

Cerveza artesanal como estrategia de desarrollo regional: Análisis desde el caso Alquimia en Chihuahua

pág. 30

Tendencias y características de envases para vino

pág. 23

Liderazgo ético piedra angular en la Responsabilidad Social Empresarial ciudadana

pág. 5



Comite editorial

Director

Rubén Torres Medina

Editor

Tomás Uziel Salas Hernández

Consejo Editorial

Silvia Amanda García Muñoz

Edgar Rascón Nuñez

Rubén Borunda Escobedo

Heriberto Ramírez

Antonio Ornelas

Diseño Editorial

Oscar Hernández Estrada

Tomás Uziel Salas Hernández

Corrector de estilo

Paulina Rascón

DERECHOS DE AUTOR y DERECHOS CONEXOS, año 9 número 10, enero-junio 2025. Es una publicación editada por el Sindicato del Personal Académico de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario S/N Campus 1, Magisterial C. P. 31200 Chihuahua, Chihuahua. Director: Rubén Torres Medina. Editor Responsable. Tomás Uziel Salas Hernández. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2023-030717380700-102, ISSN 2992-8133. Otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Última actualización 30 de junio de 2025. Los manuscritos publicados en esta revista reflejan exclusivamente la opinión de los autores.

Indice

4	Editorial
5	Liderazgo ético piedra angular en la Responsabilidad Social Empresarial.
16	Monopolio en México: Impacto, regulación y excepciones constitucionales.
23	Tendencias y características de envases para vino.
30	Cerveza artesanal como estrategia de desarrollo regional: Análisis desde el caso Alquimia en Chihuahua.
37	Consulta estructurada desde la perspectiva de la Inteligencia Artificial.
44	Fundamentos de vehículos eléctricos y estrategias de control para motores: Enfoques tradicionales
54	Destacado papel de la cromatografía circular de Pfeiffer en el análisis integral de suelos y abonos orgánicos

Editorial

Estimados lectores:

Esta es la edición número 10 de nuestra revista, la cual se consolida cada día como un espacio de divulgación del quehacer académico, gracias a la entusiasta participación de las y los docentes, cuyas investigaciones se traducen en valiosos artículos.

En esta edición, al igual que en las anteriores, se publican trabajos que seguramente serán de interés para nuestros lectores, ya que abordan temas de actualidad como: la ética aplicada en la responsabilidad social empresarial, que se sustenta en principios y valores que permiten a las organizaciones evolucionar hacia un capitalismo consciente y responsable, que propicie la creación de valor compartido, respetando la dignidad humana.

Otro tema es el análisis sobre el monopolio en México; sus impactos, regulaciones y excepciones constitucionales, interesante ya que las prácticas monopólicas que controlan la producción, distribución y los precios generan costos sociales e inequidad para los consumidores.

Entre los demás temas abordados en esta edición, destaca el análisis sobre las tendencias en el diseño de envases para el vino, en el cual se revisan las innovaciones para envasar y preservar adecuadamente el producto, pero disminuyendo y cuidando el impacto ambiental como un compromiso ecológico.

Al igual que la producción de vino, Chihuahua incursiona fuertemente en la producción de cerveza artesanal. Un ejemplo de ello es el proyecto ALQUIMIA, una cerveza artesanal elaborada en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, proyecto sobre el cual los autores hacen un análisis como estrategia de desarrollo regional.

Y no podría faltar un tema de actualidad y controversia respecto a su impacto en varios aspectos del comportamiento social: la inteligencia artificial. En el artículo, el autor hace un análisis sobre cómo generar las preguntas de forma correcta hacia distintas inteligencias artificiales, estableciendo coincidencias y diferencias.

Fundamentos de Vehículos Eléctricos, un artículo que analiza la necesidad de una movilidad sustentable mediante fuentes de energía alternativas, frente a la creciente demanda global de transporte moderno y respetuoso con el medio ambiente, que está transformando la industria automotriz. Los autores hacen un análisis comparativo de las ventajas y desventajas de las técnicas FOC y DTC. En otro artículo, interesante para el medioambiente y la producción de alimentos actuando con los ecosistemas y sosteniendo la biodiversidad, los autores presentan una útil herramienta: la técnica de cromatografía circular de Pfeiffer, como una alternativa económica, rápida y accesible para evaluar la calidad de los suelos.

Agradecemos sinceramente a los autores por su valiosa colaboración, que permite fortalecer y consolidar este medio de divulgación académica.

El liderazgo ético, piedra angular de la Responsabilidad Social Empresarial

Resumen

El liderazgo ético se configura como un pilar esencial en la consolidación y fortalecimiento de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el mundo actual.

A partir de una revisión histórica de la evolución de la RSE a nivel global, y su particular desarrollo en México, este artículo examina cómo los principios éticos aplicados al liderazgo empresarial permiten integrar las dimensiones económicas, sociales y ambientales en la gestión corporativa.

Se analiza el papel transformador de la ética en las organizaciones a través de marcos conceptuales como la Teoría de los Grupos de Interés (Stakeholders) de Freeman, el Capitalismo Consciente de Mackey, y el Liderazgo Nivel 5 de Collins, los cuales enfatizan la necesidad de que las empresas atiendan a todos sus grupos de interés de manera equitativa y responsable.

El artículo profundiza en casos emblemáticos, destacando la figura de Don Eugenio Garza Sada como precursor del liderazgo ético en México, quien promovió un modelo de empresa donde la generación de riqueza se articulaba con el compromiso social, la educación, el bienestar de los empleados y la contribución activa al desarrollo nacional.

Asimismo, se discuten los beneficios estratégicos que un liderazgo ético aporta a las empresas, tales como la mejora de la reputación, la atracción de talento, la reducción de riesgos legales y la generación de innovaciones sostenibles. En un entorno globalizado y altamente expuesto a la vigilancia social, el artículo argumenta que el liderazgo ético es clave para lograr la verdadera sostenibilidad empresarial, no solo respondiendo a las demandas actuales de los consumidores, inversores y comunidades, sino anticipándose a los desafíos futuros en materia ambiental, social y de gobernanza (ASG).

Finalmente, se sostiene que un liderazgo basado en principios éticos sólidos permite a las organizaciones evolucionar hacia un capitalismo consciente y responsable, en el cual la creación de valor compartido y el respeto a la dignidad humana son parte intrínseca de su éxito y legitimidad.

**Luis Javier Ortega
Miranda.**

Recibido:
30 de abril de 2025
Aceptado:
22 de mayo de 2025

Abstract

Ethical leadership has become a fundamental stone in the consolidation and strengthening of Corporate Social Responsibility (CSR) in today's business environment.

Based on a historical review of CSR's global evolution and its specific development in Mexico, this article examines how ethical principles, when applied to corporate leadership, enable the integration of economic, social, and environmental dimensions into business management.

It explores the transformative role of ethics within organizations through conceptual frameworks such as Freeman's Stakeholder Theory, Mackey's Conscious Capitalism, and Collins' Level 5 Leadership, all of which highlight the necessity for companies to address the needs of all stakeholders in a fair and responsible manner.

The article delves into emblematic cases, particularly emphasizing the figure of Don Eugenio Garza Sada as a pioneer of ethical leadership in Mexico, promoting a business model that combined wealth creation with social commitment, employee welfare, education, and national development.

Furthermore, it discusses the strategic benefits that ethical leadership brings to companies, including enhanced reputation, talent attraction, risk mitigation, and the fostering of sustainable innovation. In an increasingly globalized and socially monitored environment, the article argues that ethical leadership is essential for achieving true business sustainability, not only by responding to current societal expectations but by anticipating future challenges in social, environmental, and governance matters.

Ultimately, it concludes that leadership grounded in strong ethical principles enables organizations to evolve toward a more conscious and responsible form of capitalism, where shared value creation and respect for human dignity become intrinsic components of long-term success and corporate legitimacy.

I. La Evolución Global de la RSE

Las épocas de crisis han demostrado históricamente ser momentos cruciales de cambio y evolución. En particular, desde finales del siglo XX, el concepto tradicional de negocio ha sido redefinido. De una visión enfocada exclusivamente en la generación de beneficios para los accionistas, se ha evolucionado hacia un paradigma más integral, donde las empresas también asumen responsabilidades sociales y ambientales. Esta transformación responde a la creciente presión de una sociedad más

informada y exigente, que demanda que las organizaciones contribuyan activamente al bienestar común.

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) surge en este contexto como un compromiso voluntario de las empresas para gestionar sus operaciones de manera que fomenten el desarrollo sostenible, considerando las expectativas de sus diversos grupos de interés (Freeman, 1984). Sin embargo, la adopción efectiva de la RSE no es posible sin un liderazgo comprometido con principios éticos.

A nivel internacional, la RSE ha seguido trayectorias diversas. En América del Norte, particularmente en Estados Unidos y Canadá, la RSE se consolidó en la década de 1970, impulsada por la presión social, legislativa y de los consumidores (United Nations Global Compact, 2000). Organizaciones como el Pacto Global de la ONU y la ISO 26000 han proporcionado marcos de referencia internacionales, promoviendo principios en derechos humanos, normas laborales, medio ambiente y anticorrupción.

El Pacto Global, lanzado en el año 2000, invita a las empresas a alinear sus estrategias con principios universales, facilitando una economía más justa y sostenible (United Nations Global Compact, 2020).

De igual modo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos por la ONU en 2015, ofrecen una guía para que las empresas actúen como agentes del cambio social y ambiental (Naciones Unidas, 2015).

A finales del siglo XX, se consolida el movimiento de la RSE, destacando la creación de la Global Reporting Initiative (GRI) en Boston, en 1997. Esta organización promueve la transparencia y rendición de cuentas en las empresas a través de la elaboración de estándares para la creación de informes de sostenibilidad. La GRI ha evolucionado hasta convertirse en un referente global, utilizado por miles de empresas en más de 90 países para gestionar y reportar su desempeño en sostenibilidad (Global Reporting Initiative, 2020).

En Europa, la RSE está profundamente integrada en las regulaciones gubernamentales. La Directiva sobre Información No Financiera de la Unión Europea exige que las grandes empresas reporten su impacto social y ambiental.

En Asia, la adopción varía entre países altamente industrializados y en desarrollo. Empresas japonesas como Toyota han mostrado liderazgo en sostenibilidad, mientras que, en regiones menos desarrolladas, la RSE suele centrarse en actividades filantrópicas.

En África, aunque el crecimiento es notable, los desafíos es-

“La adopción efectiva de la Responsabilidad Social Empresarial no es posible sin un liderazgo comprometido con principios éticos.”

tructurales, como la pobreza y la inestabilidad política, limitan su implementación efectiva (Jamali, 2008). Sin embargo, proyectos de RSE en el ámbito de la minería y energía han comenzado a establecer nuevos estándares de inclusión comunitaria. En México, el Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI) y su distintivo Empresa Socialmente Responsable (ESR) han sido instrumentos esenciales para promover la RSE. Más de 1,500 empresas mexicanas han sido reconocidas, pero persisten retos en la traducción efectiva de estos principios en acciones concretas, especialmente entre pymes (Porto y Castromán, 2006).

II. El Liderazgo Ético como pilar fundamental

Las crisis financieras de principios del siglo XXI, como el estallido de la burbuja puntocom en 2001 y la crisis hipotecaria de 2008, expusieron las consecuencias de un liderazgo empresarial carente de ética (Hitt et al., 2010). La avaricia corporativa, el cortoplacismo y la negligencia hacia los grupos de interés generaron pérdida de confianza, daño reputacional y la necesidad de reformas profundas en la gobernanza corporativa.

Un liderazgo basado en valores éticos es esencial para restaurar esta confianza. Según Bass (1985), el liderazgo transformacional no solo persigue resultados económicos, sino que también inspira a los miembros de la organización a actuar en beneficio del bien común.

