordar las exigencias de la realidad educativa en México, América Latina y el mundo, es importante la colaboración entre gobiernos, organizaciones no gubernamentales, comunidades y el sector privado es esencial para garantizar el éxito de las políticas educativas.

## Contribución de los autores

JBPG, análisis y redacción

## Financiamiento

“No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo”.

## Conflicto de intereses

La autora declara no tener conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna

## Referencias

1. Banco Mundial. (2023). *Building relevant skills for today and tomorrow's jobs*. World Bank Group. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/bb8df6fa28c514bf846d1ddc2cbef2a1-0140022023/original/Building-Relevant-Skills-for-Today-and-Tomorrow-s-Jobs.pdf>
2. Bellei, C., Muñoz, G., Rubio, X., Alcaíno, M., Donoso, M. P., Martínez, J., De la Fuente, L., Del Pozo, F., y Díaz, R. (2018). *Nueva Educación Pública: Contexto, contenidos y perspectivas de la desmunicipalización*. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/153153/Nueva-Educacion-Publica.pdf>
3. Braslavsky, C. (2006). *Diez factores para una Educación de Calidad para Todos en el Siglo XXI*. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 4(2), 84-101. <https://www.redalyc.org/pdf/551/55140206.pdf>
4. Cobo, C. (2019). *Acepto las Condiciones: Usos y abusos de las tecnologías digitales*, Fundación Santillana, Madrid.
5. Deroncela-Acosta, A., Palacios-Núñez, M. L., y Toribio-López, A. (2023). Digital Transformation and Technological Innovation on Higher Education Post-COVID-19. *Sustainability*, 15(3), 2466. <https://doi.org/10.3390/su15032466>
6. Dussel, I. (2020). La escuela en la pandemia. Reflexiones sobre lo escolar en tiempos dislocados. *Praxis Educativa*, 15, 1-16. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.15.16482.090>
7. Murillo, F. J., Martínez-Garrido, C. y Graña, R. (2023). Segregación escolar por nivel socioeconómico en educación primaria en América Latina y el Caribe. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 21(1), 87-117. <https://doi.org/10.15366/reice2023.21.1.005>
8. Näslund-Hadley, E., & Alonzo, H. (2024). *Inequality, Education, and Skills in Latin America: Evidence from the Regional Learning Assessment*. <https://doi.org/10.18235/0013269>
9. OCDE. (2023). *OECD Skills Outlook 2023: Empowering the workforce in the context of a skills-first approach* (OECD Publishing). <https://www.oecd.org/skills/oecd-skills-outlook-2023.pdf>
10. OECD. (2023). *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
11. OECD. (2023). *OECD Skills Outlook 2023: Skills for a resilient green and digital transition* (OECD Publishing). <https://doi.org/10.1787/27452f29-en>
12. OECD. (2024). *Curriculum flexibility and autonomy: Promoting a thriving learning environment*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/eccbba2-en>
13. Schmelkes, S. (2010). *La calidad de la educación primaria: Un estudio de caso*. Fondo de Cultura Económica.
14. Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad*. Editorial Planeta.
15. SITEAL (IIEP-UNESCO). (2022). *Perfil del país México*. [https://siteal.iiep.unesco.org/pais/mexico?utm\\_source=hatgpt.com](https://siteal.iiep.unesco.org/pais/mexico?utm_source=hatgpt.com)
16. Stiglitz, J. (2012). *Globalization and its Discontents Revisited: Anti-Globalization in the Era of Trump*. W.W. Norton & Company.
17. Tedesco, J. (2012). *Educación y justicia social en América Latina*. 1a ed. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica. Universidad Nacional de San Martín, 2012. 272 p. <https://fce.com.ar/wp-content/uploads/2021/07/Tedesco-Educacion-y-justicia-social-en-america-latina.pdf?srsltid=AfmBOoqYvHd0TYNTllWViZkPzDFnc8kr>

B2rcleh0kAbsQYXAmjUkDEN

18. UNESCO. (2024). *Greening Curriculum Guidance: Teaching and learning for climate action*. París: UNESCO. [https://www.unesco.org/sites/default/files/medias/fichiers/2024/09/Greening%20curriculum%20guidance%20Teaching%20and%20learning%20for%20climate%20action.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.unesco.org/sites/default/files/medias/fichiers/2024/09/Greening%20curriculum%20guidance%20Teaching%20and%20learning%20for%20climate%20action.pdf?utm_source=chatgpt.com)
19. UNESCO. (2024). *UNESCO calls for action in the education sector following low results in Latin America and the Caribbean* (PISA 2022). <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-calls-action-education-sector-following-low-results-latin-america-and-caribbean-pisa-2022>.
20. UNESCO. (2025). *Financiación de la educación: lo que necesita saber*. Explica cómo la financiación educativa sigue siendo insuficiente y desigual, afectando los avances hacia el ODS 4. [https://www.unesco.org/es/education-financing/need-know?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.unesco.org/es/education-financing/need-know?utm_source=chatgpt.com)