Brown y Treviño (2006) destacan que los líderes éticos moldean la cultura organizacional mediante su comportamiento ejemplar, facilitando entornos donde la RSE puede prosperar. Además, señalan que los líderes éticos consideran el impacto de sus decisiones en todos los *stakeholders*, promoviendo una visión inclusiva y sostenible.

La confianza organizacional, como indican Costa, Passos y Pinho (2014), es otro elemento crítico promovido por el liderazgo ético. La transparencia y la coherencia en las acciones de los líderes fomentan el compromiso de los empleados, potenciando la efectividad de las iniciativas de RSE.

III. Casos emblemáticos que han moldeado la RSE en México

Uno de los grandes precursores de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en México fue Don Eugenio Garza Sada, empresario regiomontano que comprendió que las empresas deben asumir un compromiso social con sus empleados, comunidades y el país. Según César Salinas Márquez en Capitalismo Social (2020), Garza Sada transformó el tejido económico y so-

cial de Monterrey, guiado por un liderazgo ético que colocaba a las personas en el centro de la gestión organizacional.

Entre sus acciones destacaron condiciones laborales justas, programas de salud, educación y vivienda, anticipándose a los actuales principios de RSE orientados al desarrollo humano integral. Su visión se materializó también en la fundación del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) en 1943, convencido de que la educación es clave para el desarrollo sostenible (Salinas, 2020).

Bajo su liderazgo, empresas como Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma y Grupo VISA adoptaron un modelo de negocios donde el crecimiento económico iba de la mano con el impacto social positivo, incluyendo proyectos de infraestructura comunitaria y mejora de la calidad de vida local. Para Garza Sada, la rentabilidad debía ser compatible con el bienestar colectivo. Además, defendía una ética empresarial basada en integridad, transparencia y responsabilidad, principios que hoy sustentan la RSE moderna. Aunque la sostenibilidad ambiental no era una prioridad en su época, sus inversiones sociales evidencian un compromiso con el desarrollo a largo plazo.

Garza Sada promovía una visión nacionalista responsable: las empresas mexicanas debían contribuir al progreso del país. Su legado, como destaca Salinas (2020), propone un “capitalismo con conciencia social”, donde la riqueza sirva al bienestar colectivo y el liderazgo empresarial se mida también por su impacto positivo en la sociedad.

IV.- Bases teóricas del liderazgo ético en la RSE

IV.1 Teoría de los grupos de interés (Stakeholders) de Freeman

La teoría de los grupos de interés, propuesta por Freeman (1984), reformula el enfoque empresarial tradicional, subrayando que las empresas deben atender las necesidades de todos los *stakeholders*: empleados, clientes, proveedores, comunidades y medio ambiente. Esta perspectiva legitima la RSE como una estrategia central para la creación de valor compartido.

Freeman plantea que la ética empresarial no puede ser concebida como un complemento, sino como una condición esencial de la estrategia organizacional.

IV.2 Capitalismo consciente de John Mackey

Mackey y Sisodia (2013) introduce el concepto de Capitalismo Consciente, donde las empresas operan con un propósito superior que trasciende la generación de beneficios económicos. Esta filosofía coloca el bienestar social, ambiental y humano en el centro de la estrategia empresarial.

A diferencia de una RSE reactiva, el capitalismo consciente plantea que la responsabilidad social debe ser el motor mismo de la organización, integrándose en cada actividad y decisión. Mackey argumenta que las empresas con una cultura consciente son más sostenibles y rentables a largo plazo, consolidando relaciones sólidas con todos los grupos de interés.

El liderazgo consciente se apoya en la transparencia, la autenticidad y la coherencia como valores rectores.

IV.3 Liderazgo nivel 5 de Jim Collins

El liderazgo Nivel 5, descrito por Collins (2001), combina humildad personal y ambición profesional orientada al éxito colectivo. Estos líderes priorizan la sostenibilidad organizacional por encima de logros personales, en una visión que resuena con los principios de la RSE.

El liderazgo Nivel 5 destaca la importancia de construir legados duraderos basados en principios éticos, rechazando el egocentrismo como motor de las decisiones empresariales.

V. Beneficios de integrar el liderazgo ético en la RSE

En la obra titulada Hipoteca Social, David Noel Ramírez Padilla (2016) sostiene que el verdadero liderazgo empresarial debe estar cimentado en una profunda responsabilidad ética y social. Desde su perspectiva, todo líder empresarial contrae una “hipoteca” con la sociedad, es decir, una deuda moral que debe saldarse mediante acciones concretas que contribuyan al desarrollo humano y al bien común. En este sentido, el liderazgo ético no es una opción decorativa ni un añadido superfluo, sino el motor esencial de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE).

Uno de los beneficios más importantes de integrar el liderazgo ético en la RSE es el fortalecimiento del sentido de propósito dentro de las organizaciones. Cuando los líderes actúan con base en principios como la justicia, la integridad y la solidaridad, inspiran a sus colaboradores a trabajar con compromiso y vocación de servicio, generando un entorno laboral saludable y motivador (Ramírez Padilla, 2016). Esto se traduce en mayor lealtad, productividad y cohesión interna, lo que fortalece la sostenibilidad del negocio.

Además, un liderazgo ético genera confianza social e institucional, algo que Ramírez Padilla (2016) considera fundamental en un entorno empresarial cada vez más expuesto al escrutinio público. Las empresas que adoptan decisiones con transparencia, respeto por las personas y sensibilidad social ganan reputación y credibilidad frente a consumidores, inversionistas y la comunidad. Esa confianza se convierte en un activo estratégico

“El liderazgo ético no es una opción decorativa ni un añadido superfluo, sino el motor esencial de la Responsabilidad Social Empresarial.”

difícil de igualar.

Por otro lado, el liderazgo ético fomenta una visión trascendente de la empresa, en la que el éxito no se mide únicamente por indicadores financieros, sino por el impacto que la organización tiene en la transformación positiva de su entorno. Ramírez Padilla (2016) insiste en que el empresario no debe ser indiferente ante la pobreza, la desigualdad y la exclusión social. Desde esta óptica, la RSE no es filantropía ocasional, sino una estrategia de compromiso permanente con la dignidad humana.

En un mundo digitalizado, donde las redes sociales y los medios amplifican cada acción empresarial, Ramírez Padilla (2016) advierte que la coherencia entre discurso y práctica ética se vuelve imprescindible. Las empresas ya no pueden ocultar incongruencias ni sostener apariencias sin consecuencias. Por ello, un liderazgo ético, consciente de su responsabilidad social, se convierte en la mejor garantía de sostenibilidad y legitimidad a largo plazo.

En definitiva, el liderazgo ético es la fuerza propulsora de la RSE. Es él quien le da dirección, sentido y autenticidad. Sin líderes éticos y comprometidos con el bien común, la RSE se reduce a una etiqueta vacía. Pero cuando el liderazgo se vive con conciencia social, la empresa se transforma en un verdadero agente de cambio, capaz de generar riqueza con sentido humano y justicia.

VI.- Vinculación entre la ética y las buenas prácticas de los negocios-la rentabilidad de los valores

En el libro titulado: La Rentabilidad de los Valores, la Unión Internacional Cristiana de Dirigentes de empresas (UNIAPAC) con sede en Francia, presenta una visión integral de la empresa donde la ética no es un acto de filantropía, sino el fundamento de las decisiones empresariales responsables. Según esta visión, el comportamiento ético no se limita al cumplimiento legal, sino que implica actuar con justicia, respeto por la dignidad humana y orientación al bien común (UNIAPAC, 2005). Esta perspectiva encuentra raíces en el pensamiento de Aristóteles, quien en su Ética a Nicómaco plantea que la virtud y la razón práctica (phronesis) son esenciales para alcanzar la eudaimonía o plenitud humana (Aristóteles, 2004). En el ámbito empresarial, esto se traduce en ejercer un liderazgo virtuoso que priorice el bienestar de todos los grupos de interés.

La ética se vincula directamente con las buenas prácticas empresariales al ofrecer un marco de referencia que guía la conducta hacia lo correcto y lo justo. Por ejemplo, la promoción de

condiciones laborales dignas, la equidad de oportunidades, la transparencia financiera, el respeto medioambiental y la integridad en las relaciones comerciales no son solo medidas estratégicas, sino expresiones concretas de valores éticos.

Estas prácticas generan confianza, fortalecen la cultura organizacional y fomentan relaciones sostenibles con empleados, clientes, proveedores y la comunidad (UNIAPAC, 2005).

Esta organización argumenta que las empresas éticas no solo aportan al desarrollo social, sino que también se benefician económicamente. Una cultura basada en valores sólidos mejora la reputación, reduce riesgos legales y reputacionales, atrae talento comprometido y genera un entorno de trabajo más armonioso.

Así, la ética se convierte en un activo estratégico: impulsa la rentabilidad entendida en sentido amplio, no solo como ganancia económica, sino como creación de valor humano y social (UNIAPAC, 2005).

En conclusión, la ética, lejos de ser un obstáculo para la competitividad, es el cimiento sobre el cual se construyen las buenas prácticas empresariales. Tal como señala UNIAPAC, una empresa verdaderamente responsable encuentra en los valores su brújula, demostrando que lo correcto y lo rentable pueden y deben ir de la mano.

VII.- Caso de éxito: Grupo Bimbo – testimonio ejemplar de los beneficios del liderazgo ético

Grupo Bimbo, fundada en 1945 por Don Lorenzo Servitje, es un referente de cómo el liderazgo ético puede ser un eje transformador en la gestión empresarial.

Desde sus inicios, ha promovido una cultura organizacional basada en valores como la integridad, la equidad, la dignidad humana y el compromiso con el bien común (Servitje Sendra, 2004). Esta visión ética se traduce en acciones concretas con impacto interno y externo.

En lo laboral, la empresa ha sido reconocida como una de las más atractivas para trabajar en México, ocupando el primer lugar en el ranking Merco Talento en 2023 y 2024 (Grupo Bimbo, 2023b). Este logro se debe a su ambiente inclusivo, políticas de equidad, oportunidades de desarrollo humano y estabilidad laboral.

Además, en 2020, gracias a sus políticas de seguridad y bienestar, logró una reducción del 22 % en accidentes laborales y un 8 % en días de incapacidad, sin registrar fatalidades (Grupo Bimbo, 2020).

Grupo Bimbo también impulsa un entorno de trabajo saludable mediante su Modelo Global de Bienestar, que previene ries-

gos físicos y psicosociales y fomenta hábitos saludables (Grupo Bimbo, 2020). Evalúa periódicamente el compromiso de sus colaboradores, promoviendo así una cultura organizacional sólida (Grupo Bimbo, 2019).

Ha sido reconocida como una de las empresas más saludables y como uno de los mejores empleadores del mundo en 2024 (Responsabilidad Social Empresarial, 2024).

En el ámbito ambiental, su liderazgo ético se evidencia en acciones sostenibles. En 2021, inauguró el Parque Eólico Piedra Larga en Oaxaca, con el cual abastece el 85 % de sus operaciones en México con energía renovable, reduciendo significativamente su huella de carbono, también ha sido reconocida por el Carbon Disclosure Project (CDP) por su transparencia y compromiso frente al cambio climático (Grupo Bimbo, 2021).

Además, ha adoptado envases biodegradables y reciclables como parte de su estrategia de economía circular y su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En suma, Grupo Bimbo demuestra que el liderazgo ético no solo mejora la reputación y fortalece el compromiso de los empleados, sino que también permite alcanzar resultados empresariales sostenibles y competitivos. La visión de su fundador sigue vigente: generar valor económico solo es viable cuando se coloca al centro de la organización a la persona, se respeta la sociedad y el planeta (Servitje Sendra, 2004).

VI.- Conclusiones

El liderazgo ético se revela como la piedra angular de la Responsabilidad Social Empresarial. La experiencia internacional y nacional confirma que la sostenibilidad, la equidad y la transparencia no son opcionales en el mundo empresarial contemporáneo; son requisitos esenciales para el éxito y la legitimidad. Las teorías de Freeman (1984), Mackey (2013) y Collins (2001) ofrecen bases sólidas para entender que un liderazgo basado en valores éticos transforma a las empresas en agentes de cambio positivo, capaces de equilibrar la rentabilidad con el bienestar social y ambiental.

El liderazgo ético promueve culturas organizacionales donde la RSE no es una actividad secundaria, sino un principio rector. De esta manera, las empresas pueden restaurar la confianza social, fortalecer su competitividad y contribuir efectivamente al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En definitiva, construir organizaciones éticas y responsables es una tarea ineludible para quienes deseen liderar el futuro. La ética, lejos de ser una simple aspiración, debe convertirse en el eje sobre el cual giren todas las acciones empresariales, asegurando así no solo el éxito económico, sino también el progreso

social y ambiental.

Bibliografía

- Aristóteles. (2004). *Ética a Nicómaco* (J. García-Frapolli, Trad.). Alianza Editorial. (Obra original escrita ca. 350 a. C.)
- Bass, B. M. (1985). *Leadership and Performance Beyond Expectations*. New York: Free Press.
- Brown, M. E., & Treviño, L. K. (2006). Ethical leadership: A review and future directions. *Leadership Quarterly*, 17(6), 595-616.
- Collins, J. C. (2001). *Good to great: Why some companies make the leap... and others don't*. HarperBusiness.
- Costa, A. C., Passos, A. M., & Pinho, D. (2014). Trust development in teams: A multidimensional approach. *The Journal of Social Psychology*, 154(6), 541–556.
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. Pitman.
- Global Reporting Initiative. (2020). About GRI. <https://www.global-reporting.org>
- Grupo Bimbo. (2021). Cero emisiones netas de carbono. <https://www.grupobimbo.com/es/sustentabilidad/para-la-naturaleza/cero-emisiones-netas-de-carbono>
- Grupo Bimbo. (2019). Informe anual 2019: Talento. <https://bimbo.xdesign.mx/informe-anual/2019/es/talento>
- Grupo Bimbo. (2020). Informe anual 2020: Talento. <https://bimbo.xdesign.mx/informe-anual/2020/es/talento>
- Grupo Bimbo. (2023a). Grupo Bimbo es reconocida como una de las empresas más éticas del mundo. <https://www.grupobimbo.com/es/prensa/comunicados/etica/grupo-bimbo-es-reconocida-por-sexto-ano-consecutivo-como-una-de-las>
- Grupo Bimbo. (2023b). Grupo Bimbo, la empresa más atractiva para trabajar en México: Merco Talento 2023. <https://www.grupo-bimbo.com/es/prensa/comunicados/liderazgo/reconocen-grupo-bimbo-como-la-empresa-mas-atractiva-para-trabajar-en>
- Hitt, M. A., Takacs, K., & Serpa, R. (2010). Strategic leadership for the 21st century. *Business Horizons*, 53(5), 437-444.
- Jamali, D. (2008). A Stakeholder Approach to Corporate Social Responsibility: A Fresh Perspective into Theory and Practice. *Journal of Business Ethics*, 82(1), 213–231.
- Mackey, J., & Sisodia, R. (2013). *Capitalismo Consciente: Liberando el espíritu heroico de los negocios*. Editorial Empresa Activa.
- Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. Asamblea General de la ONU. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Porto, R., & Castromán, C. (2006). Responsabilidad social y comunicación: Una revisión de la literatura. *Revista de Comunicación*, 5, 75-93.
- Ramírez Padilla, D. N. (2016). *La hipoteca social: El compromiso del liderazgo con la construcción de una sociedad más justa*. Editorial Trillas.

- Responsabilidad Social Empresarial. (2024, febrero 8). Grupo Bimbo, reconocido como uno de los mejores empleadores del mundo 2024. <https://responsabilidadsocial.net/grupo-bimbo-reconocido-como-uno-de-los-mejores-empleadores-del-mundo-2024>
- Salinas, C. (2020). Capitalismo Social. Centro de Estudios Eugenio Garza Sada A.C.
- Servitje Sendra, R. (2004). Bimbo: Estrategia de éxito empresarial. Pearson Educación.
- UN Global Compact. (2020). Business for peace: The role of business in sustainable development. United Nations. Retrieved from <https://www.unglobalcompact.org/what-is-gc/mission/principles>.
- UNIAPAC. (2005). La rentabilidad de los valores: Propuesta de un nuevo modelo de empresa. Unión Internacional Cristiana de Dirigentes de Empresa.
- United Nations. (2000). United Nations Global Compact. United Nations. <https://sdgs.un.org/2030agenda>.

Monopolio en México: Impacto, regulación y excepciones constitucionales

Carlos Heriberto
Flores Orona.
Rafael Eduardo
Saavedra Leyva.
Gilberto Martínez
Sidón.

Recibido:
1 de junio de 2025
Aceptado:
23 de junio de 2025

Resumen

El artículo analiza los efectos del monopolio asociados a la distorsión del mercado, en la que un agente puede controlar la oferta, limitar la competencia y perjudicar al consumidor. Se consideraron las implicaciones económicas y sociales que estos monopolios pueden promover, como precios elevados, menor innovación y falta de opciones. También se destaca la importancia de la información del mercado para el consumidor y el papel del artículo 28 constitucional mexicano, que prohíbe los monopolios, salvo en sectores estratégicos. Finalmente, se aborda la función e importancia de la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE) como organismo autónomo que previene y sanciona prácticas monopólicas, promoviendo el bienestar económico.

Introducción

En México, es común cuestionar por qué no existen más empresas que otorguen el servicio de energía eléctrica o por qué, en determinadas localidades, no hay mayor oferta de compañías que proporcionen el servicio de agua potable a través de tuberías. A partir de esta problemática, se desarrolla el presente análisis, comenzando por la definición de lo que constituye un monopolio, un concepto fundamental en el estudio de la economía.

Un monopolio se puede definir como una situación de privilegio en la cual existe un agente económico que posee poder de mercado y es el único en una industria. Parkin (2014) menciona que un monopolio es un mercado en el que una sola empresa produce un bien o servicio que no tiene sustitutos cercanos y que está protegido por una barrera que evita la entrada de otras empresas.

Es en palabras de López y González (2004), quienes mencionan que la existencia de un monopolio o de empresas que operan con un poder monopólico sustancial genera costos para la sociedad: las cantidades producidas son inferiores y los precios son superiores a los que existirían bajo competencia, lo cual provoca una pérdida de bienestar. En el mismo sentido, afirman que la existencia de un monopolio o empresas con poder monopólico sustancial conlleva costos sociales similares: menor producción, precios más altos y una consecuente pérdida

de bienestar. Alberro y Schwabe (2016) complementan la idea de los efectos negativos del incremento de los precios encontrando que estos se magnifican en las localidades urbanas en comparación con las rurales.

Esto explica por qué, al momento de buscar alternativas en México respecto a los servicios de agua o energía eléctrica, se evidencia que no existen opciones para elegir, sino que solo puede adquirir estos servicios a través de las grandes y únicas empresas que los ofrecen. Esto tiene un efecto directo cuando desea adquirir un bien o servicio ofrecido por un monopolista. La respuesta rápida es que sí, sí afecta, ya que al no tener opciones actúa como un consumidor cautivo; es decir, la única alternativa que tiene para comprar es con la única empresa existente en el mercado.

Figura 1. Comparativo de ventajas y desventajas del monopolio desde la perspectiva del consumidor. Fuente: Elaboración Propia.

El monopolio como un problema

El problema no radica únicamente en tener que comprarle a la única empresa disponible. Se agrava cuando, por ejemplo, surge una queja respecto al producto. Si algo no funciona adecuadamente, es natural solicitar un reembolso o exigir que la empresa se responsabilice del correcto funcionamiento del bien o servicio contratado. Lamentablemente, en la mayoría de los casos, las solicitudes de los consumidores no son atendidas oportunamente. Esto se debe, principalmente, al gran poder de mercado que poseen los monopolios. El poder de mercado se refiere a la fuerte influencia que tienen los monopolistas sobre sus clientes, al grado de que, aunque existan numerosas quejas, pueden darse el lujo de no atenderlas. Los consumidores, debido a la necesidad diaria de dichos productos o servicios, no pueden simplemente prescindir de ellos. En la figura 1 a continua-

Aspecto	Ventajas del monopolio para el consumidor	Desventajas del monopolio para el consumidor
Precio	Puede haber precios estables en el largo plazo si está regulado (ej. servicios públicos).	Precios más altos al no existir competencia que presione por precios bajos.
Calidad del producto o servicio	En monopolios naturales o estatales, puede haber estándares de calidad regulados por ley.	El monopolista puede no tener incentivos para mejorar calidad, ya que no hay competencia que lo exija.
Acceso al bien o servicio	Puede garantizar cobertura universal cuando el servicio es esencial (ej. agua, electricidad).	Puede haber discriminación en el acceso o limitación del servicio si no es rentable en ciertas zonas.
Innovación	Si el monopolio invierte en I+D con grandes recursos, puede innovar (ej. patentes en farmacéuticas).	Generalmente hay menor innovación, ya que la falta de competencia reduce el incentivo a mejorar.
Información al consumidor	Puede ofrecer información centralizada y clara sobre el producto.	El consumidor pierde poder de comparación y elección, y puede recibir información sesgada o limitada.
Satisfacción del consumidor	Si el monopolio tiene responsabilidad social (como algunas empresas estatales), puede buscar satisfacer necesidades.	La falta de alternativas limita la capacidad del consumidor de buscar mejores opciones.

ción se muestran algunas ventajas y desventajas que puede generar el monopolio para el consumidor final.

En este sentido, Durán Muñoz (2024) menciona que la regulación normativa de la competencia económica se traduce en un mecanismo para la generación de bienestar, basado en un intervencionismo estatal preponderante que, bajo un esquema de balance competitivo comercial, busca incrementar la productividad nacional de la economía y, con ello, potenciar el desarrollo. Asimismo, menciona que, en la actualidad, el grado de eficiencia de los mercados asociados a sistemas económicos que operan bajo la libre competencia y la lucha antimonopólica está determinado por el grado de equidad que prevalece en las diversas contiendas que las empresas sostienen como parte de la dinámica de la oferta y la demanda.

Por otra parte, Vargas Castro et al. (2021) en su investigación, establece que el objetivo de su artículo es demostrar cómo la estratificación de las tarifas de agua potable impacta directamente a los usuarios a través de la aplicación de discriminación de precios de tercer grado en los recibos para uso domiciliario. Esta estrategia de venta limita la accesibilidad y la asequibilidad del agua potable para los ciudadanos que viven por debajo de la línea del bienestar, provocando conflictos sociales entre la empresa concesionaria de los servicios y los usuarios afectados.

Asimismo, en lo que respecta a la prohibición de los monopolios en México emana del artículo 28 de la carta magna que establece lo siguiente:

“En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijen las leyes. El mismo tratamiento se dará a las prohibiciones a título de protección a la industria [...] En consecuencia, la ley castigará severamente y las autoridades perseguirán con eficacia toda concentración o acaparamiento en una o pocas manos de artículos de consumo necesario que tengan por objeto aumentar los precios; todo acuerdo, procedimiento o combinación de los productores, industriales, comerciantes o empresarios de servicios que, de cualquier manera, busquen evitar la libre competencia o competencia entre sí, y obligar a los consumidores a pagar precios exagerados, y, en general, cualquier acción que constituya una ventaja exclusiva indebida en favor de una o varias personas, en detrimento del público en general o de una clase social [...]”

En este punto, probablemente se esté preguntando por qué existen monopolios en servicios como el de la Comisión Fede-

ral de Electricidad (CFE) o los servicios de agua en los diversos municipios de México. La razón principal es que el mismo artículo tiene sus excepciones.

Por ejemplo, señala que:

“No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de energía nuclear; electricidad y las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión [...]”, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, art. 28, 2024.

Es decir, la Constitución permite la existencia de ciertos monopolios administrados por el Estado o Gobierno, el cual debe velar por los precios y el buen funcionamiento de estos servicios. Otro fenómeno que la Constitución busca evitar es el control de precios por parte de los monopolios debido que estas prácticas tendrían un efecto nocivo directo en los consumidores, ya que los monopolistas podrían extraer grandes cantidades del ingreso total de los consumidores al no tener competencia, como al no existir restricciones.

¿Quién regula a los monopolios en México?

Entonces, ¿quién regula los monopolios en México? Para responder a esta pregunta, debemos volver al artículo 28 constitucional, que establece que en México se deben evitar los monopolios y, si existen, deben ser regulados por el gobierno. De este artículo se deriva la Ley Federal de Competencia Económica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de mayo de 2014. Esta ley reglamenta lo establecido en el artículo 28 constitucional.

En resumen, la COFECE (Comisión Federal de Competencia Económica) es el organismo encargado de investigar, analizar y sancionar los monopolios y prácticas monopólicas en México, ayudando indirectamente a los consumidores al fomentar la competencia económica. Otro de los fenómenos que protege la Constitución en el tema de los monopolios es, básicamente, la facilidad que tienen los monopolios de influir sobre los precios, es decir, asignar el precio que ellos deseen o controlar la producción para, de igual manera, tener control sobre los precios. Realizar estas prácticas tendría un efecto nocivo y directo en los consumidores, ya que el monopolista se encontraría en una ventaja que le permitiría extraer grandes cantidades del ingreso total de los consumidores.

La cuestión principal consiste en determinar quién tiene la res-

ponsabilidad de regular los monopolios en México. Para ello, es necesario acudir al artículo 28 de la Constitución, donde se establece que los monopolios deben evitarse en el país y, en caso de existir, deben ser controlados por el Estado. A partir de este artículo se desprende la creación de la Ley Federal de Competencia Económica, la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de mayo de 2014. Desde esa fecha, esta ley ha funcionado como un reglamento que complementa lo dispuesto por el artículo 28 constitucional.

En lo que respecta al artículo 28 constitucional, Gutiérrez Garza (2023) afirma que, en el año 2013, se llevó a cabo una reforma constitucional para crear dos Órganos Constitucionales Autónomos que se especializan en áreas de regulación económica y telecomunicaciones: la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE) y el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). Estos órganos modificaron las funciones del Estado, ya que son entidades que pueden crear normas, emitir resoluciones y llevar a cabo actos administrativos. Hernández Calderón (2019), Duran (2024) mencionan la importancia de la regularización normativa de la competencia económica, como un mecanismo de la búsqueda del bienestar.

Es decir, la Constitución señala que en México no deben existir monopolios, pero no especifica cómo deben evitarse, cuáles son las sanciones aplicables ni de qué manera se identificarán. Por ello, el reglamento complementa la ley y ofrece un mayor detalle sobre lo que se debe hacer. De esta forma, para combatir los monopolios y las conductas monopólicas en México, fue necesaria la creación de un órgano autónomo que apoyara en la investigación de este tipo de prácticas por parte de cualquier empresa que no fuera administrada por el gobierno. Así, en la misma Ley Federal de Competencia Económica, el artículo 10 establece lo siguiente:

Artículo 10: La Comisión es un órgano autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio, independiente en sus decisiones y funcionamiento, profesional en su desempeño, imparcial en sus actuaciones, y ejercerá su presupuesto de forma autónoma. Su objetivo es garantizar la libre concurrencia y competencia económica, así como prevenir, investigar y combatir los monopolios, las prácticas monopólicas, las concentraciones y demás restricciones al funcionamiento eficiente de los mercados.

“Los monopolios legales son las empresas pertenecientes al Estado o a los gobiernos locales, las cuales tienen el objetivo de intervenir en el mercado para poder controlar los precios y la oferta y así sea posible garantizar la accesibilidad del bien a la

población; a diferencia de las empresas privadas, estas empresas no buscan incrementar su capital a través de la ganancia. En el tema del agua, los monopolios legales son los Organismos Operadores de Agua (OO's) y, como toda empresa, tienen capital propio y cuentan con capacidades de ofertar y vender los servicios de agua a la población” Vargas Castro et al (2021).

Conclusiones

En conclusión, podemos decir que, desde la creación de la Ley de Competencia Económica, se pensó en una institución encargada de investigar, analizar y sancionar a los monopolios y las prácticas monopólicas en el país. En materia económica, esto representa un avance significativo, ya que indirectamente apoya a los consumidores al fomentar la competencia económica en México.

Actualmente, la COFECE (Comisión Federal de Competencia Económica) se dedica a realizar investigaciones en diversos sectores productivos de México, buscando y evaluando todas aquellas actividades que las empresas llevan a cabo estratégicamente para aumentar los precios al consumidor o lograr algún tipo de exclusividad o dependencia por parte de los consumidores.

En este punto, tal vez surja otra duda: si los monopolios están prohibidos en México, ¿qué sucede si hago una inversión o creo una obra de arte o una canción? ¿Estoy incurriendo en una falta al artículo 28 constitucional? La respuesta es no. La razón es que, en ese sentido, estaríamos considerando una situación diferente; hablaríamos de derechos de autor o la generación de patentes, en los cuales usted tendría una exclusividad para obtener ingresos por su innovación. Sin embargo, ese análisis se dejará para otra publicación.

De esta manera, podemos concluir que en México los monopolios están prohibidos, existe un organismo encargado de investigar los monopolios en el país (COFECE) y también aprendimos que hay monopolios administrados por el gobierno. En caso de una innovación o invención, existen ciertos derechos y exclusividades para lucrar durante algunos años, pero ese tema se tratará en otra investigación.

Figura 2. Desglose de donde emana la Comisión Federal de Competencia Económica
Fuente: Elaboración propia



Referencias Bibliográficas

- Alberro, J., y Schwabe, R. (2016). Reconsiderando la evaluación de los efectos distributivos del ejercicio de poder de mercado en México. *El Trimestre Económico*, 83(331), 459–492. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i331.207>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2024). Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Durán Muñoz, G. de J. (2024). La competencia económica como mecanismo para desarticular prácticas monopólicas absolutas. *Enfoques Jurídicos*, 9, 149–157. <https://doi.org/10.25009/ej.v0i09.2617>
- Gutiérrez Garza, A. (2023). La regulación económica como privatización de la función pública. *Alegatos: Revista Jurídica de la Universidad Autónoma Metropolitana*, 115, 99–120. <https://alegatos.azc.uam.mx/index.php/ra/article/view/1727>
- Hernández Calderón, M. D. R. (2019). Efectos de la ley de competencia económica en los monopolios en México (2013–2015).
- Ley Federal de Competencia Económica. (2014). Diario Oficial de la Federación, 23 de mayo de 2014. Última reforma publicada el 27 de abril de 2022. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFCE_200521.pdf
- López, J. G. L., & González, J. Z. (2004). El costo social del monopolio de TELMEX en la telefonía fija local. *Análisis Económico*, 19(42), 187–197. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41304209>
- Parkin, M. (2014). *Economía* (11ª ed.). Pearson Educación.
- Vargas Castro, D. A., López Romero, A., Domínguez Cuanal, D. del C., & López Vargas, L. V. C. (2021). Discriminación de precios en las tarifas de agua potable en la ciudad de Puebla. *Aqua-LAC*, 13(1), 58–80. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2021-v13-1-05>

Tendencias y características de envases para vino

Resumen

Las botellas para vino cumplen funciones esenciales en su conservación, presentación y venta. Con el aumento en las preocupaciones ambientales y nuevos hábitos de consumo, el diseño de estos envases ha cambiado notablemente. Este artículo explora algunas de las innovaciones más destacadas en envases para vino, enfatizando soluciones sostenibles como botellas de vidrio ligero, formatos planos y el uso de materiales alternativos como el plástico reciclado y el cartón. Asimismo, se examina el beneficio ambiental de estas opciones, especialmente en la reducción de la huella de carbono y su mayor capacidad para reciclarse. Finalmente, se estudian las tendencias del mercado actual, destacando cómo la industria responde a la demanda ecológica de los consumidores.

Esteban Rubio
Ochoa.
Helí Hassan Díaz
González.
Carlos Heriberto
Flores Orona.

Recibido:
28 de mayo de 2025
Aceptado:
25 de junio de 2025

Introducción

La industria del vino combina tradición, cultura e innovación, con una creciente atención a la sostenibilidad ambiental. En este contexto, las botellas ya no son simplemente recipientes; se han convertido en elementos clave que influyen tanto en la conservación como en la percepción del producto. Históricamente, el diseño y los materiales empleados han evolucionado para responder a demandas comerciales y ambientales. Este artículo revisa las principales innovaciones recientes en los envases para vino, analiza su impacto ambiental y explora cómo estos cambios están configurando el mercado actual. Para este fin, se realizó una investigación documental detallada a partir de diversas fuentes, buscando ofrecer al lector un panorama amplio y claro sobre las tendencias y desafíos en el diseño sostenible de envases.

Evolución del diseño de las botellas

El aspecto de las botellas de vino ha experimentado una transformación significativa a lo largo del tiempo, mostrando avances tecnológicos, requerimientos para su conservación y gustos en cuanto a su apariencia. La estructura de estos envases es clave para mantener el vino en óptimas condiciones, ya que el cristal lo resguarda de la luz y el oxígeno, mientras que su diseño favorece su preservación e incluso afecta su almacenamiento y servicio (Vinoteca virtual, s.f.).

En sus orígenes, las botellas se fabricaban de forma artesanal, lo que daba lugar a recipientes con formas y dimensiones variables. Posteriormente, se adoptaron modelos uniformes, como los tipos bordelés y borgoñón, diseñados para mejorar el guardado y traslado del vino. Aunque estos estilos clásicos siguen vigentes, en años recientes el sector ha empezado a innovar con formas alternativas y materiales distintos, motivado por consideraciones ecológicas y prácticas de distribución.

Cambios recientes en el diseño de los envases para vino

En la búsqueda de opciones sostenibles, han surgido importantes innovaciones en las botellas de vino, tales como:

- Botellas ligeras: Algunas compañías, como *Global Package* (2024), han desarrollado botellas de vidrio más ligeras que conservan resistencia y calidad; reducen considerablemente las emisiones contaminantes relacionadas al transporte.
- Botellas planas: *Garçon Wines* (s.f.) diseño botellas de PET reciclado con formato plano, para caber en los buzones de correo, que facilitan el transporte y optimizan el almacenamiento, contribuyendo a la reducción costos y emisiones de CO₂.
- Vino en lata: La popularidad del vino enlatado crece constantemente, ya que proporciona una solución práctica y portátil, que además facilita enfriarse rápidamente (Mierczynska-Vasilev, 2024).
- Materiales alternativos: Reportó Vallés (2020) que el sector vitivinícola avanza hacia la sostenibilidad optando por envases innovadores como las botellas de cartón reciclado que disminuyen significativamente su huella ecológica, ya que favorecen el reciclaje.

Sostenibilidad

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2024) la norma ISO 14001:2015/Amd1:2024 ofrece a las empresas un modelo estandarizado para minimizar el impacto ambiental de sus envases y adaptarse a las variaciones del entorno, sin descuidar los aspectos sociales y económicos. Establece criterios específicos para ayudar a las organizaciones a alcanzar sus metas ambientales dentro de su sistema de gestión sostenible.

El concepto de sostenibilidad descansa sobre tres fundamentos clave: la protección ambiental, la viabilidad económica y la equidad social. Esta triada busca garantizar que el progreso actual no comprometa los recursos y oportunidades que requerirán las próximas generaciones. La verdadera sostenibilidad solo puede alcanzarse cuando estos tres elementos interactúan

en perfecta armonía.

El marco jurídico mexicano en materia de manejo de desechos quedó formalmente establecido con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT, 2003), instrumento legal que promueve un sistema sustentable para el tratamiento de residuos en el territorio nacional. De sus principales disposiciones introduce el principio de responsabilidad ampliada del fabricante, obligando a productores e importadores a gestionar el ciclo completo de sus artículos, incluyendo su disposición final, también promueve la educación ambiental para incentivar la clasificación final de residuos, facilitando su posterior reincorporación a cadenas productivas.

Requerimientos de sostenibilidad para el empaque

El embalaje cumple una función clave en proteger y asegurar la entrega adecuada de los productos, generando basura y daño ambiental. Por eso, se han desarrollado criterios específicos para que los envases sean más sostenibles, es decir, menos dañinos para el medio ambiente. Estos envases amigables con el planeta consideran factores como la posibilidad de reciclaje o biodegradación, eficiencia en el uso de energía y agua, reducción de la huella de carbono, análisis del ciclo completo del producto y el uso de materiales locales.

Tanto gobiernos como organizaciones empresariales han implementado normas y recomendaciones para promover el uso de empaques más sostenibles. Actualmente, las empresas han comenzado a valorar la importancia de usar estos empaques no solo por preocupación ecológica, sino también porque responden al creciente interés de los consumidores por productos amigables con el medio ambiente. El propósito del embalaje sostenible es lograr un equilibrio entre cumplir su función práctica, mantener la rentabilidad económica y cuidar los recursos naturales del planeta para las futuras generaciones.

Impacto ambiental de las innovaciones en el diseño

El envasado y embotellado son claves en la huella de carbono de las bodegas, especialmente por el peso y transporte del vidrio. Usar botellas más livianas disminuye el consumo energético en producción y logística, mientras que alternativas como PET reciclado, aluminio o *bag-in-box* reducen notablemente la emisión de gases contaminantes en la producción y transporte. Estas opciones también brindan mayor practicidad al consumidor (Marcos, U. 2024).

Según el *Sustainability Report* (2024) la adopción de botellas ligeras, con un peso reducido entre un 15% y 30%, y materiales alternativos como el PET reciclado o el cartón, ha permitido

“El propósito del embalaje sostenible es lograr un equilibrio entre cumplir su función práctica, mantener la rentabilidad económica y cuidar los recursos naturales del planeta para las futuras generaciones.”

disminuir hasta un 40% las emisiones de CO₂ en la fase de producción, y un 25% durante el transporte. Este avance responde a la creciente demanda de sostenibilidad en el sector vitivinícola, donde el envase representa aproximadamente el 30% de la huella de carbono total del producto (Wine Intelligence, 2024). Innovaciones como estas no solo optimizan recursos energéticos, sino que también reducen costos logísticos, demostrando que ecología y economía pueden converger en el diseño de *packaging* vitivinícola.

Otra opción para la conservación ambiental es lavar las botellas y reusarlas. Científicos de la Universidad Alfred del estado de Nueva York en asociación con la empresa de consultoría Vitricity han dado un paso significativo hacia la sostenibilidad en la industria del vino; estudiando cómo lavarlas y recuperarlas. Con este proyecto se pretende remover los miles de botellas del flujo de los residuos (Alfred University, 2024).

Mercado actual de envases para vino

Flint et al., (2021) estudiaron las tendencias y desafíos asociados con el empaquetado sostenible en la industria de bebidas, con un enfoque particular en el vino. Destacan que la demanda de envases sostenibles ha crecido significativamente debido a la presión de los consumidores jóvenes y las regulaciones ambientales. Existen diversas alternativas, como el uso de materiales reciclados, botellas más ligeras y envases biodegradables. Las botellas de vidrio siguen siendo dominantes en la industria del vino, se han explorado opciones como el PET reciclado y los envases de papel. La adopción de estas alternativas enfrenta desafíos, como la percepción sobre la calidad del vino y los costos iniciales asociados con los nuevos materiales. La colaboración entre productores, proveedores y reguladores es esencial para impulsar la adopción de empaques sostenibles en la industria.

El vino enlatado lleva un crecimiento significativo en el mercado. En 2019 se expandió un 80%, alcanzando un valor de 90 millones de dólares (Mierczynska-Vasilev, 2024).

La industria del vino está experimentando un cambio motivado por dos tendencias clave: la mayor preocupación por el medio ambiente y las nuevas preferencias de los consumidores. Investigaciones recientes demuestran que los compradores priorizan los empaques ecológicos e incluso aceptan pagar un precio más alto por opciones más sostenibles. Los primeros consumidores de vino en los nuevos envases están en los países nórdicos y en algunas aerolíneas que aprovechan que son envases ligeros (Vallés, 2020).

El crecimiento del e-commerce también ha impulsado envases más eficientes, como las botellas planas de PET reciclado, ideales para simplificar el transporte y abaratar costos. Al mismo tiempo, los grandes minoristas están implementando normativas ambientales más estrictas para sus proveedores, lo que presiona a las bodegas a adoptar materiales y diseños más sostenibles.

Según Wine Intelligence (2024), el 68% de los consumidores entre 25 y 45 años en mercados como Reino Unido, Estados Unidos y México, prefieren vinos con empaques reciclables o biodegradables. Esto ha generado un entorno competitivo donde la innovación en el diseño de envases se convierte no solo en una estrategia ambiental, sino también en una herramienta de marketing y posicionamiento.

La evolución del embalaje en la industria del vino responde a factores como los costos y preferencias de los consumidores. Según un informe de Adams, A. (2023), el aumento del 8% en el precio del vidrio llevó al 43% de las bodegas estadounidenses a enfocarse en la reducción de costos en sus empaques; como solución el 31% de estas bodegas optó por botellas más livianas, lo que les permite:

- Disminuir emisiones contaminantes, la huella de carbono.
- Reducir costos de producción al consumir menos material.
- Reducir costos de logística, menor peso, menor consumo de combustible.

Persiste un desafío, algunas marcas temen que esta medida afecte la percepción de calidad premium que tradicionalmente asocian los consumidores con las botellas de vidrio estándar. El mayor reto para el éxito del futuro de la industria vitivinícola es el cambio en la ideología de consumo entre los *baby boomers*, *generación X*, *millenials* y *generación Z*; los *Alpha* aún les faltan al menos seis años para ser potenciales consumidores.

Por otra parte, las empresas productoras de envases de vidrio hacen su esfuerzo para atender la agenda de sostenibilidad, tanto para consumidores, marcas, políticos y fabricantes. Esas empresas insisten en recordarle al mundo las bondades de los envases de vidrio, que es reciclable y protege la integridad del producto en su interior. Proponen que, en vez de promover alternativas al vidrio, se centren en reducir el peso del vidrio y aumentar el vidrio reciclado en las botellas de vino y fomentar la recarga de los envases en lugar de su eliminación.

Discusión

El vino ya está elaborado y en óptimas condiciones; ahora hay que transportarlo y conservarlo previo al consumo. Se requie-

“Según Wine Intelligence (2024), el 68% de los consumidores entre 25 y 45 años en mercados como Reino Unido, Estados Unidos y México, prefieren vinos con empaques reciclables o biodegradables.”

re un envase higiénico que no transfiera al vino ninguna sustancia, no altere su sabor y sea resistente al paso del tiempo. Además, debe contar con un cierre hermético que impida la entrada de oxígeno y bacterias, evitando así que se arruine el esfuerzo invertido. Debe ser práctico y fácil de manejar para facilitar su almacenamiento y servicio, y tener un diseño atractivo que refleje la calidad del producto y sirva como una presentación digna de un trabajo bien realizado.

Las nuevas propuestas en envases vitivinícolas reflejan un compromiso con las exigencias ambientales actuales. El uso de materiales reciclados y formatos más ligeros demuestra que el sector está asumiendo su rol ecológico, aunque este cambio enfrenta obstáculos significativos. Culturalmente, persiste la asociación entre el vino de calidad y el envase de vidrio convencional, lo que exige esfuerzos educativos y de marketing para modificar esta percepción arraigada. Técnicamente, mientras opciones como el PET reciclado o el cartón funcionan para vinos de consumo inmediato, su eficacia para vinos de añada sigue en debate.

El factor económico también supone un reto, particularmente para productores pequeños, ya que la inversión inicial en nuevos formatos puede resultar prohibitiva. No obstante, la industria avanza irreversiblemente hacia soluciones más sostenibles, donde el empaque se consolida como elemento clave de competitividad.

Conclusiones

Los envases para vino han pasado de ser simples contenedores a componentes estratégicos de diferenciación y sostenibilidad. Las innovaciones como botellas ligeras, planas o de materiales reciclados reflejan un compromiso serio con la ecología y abren nuevas oportunidades de mercado, alineadas con las expectativas de consumidores cada vez más conscientes del medio ambiente.

Este artículo ha mostrado que estas innovaciones no solo reducen la huella ambiental, sino que también abren nuevas oportunidades comerciales, en un contexto donde los consumidores valoran cada vez más la responsabilidad ecológica de las marcas.

A futuro, será crucial continuar evaluando la efectividad de estas innovaciones y desarrollar políticas que promuevan un diseño ecológico y un reciclaje más efectivo. Este proceso refleja cómo la industria del vino puede armonizar tradición e innovación para un futuro más sustentable.

Referencias

- Adams, A. (2023, 3 de Agosto). Packaging Survey Report: Cost Rises to Top of Packaging Concerns. Wine Business. <https://www.winebusiness.com/news/article/274879>
- Alfred University. (2024, 27 de marzo). Alfred University glass scientists pursuing method for washing wine bottles for reuse.
- Flint, S., Nunez, S., & Johnson, M. (2021). Sustainable packaging in the beverage industry: Trends and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 284, 125412. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125412
- Garçon Wines. (2021, 23 de noviembre). Letterbox Wine debuts fresh look for mulled wine gift pack. <https://www.garconwines.com/news/letterboxmulledwine>
- Global Package. (2024, 10 de abril). Wine and Spirits Sustainability Trends 2024. Consultado el 8 de abril de 2025. <https://global-package.net/wine-and-spirits-sustainability-trends-2024/>
- Marcos, U. (2024, 2 de febrero). Cómo reducir la huella de carbono de su bodega. Estrategias para una producción sostenible. Vinetur. <https://www.vinetur.com/2024020277686/como-reducir-la-huella-de-carbono-de-su-bodega.html>
- Mierczynska-Vasilev, Agnieszka. (2024). The future of wine packaging-A perspective. *Sustainable Agriculture and Environment*. 1(1): 3506. <https://doi.org/10.24294/sae.v1i1.3506>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2023). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. <https://dof.gob.mx>
- Sustainability report. (2024). Treasury Wine Estates. <https://a.storyblok.com/f/171317/x/dbd7782ba8/2024-twe-sustainability-report.pdf>
- The International Organization for Standardization. (2024). Environmental management systems – Requirements with guidance for use (ISO 14001:2015/Amd1:2024). <https://www.iso.org/standard/08/82/88209.html>
- Vallés, Gloria. (2020, 5 de septiembre). Así es la innovación eco-responsable: vinos en nuevos envases. Consultado el 8 de abril de 2025. <https://gloriavalles.com/articulos/innovacion-eco-responsable-vinos-nuevos-envases/>
- Vinotecavirtual. (s.f.) La fascinante historia detrás de la forma de las botellas de vino. Consultado el 7 de abril de 2025. <https://vinotecavirtual.com/por-que-las-botellas-de-vino-tienen-esa-forma/>
- Wine Intelligence. (2024, 10 de mayo). Revolutionizing Wine Packaging: Introducing the Wegenstein-Heuriger PET Bottle. https://wine-intelligence.com/blogs/wine-news-insights-wine-intelligence-trends-data-reports/revolutionizing-wine-packaging-introducing-the-wegenstein-heuriger-pet-bottle?_pos=2&_sid=3fd020f17&_ss=r

Cerveza artesanal como estrategia de desarrollo regional: Análisis desde el caso Alquimia en Chihuahua

Dania Arely Quezada Quiroz.
Emiliano Zapata Chávez.
David Ricardo Álvarez Pérez.

Recibido:
1 de junio de 2025
Aceptado:
20 de junio de 2025

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo del proyecto “Alquimia”, una cerveza artesanal impulsada por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua como una estrategia de innovación educativa y fortalecimiento de la productividad regional. En el contexto del auge de la cerveza artesanal en México y su consolidación en entidades como Chihuahua, se seleccionó el estilo hefe-weizen a partir de un consenso con el Clúster Cervecerero de Chihuahua además de haber aplicado una encuesta a 169 personas. Las actividades incluyeron la elaboración experimental de la cerveza, un análisis sensorial con panelistas no entrenados y un concurso de diseño de etiqueta en colaboración con la Facultad de Artes. Los resultados de la encuesta mostraron que el sabor es el principal atributo valorado por los consumidores, mientras que la falta de opciones y el precio son las principales limitaciones de acceso a este tipo de productos. La evaluación sensorial indicó una aceptación positiva en general. Se puede destacar la importancia de la articulación entre instituciones académicas y sectores productivos para la formación de estudiantes y el impulso económico local. Proyectos como Alquimia permiten fortalecer la vinculación universidad-industria y abren oportunidades para el desarrollo de productos innovadores con impacto regional.

Introducción

La cerveza es una bebida alcohólica obtenida por fermentación, elaborada principalmente con agua, levadura, cebada y lúpulo, este último responsable de aportar aroma y amargor característicos (Morales-Toyo, 2018). A nivel global, representa el 75% de la cuota del mercado de bebidas alcohólicas en países como India, China, EE.UU., Brasil, Rusia, Alemania y México (Deloitte SL, 2017).

El dominio de las cervezas lager y light motivó un interés renovado por estilos antiguos como porter, stout o pale ale, impulsando el auge de la cerveza artesanal. Este tipo de cerveza, es definida por Albán Cabaco (2015) como un producto de carácter propio comparable al vino, ha ganado terreno por ofrecer diversidad y calidad frente a la estandarización industrial

(Poelmans y Swinnen, 2011).

Desde hace 20 años la cerveza artesanal en México ha mostrado un crecimiento notable, consolidándose como un sector emergente con alto potencial. Estados como Jalisco, Michoacán, Baja California y Chihuahua destacan por el número de empresas formales dedicadas a esta actividad. En el caso particular de Chihuahua, se estima la presencia de al menos 12 microcervecerías, reflejando un movimiento productivo ligado a la innovación, el emprendimiento local y la revalorización del producto regional (Guerra-Tamez, 2019). Derivado de este movimiento se creó el Clúster de Cerveceros Artesanales del Estado de Chihuahua, quiénes fomentan la innovación y el crecimiento regional en conjunto con la Cámara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo (CANACO), delimitando estándares de productos ofertados al público, promoviendo el consumo responsable y ampliando el turismo cervecero del estado de Chihuahua. (Cluster Cervezero Chihuahua, s.f.).

Las primeras cervecerías artesanales en México surgieron a mediados de los noventa y principios del nuevo milenio destacando entre ellas Cosaco (1995), Beer Factory (1997), Cervecería Minerva (2003), Primus (2006) y Calavera en 2008 (Bernáldez-Camiruaga, 2013). En general los pequeños emprendedores, debido a bajos presupuestos, les es imposible usar estrategias de mercadotecnia como las de las grandes corporaciones, por lo que se ha optado por emplear estrategias de promoción, como catas y tours en instalaciones, mostrando procesos, tipos de cerveza, ingredientes, entre otros (García et al., 2024).

En el contexto de la creciente industria de la cerveza artesanal en México, y como parte de los esfuerzos por fomentar la investigación, la innovación y el desarrollo regional (Deloitte S-LATAM, S.C., 2024), la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua lanzó en 2024 el proyecto “Alquimia”, una cerveza artesanal estilo hefe-weizen. Este proyecto académico-productivo surge para atender a un segmento de consumidores acostumbrados a las cervezas comerciales, pero que manifiestan un creciente interés por explorar sabores distintos y perfiles sensoriales más complejos.

Materiales y métodos

Para identificar el estilo de cerveza a elaborar se realizó un consenso con el Clúster Cervezero de Chihuahua de los estilos de cerveza que más se comercializan, posteriormente se realizó una encuesta abierta al público a través de Google Forms a la muestra de población seleccionada con una serie de preguntas afines al consumo de bebidas alcohólicas, las preferencias

específicas, entre otras. Se realizó un análisis sensorial con panelistas no entrenados con el fin de detectar la aceptabilidad del producto. Para el desarrollo de la etiqueta se realizó una colaboración con la Facultad de Artes emitiendo un concurso de diseño entre alumnos y docentes. Por último se emitió el producto en físico.

Resultados

Al tener cercana relación con el Clúster de Cerveceros Artesanales del Estado de Chihuahua, fue posible obtener datos cualitativos sobre los tipos de cervezas artesanales más vendidos por el clúster, sin importar época del año.

Un total de 169 personas fueron encuestadas, incluyendo miembros de la Facultad de Ciencias Químicas, así como personal externo de la ciudad de Chihuahua capital. Los atributos para evaluar fueron: Edad, nivel de ingresos mensuales, hábitos de consumo, factores negativos en una cerveza, factores a considerar para consumir cerveza, entre otros. El 60% de los encuestados se encontraban en una edad de entre 23 – 27 años, el 25% menores de 22 años y el 15% mayores de 27 años. El

Tabla 1. Estilos de cervezas más vendidas por parte del Clúster Cerveceros en el estado de Chihuahua
American IPA
German Lager
Irish Dry Stout
American Wheat
Coffe Stout

Fuente: Elaboración propia con datos del campo, 2024.

50% de los encuestados percibe entre \$20,000.00 y \$30,000.00, 25% percibe más de \$30,000.00 mensuales. El 88% de los encuestados consumen bebidas alcohólicas, de los cuales el 75% consume cerveza siendo la primera posición y en segundo lugar el licor, dejando en tercero al vino. Dentro de la encuesta se planteo la siguiente pregunta ¿Qué es lo que más te detiene a consumir cervezas artesanales? (Figura 1). El 35.5% de las respuesta eligió la falta de opciones/ accesibilidad, seguido con un 24.3% por su precio elevado y con un 21.9% el gusto por otro tipo de cervezas.

Dentro de los resultados de los factores a considerar al momento de comprar una cerveza con un 82.2% los encuestados adquieren un producto por el sabor, seguido del precio y por último los grados de alcohol.

El desarrollo del producto tuvo una duración de dos años durante los cuales se realizaron diferentes formulaciones de extractos, lúpulo y levadura, considerando la carbonatación natural. El procesamiento tuvo lugar en la Facultad de Ciencias Químicas dentro del Laboratorio de Tecnología de Alimentos y el producto final se sometió a un análisis sensorial con un total de 31 panelistas no entrenados mediante una escala hedónica de satisfacción de cinco puntos: “me gusta mucho”, “me gusta”, “ni me gusta ni me disgusta”, “me disgusta” y “me disgusta mucho” apoyandose en metodologias propuestas como las de

Severiano-Pérez (2019). Los atributos que se sometieron a evaluación fueron los siguientes: sabor, olor, cuerpo, color, aceptación general, los cuales se plasmaron en una ficha de evaluación (Imagen 1) y se les hizo la entrega a los participantes junto con una degustación del producto de 2 onzas.

Como se muestra en la Gráfica 1, se obtuvieron resultados satisfactorios, siendo la mayoría respuestas positivas entre “me gusta mucho” y “me gusta” en todos los elementos calificables, mostrando así una tendencia positiva inclinada más hacia el me gusta, que el me gusta mucho. Esto nos puede indicar que, si bien los consumidores optarían por probar de nuevo el producto, no se podría asegurar que este estilo de cerveza sea su primera opción. Se puede concluir que todos los atributos se consideran deseables y apetecibles, más no se posiciona como el estilo de cerveza favorito.

El etiquetado del producto resultó en una colaboración la Facultad de Artes quiénes en conjunto con la Facultad de Ciencias Químicas emitieron la convocatoria al concurso “Diseña la Alquimia” (Imagen 2). Donde se obtuvieron seis diferentes propuestas de alumnos de licenciatura y maestría, que después de una votación por parte de un comité evaluador, se designó la etiqueta ganadora siendo un emblema del espíritu del producto y la transformación de la química a lo largo de los años a través del estandarte del alquimista (Imagen 3).

La evaluación de los costos de producción se realizó bajo un esquema conservador, considerando la materia prima, mano de obra, consumibles, energéticos, transporte, publicidad, entre otros. Dando como un precio final al público de \$70.00. El análisis de competencia frente a otras cervezas artesanales en el mercado arroja un promedio de precio por botella de ente \$40.00 y \$150.00 tanto en supermercados como en bares de la ciudad.

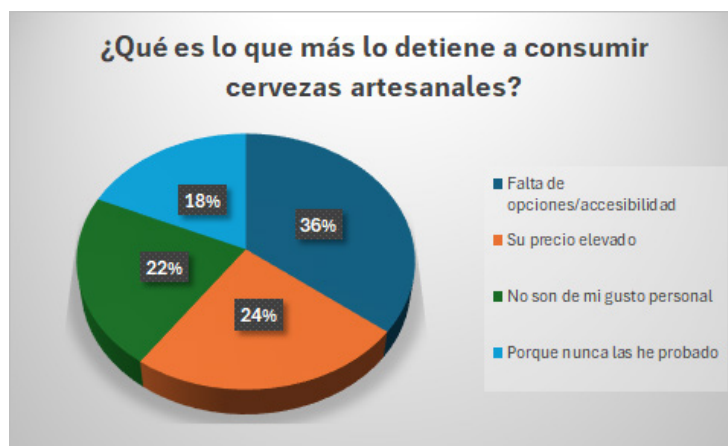


Figura 1. Resultados de la pregunta en Google Forms ¿Qué es lo que más te detiene a consumir cervezas artesanales?

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del grado de satisfacción de cerveza

Nombre: _____ Sexo: _____ Edad: _____

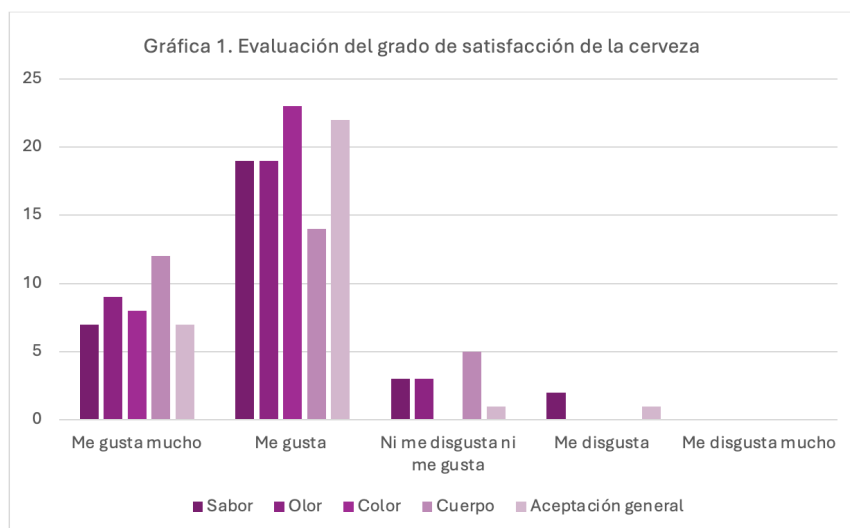
A continuación, se le presenta una muestra de “Alquimia” Pruébela y evalúe que tan satisfecho se encuentra con el sabor, color, olor, cuerpo y aceptación general.

Grado de satisfacción	Sabor	Color	Olor	Cuerpo	Aceptación general
Me disgusta mucho					
Me disgusta					
Ni me gusta ni me disgusta					
Me gusta					
Me gusta mucho					

Comentarios:

Imagen 1. Ficha de evaluación sensorial de la cerveza artesanal elaborada.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 1. Evaluación del grado de satisfacción de la cerveza.

Fuente: Elaboración propia



Imagen 2. Convocatoria: Diseña la Alquimia, en colaboración con la Facultad de Artes y la Facultad de Ciencias Químicas

Fuente: <https://uach.mx/fcq/>

Discusión

El desarrollo de "Alquimia" como cerveza artesanal dentro de una institución educativa no solo representa un ejercicio académico, sino una estrategia real de vinculación productiva, innovación y fortalecimiento del entorno local. A diferencia de muchos productos desarrollados únicamente en laboratorio o como ejercicios escolares, este proyecto se llevó a cabo

considerando todos los elementos que se enfrentan en el mercado: desde la elección del estilo hasta la percepción sensorial del consumidor y la viabilidad económica.

Los resultados obtenidos en la encuesta reflejan una tendencia muy clara: el sabor sigue siendo el principal criterio de elección, por encima del precio o el contenido alcohólico. Esto coincide con lo señalado por Espejel et al. (2024), quienes destacan que los consumidores de cerveza artesanal tienden a valorar más la experiencia y la calidad del producto que los aspectos económicos. Sin embargo, no podemos ignorar que el precio sí representa una barrera para una parte significativa del público, como también lo han documentado Guerra-Tamez et al. (2019), quienes señalan que la accesibilidad es una de las principales limitaciones para la expansión de este tipo de productos.

En este sentido, el proyecto pone en evidencia que uno de los caminos más efectivos para enfrentar estas barreras es la colaboración entre actores clave. El trabajo con el Clúster Cervecerero de Chihuahua permitió validar decisiones importantes, como la elección del estilo hefe-weizen, que si bien no es el más común en el mercado, responde a una necesidad de diferenciarse y de abrir camino a nuevas propuestas sensoriales. Por otro lado, el involucramiento de la Facultad de Artes para diseñar la etiqueta demuestra que hay un enorme potencial cuando se cruzan disciplinas: el diseño, la química y el emprendedurismo se relacionan y dan lugar a productos completos, de calidad y competitivos.

Como parte del proceso se hizo un análisis sensorial con panelistas no entrenados. Esta es una limitación que vale la pena mencionar, ya que los resultados pueden tener un sesgo subjetivo importante. Sin embargo, este primer acercamiento fue

útil para conocer las reacciones generales del público objetivo. Para estudios futuros, sería recomendable trabajar con paneles entrenados y considerar metodologías más robustas como análisis estadísticos multivariados o pruebas triangulares, como lo recomiendan Stone, Bleibaum y Thomas (2012).

Desde una perspectiva más amplia, este tipo de proyectos tiene el potencial de generar un cambio real. No solo ayuda a los estudiantes a enfrentarse a problemas reales —como la estabilidad del producto, los costos, o la aceptación del consumidor—, sino que también posiciona a la universidad como un actor clave en el desarrollo regional. Como lo plantea Etzkowitz y Leydesdorff (2000), la “triple hélice” entre universidad, industria y gobierno es esencial para generar innovación local y crecimiento económico, especialmente en regiones donde los recursos son limitados y se requiere de iniciativas creativas para impulsar nuevas industrias.

En resumen, “Alquimia” es más que una cerveza: es un ejemplo de cómo la academia puede dejar de ser un espacio aislado y convertirse en una fuerza activa dentro del desarrollo local, conectando conocimiento, identidad y producto en una misma propuesta.

Conclusión

El desarrollo e impulso de un producto dentro de las universidades amplía la vinculación con el sector productivo a través de los convenios y las estrategias para el crecimiento en ambos sentidos. El desarrollo de la cerveza Alquimia ha llevado hasta ahora a realizar convenio con el Clúster Cervecerero de Chihuahua (En proceso). A la participación en proyectos como el Tour Cervecerero Artesanal en su Octava Edición (2025) y a la colaboración estratégica con la empresa internacional Malteurop. Así mismo en la atracción de estudiantes interesados por realizar prácticas en esta industria y en la colaboración de investigación relacionada con la calidad de materias primas. Considerando estos hechos como el principio de una serie de actividades enfocadas en el enriquecimiento de ambas partes para el desarrollo estatal y la zona norte del país. Este producto es solo un estilo de cerveza, el cuál fue aceptado por la mayoría de quiénes lo han consumido, lo cuál deja abierta la posibili-



Imagen 3. Estatua en honor al alquimista situada en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Químicas (izquierda) y diseño final de la etiqueta de la cerveza (derecha).

dad por elaborar, desarrollar e innovar en otros estilos y abre el camino en diferentes direcciones.

Bibliografía

- Albán Cabaco, B., Núñez Tabales, J. M., & Sánchez Cañizares, S. M. (2015). El sector cervecero artesanal español y sus posibilidades de internacionalización. *Regional and sectoral economic studies*, 15 (2), 146.
- Bernaldez-Camiruaga, A. I. (2013). Cerveza artesanal en México: ¿soberanía cervecera y alimentaria? *CULINARIA revista especializada en gastronomía*. 6, 56-63.
- Cluster Cervecero Chihuahua. (s.f.). Inicio. Recuperado el 11 de junio de 2025, de <https://clustercervecerochihuahua.com>, https://www.facebook.com/CervecerosArtesanalesdeChihuahua/?locale=es_LA
- Deloitte, S. L. (2017). La Cerveza Artesanal, una experiencia multisensorial. Deloitte, México. <https://www.deloitte.com/latam/es/Industries/consumer-products/analysis/lets-play-mexico-2022.html>
- Deloitte S-LATAM, S.C. (2024). La cerveza artesanal: una experiencia multisensorial (2ªed.). Deloitte Spanish Latin America. <https://www.deloitte.com/latam/es/Industries/consumer-products/research/estudio-de-la-cerveza-artesanal-una-experiencia-multisensorial-segunda-edicion.html>
- Espejel, B., Cervantes, R., & Montero, M. (2024). Preferencias del consumidor mexicano frente a productos artesanales: calidad percibida, precio y autenticidad. *Revista Mexicana de Ciencias del Consumo*, 12(1), 45–61.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123.
- Morales-Toyo, M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. *Revista de química*, 32(1), 4-11.
- García, A. E., Aguilar, R. C., Rodríguez, A. B., & García, A. G. R. (2024). Atributos de valoración y disposición a pagar en consumidores de cerveza artesanal en México. *Dictamen Libre*, (34), 147-165.
- Guerra-Tamez, E., Pérez, L., & Mejía, F. (2019). El mercado de cerveza artesanal en México: estructura, actores y retos. *Revista Global de Negocios*, 7(2), 73–85.
- Poelmans, E., & Swinnen, J. F. (2011). A brief economic history of beer. *The economics of beer*, 1.
- Severiano-Pérez, Patricia. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?. *Inter disciplina*, 7(19), 47-68. Epub 25 de enero de 2021. <https://doi.org/10.22201/cei-ich.24485705e.2019.19.70287>
- Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H. (2012). *Sensory Evaluation Practices* (4th ed.). Elsevier Academic Press

Consulta estructurada desde la perspectiva de la Inteligencia Artificial

Resumen

El artículo explora cómo la estructura de las consultas (prompts) influye en la calidad de las respuestas generadas por sistemas de inteligencia artificial (IA) conversacional. Se repasa brevemente la evolución de la IA, desde sus inicios teóricos hasta su aplicación práctica actual en modelos de lenguaje natural. A través del análisis de siete sistemas de IA, se concluye que la estructura a recomendar debe contener preguntas claras, con contexto relevante y formuladas de una en una. Además, se valoran otros aspectos como el uso de ejemplos y la cortesía, aunque esta última no se considera esencial desde el punto de vista técnico, se concluye que una formulación adecuada no solo mejora la interacción con la IA, sino que también desarrolla habilidades comunicativas en el usuario.

Tomás Uziel Salas
Hernández

Recibido:
8 de mayo de 2025

Aceptado:
30 de mayo de 2025

Abstrac

The article explores how the structure of prompts influences the quality of responses generated by conversational artificial intelligence (AI) systems. It briefly reviews the evolution of AI from its theoretical beginnings to its current practical application in natural language models. Through the analysis of seven AI systems, it is concluded that the structure to be recommended is to ask clear questions, with relevant context and formulated one at a time. In addition, other aspects such as the use of examples and politeness are valued, although the latter is not considered essential from a technical point of view, it is concluded that an adequate formulation not only improves interaction with the AI, but also develops communicative skills in the user.

Palabras clave

Prompt, Inteligencia Artificial, Consulta de IA, IA conversacional

Introducción

A lo largo de la historia, la inteligencia artificial ha sido definida de diversas maneras, pero todas las definiciones se centran en los procesos mentales relacionados con el razonamiento (pensar) y la conducta (actuar). Además, estas definiciones toman como referencia la inteligencia humana.

Esto da lugar a cuatro enfoques posibles: pensar como una persona, actuar como una persona, pensar de manera racional y actuar de manera racional. Actualmente, la inteligencia artificial es una inteligencia específica, la cual se centra en resolver problemas concretos y especializados (Troncoso, 2022).

El término ‘inteligencia artificial’ fue acuñado por John McCarthy durante la Conferencia de Dartmouth de 1956. Este evento a menudo se considera un momento crucial en la historia de la IA, marcando la introducción formal del concepto (Anurag, 2024).

Martín Torres (2024) señala que la Inteligencia Artificial (IA) es una rama de la informática enfocada en crear sistemas que puedan realizar tareas que requieren una inteligencia similar a la humana, como el aprendizaje y la resolución de problemas. La IA se divide en cuatro tipos:

La conversacional, que ayuda a las máquinas a comprender y responder al lenguaje humano;

La débil, que realiza tareas específicas sin aprendizaje independiente;

La fuerte, que puede igualar o superar la inteligencia humana;

Y la generativa, que crea nuevo contenido como imágenes o texto, aprendiendo de patrones de datos.

Ahora bien, debemos entender cómo funciona la interacción en una de sus principales ramas: la IA conversacional, para poder obtener resultados adecuados a nuestra preguntas.

Las consultas que realizamos a una IA conversacional como lo es *ChatGPT* se denominan *prompts*. El concepto de *prompt* o indicaciones en IA se remonta a los primeros desarrollos en sistemas conversacionales. Ejemplos notables incluyen el chatbot ELIZA de Weizenbaum, uno de los primeros programas en involucrar a los usuarios en un diálogo, y el *Frames Paradigm* de Minsky, que sentó las bases para la representación del conocimiento en IA. Estos primeros sistemas destacaron la importancia de cómo se estructuran y presentan las indicaciones para facilitar interacciones significativas (Ansara, 2023).

Los llamados modelos tempranos, como los n-gramas, fueron algunas de las primeras formas de entender y predecir el lenguaje usando computadoras. Estos modelos funcionaban observando la frecuencia con la que ciertas palabras aparecían juntas. Aunque estos modelos no utilizaban preguntas directas o indicaciones de los usuarios, las palabras anteriores actuaban como una guía, ayudando al modelo a adivinar lo que viene después (Muktadir, 2023). Esto es similar a cómo podrías terminar la frase de otra persona con base en lo que dijo.

De acuerdo con Rincón et al. (2024), inicialmente los modelos

respondían a textos sin estructura definida, pero rápidamente se descubrió que la forma en que se plantea la entrada (el prompt) afecta directamente la calidad de la salida.

No fue hasta las décadas de 1960 y 1970 cuando se crearon los sistemas que entendían el lenguaje natural, es decir, la forma en que las personas normalmente hablan o escriben. En ese periodo se notó un avance en la interacción. Aunque estos sistemas podían manejar preguntas simples, no eran muy precisos y estaban limitados. Las mejoras importantes en el Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) fue de 1990 al 2010, con los sistemas modernos como los motores de búsqueda, pues no solo responden a las indicaciones directas de los usuarios sino que también consideran el contexto de las palabras utilizadas (Muktadir, 2023), por ejemplo, si preguntas: “¿Cuál es la capital de Francia?” el sistema entiende que estás buscando una respuesta específica, no cualquier información sobre Francia. Cortez Vásquez et al. (2009) mencionan que el objetivo principal del PLN es automatizar tareas lingüísticas como la comprensión, producción y adquisición del lenguaje, que los usuarios realizan de forma natural.

Según Martín Torres (2024), todas las IA conversacionales utilizan modelos de lenguaje grandes que comparten características comunes. Aunque existen técnicas concretas de prompting que funcionan bien para cada herramienta de IA, debido a la naturaleza del lenguaje, estas son similares y presentan denominadores comunes en muchos aspectos.

“Un ‘prompt’ es una instrucción o texto inicial que se proporciona a una herramienta de inteligencia artificial (IA) generativa para guiar su generación de respuestas o resultados” (Sandín, 2024, pag 7).

La estructura de los *prompt* es crucial para obtener respuestas precisas y relevantes de los sistemas de inteligencia artificial (IA). La ingeniería rápida y efectiva mejora la interacción entre los usuarios y la IA, lo que lleva a una mejor satisfacción del primero. Esta importancia es subrayada por Lemeš (2024) y Patel et al. (2023) que destacan cómo las indicaciones bien estructuradas pueden influir significativamente en la calidad de las respuestas generadas por IA en diferentes aplicaciones. Estos prompt bien estructurados también son mencionados por Rodríguez-Donaire (2024) como una ventaja para los estudiantes ya que proporcionan profundidad y precisión en las respuestas recibidas lo que mejora la experiencia de aprendizaje.

También en cuestiones medicas el construir bien las indicaciones es crucial ya que al usar una IA con un formato estructu-

rado puede entender mejor el contexto y entregar información útil en entornos clínicos y consultas de pacientes (Vaira et al., 2025).

Troncoso Lora (2022) menciona que dotar a una máquina de inteligencia generalizada, como la del ser humano, capaz de resolver cualquier tipo de problema, sigue siendo un objetivo lejano y ambicioso. Esta superinteligencia, como se le ha denominado, es más propia de películas de ficción que de resultados de estudios de investigación. Y aunque actualmente existen sistemas que pueden realizar tareas concretas mejor que las personas, si la tarea cambia, habría que reconfigurar el sistema. La transferibilidad del aprendizaje entre diferentes tareas similares es, hoy por hoy, el mayor reto al que se enfrenta la inteligencia artificial.

Debido a la importancia que tiene el generar *prompt* de forma estructurada, esta investigación se plantea como objetivo el crear un modelo de estructura de *prompt* que sea claro, sencillo y preciso. El cual pueda ser implementado por cualquier persona en cualquiera de las herramientas de inteligencia artificial. Aunque conocemos la existencia de técnicas de *prompting* como el método socrático (Chang, 2023) o el diseño de plantillas de estímulo, estímulo continuo o estímulo en cadenas de pensamiento y expansión de metadatos (Kovari, 2024) esta investigación se centra en algo más simple de entender y aplicar.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo el análisis de la estructura de los *prompts*, se empleó el método de análisis de contenido. Esta técnica, ampliamente utilizada en las ciencias sociales, permite examinar de manera sistemática textos, medios de comunicación o información con el objetivo de identificar patrones, temas y estructuras recurrentes (Bass & Semetko, 2021)

La muestra analizada estuvo compuesta por las respuestas generadas por siete sistemas de inteligencia artificial conversacional: *Claude*, *Perplexity*, *Meta*, *Gemini*, *Copilot*, *DeepSeek* y *ChatGPT*. A todos ellos se les formuló la misma pregunta: “¿Cómo estructurar una consulta para esta IA?”, en un único momento, en abril de 2025.

Las respuestas se recopilaron exclusivamente a partir de las versiones gratuitas de cada herramienta, con el fin de garantizar condiciones de acceso equivalentes y evitar sesgos derivados de funcionalidades premium. Posteriormente, los contenidos fueron codificados y organizados en categorías temáticas emergentes que permitieron realizar una comparación trans-

versal entre las diferentes IA.

Análisis y resultados

En las tablas 1 y 2 se estructura un resumen sobre los criterios abordados por los siete sistemas de inteligencia artificial. De los cuales podemos obtener como resultado que todas coinciden en tres criterios: claridad, contexto y estructura, además la mayoría recomienda indicar el formato de respuesta y usar ejemplos.

Tabla 2. Criterios destacados por los sistemas de Inteligencia Artificial (parte 2)

Las herramientas de IA destacan la claridad y especificidad pidiendo que seas lo más claro y directo, definiendo la información que necesitas y evitando ambigüedades. En cuestión de contexto, la recomendación es que proporciones información adicional relevante y detalles para preguntas complejas. En la última recomendación general, que es la estructura, nos piden que formulemos una pregunta a la vez o dividir cuestiones amplias para evitar preguntas complejas.

Uno de los criterios menos uniformes es la cortesía, el cual es mencionado por 4 de las 7 herramientas, solo se presenta como buena práctica en *Perplexity*, *Gemini* y *Copilot* sin embargo no es un requisito técnico. Solo *Meta* lo relaciona directamente a la calidad de la escritura (ortografía, gramática).

Conclusiones

En respuesta a la pregunta de investigación que nos refiere a la mejor estructura para elaborar consultas a los sistemas de Inteligencia artificial, el orden propuesto es que nuestras

Tabla 1. Criterios destacados por los sistemas de Inteligencia Artificial (parte 1)
 Fuente: Elaboración propia

Criterio	Claude	Perplexity	Meta	Gemini
Claridad y especificidad	Sé claro y específico, incluyendo contexto.	Define claramente la información, evitando preguntas generales.	Sé específico (ejemplo: aplicaciones de IA en medicina).	Sé claro y específico, evitando ambigüedades.
Contexto	Incluye el contexto necesario.	Proporciona contexto si es relevante.	Proporciona información adicional si es relevante.	Contextualiza tu pregunta con información de fondo.
Formato de respuesta	Especifica el formato deseado (lista, tabla, código, etc.).	Indica el formato opcional (lista, resumen, etc.).	No menciona explícitamente.	Indica el formato si es importante (lista, código, etc.).
Tono/nivel de detalle	Define el tono o nivel de detalle (técnico, conversacional, simple, etc.).	No menciona explícitamente.	Usa lenguaje claro y conciso; evita jerga.	Usa lenguaje sencillo y claro.
Estructura de la pregunta	Haz una pregunta a la vez.	Divide preguntas complejas en partes.	Haz preguntas abiertas para respuestas detalladas.	Divide preguntas complejas en partes separadas.
Ejemplos	Usa ejemplos para clarificar.	Incluye ejemplos de preguntas “buenas” vs. “malas”.	Proporciona ejemplos de consultas bien estructuradas.	No incluye ejemplos explícitos.
Cortesía	No menciona explícitamente.	Sé cortés y directo.	Verifica ortografía/gramática.	Sé cortés y respetuoso.

Criterio	Copilot	Deepseek	ChatGPT
Claridad y especificidad	Describe exactamente lo que necesitas.	Evita ambigüedades; usa ejemplos concretos.	Sé claro y directo; explica con precisión.
Contexto	Proporciona contexto si está relacionado con algo específico.	Añade detalles relevantes para preguntas complejas.	Da contexto (tema, estilo, público objetivo).
Formato de respuesta	No menciona explícitamente.	Define el formato (pasos, código, tabla, etc.).	Indica el formato deseado (texto, lista, esquema).
Tono/nivel de detalle	No menciona explícitamente.	Prioriza preguntas directas; solicita profundidad si es necesario.	No menciona explícitamente, pero sugiere estilo (ej. “fresco y juvenil”).
Estructura de la pregunta	Haz preguntas abiertas para respuestas detalladas.	Evita preguntas amplias; usa ejemplos completos.	Pregunta una cosa a la vez para mayor orden.
Ejemplos	Usa palabras clave y ejemplos de consultas.	Proporciona ejemplos técnicos, creativos y analíticos.	Usa ejemplos para afinar la respuesta.
Cortesía	Sé cortés y amigable.	Evita datos sensibles o solicitudes ilegales.	No menciona explícitamente.

interacciones deben ser claras, con un contexto preciso y de ser posible ejemplificado además de una estructura de una pregunta a la vez, como se muestra en el figura 1. Con esta combinación nos cercioramos realizar una consulta básica estructurada de manera correcta la cual nos puede servir para interactuar básicamente con cualquier inteligencia artificial conversacional.

El criterio de cortesía aunque la máquina no tenga sentimientos o se sienta ofendida por el tono con que utilizamos las palabras, si mejora la claridad de la comunicación ya que al ser cortés por lo general suele ser más estructurada la comunicación, además fomenta hábitos positivos al momento de comunicar ya que estas entrenando tu forma de expresarte. En resumen el criterio de cortesía no es para la IA sino para uno mismo ya que nos ayuda a pensar mejor lo que queremos decir.

Tabla 2. Criterios destacados por los sistemas de Inteligencia Artificial (parte 2)
Fuente: Elaboración propia

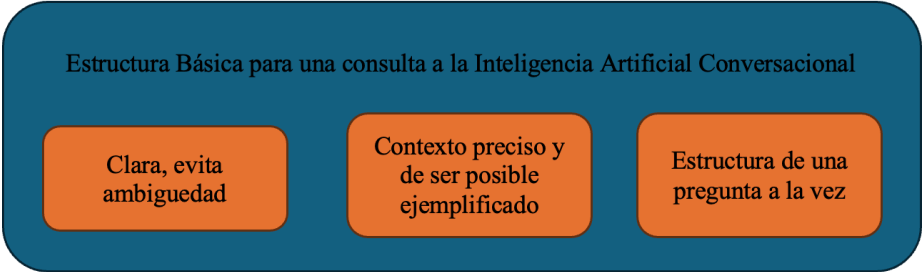


Figura 1. Estructura de consulta básica propuesta para IA conversacional
Fuente: Elaboración propia

Referencias.

- Ansara, C. (2023). AI and Prompt Architecture – A Literature Review. *International Journal of Computer Applications*, 185(34), 39–45. <https://doi.org/10.5120/ijca2023923133>
- Anurag, A. S. (2024). Early Beginnings of AI (pp. 1–20). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2643-5.ch001>
- Cortez Vásquez, A., Vega Huerta, H., & Pariona Quispe, J. (2009). Procesamiento de lenguaje natural. *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática*, 6(2).
- Bass, L., & Semetko, H. A. (2021). Content Analysis. In *Research Methods in the Social Sciences: An A-Z of key concepts* (pp. 56–62). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/hepl/9780198850298.003.0013>
- Chang, E. Y. (2023). Prompting Large Language Models With the Socratic Method. 2023 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 0351–0360. <https://doi.org/10.1109/CCWC57344.2023.10099179>
- Kovari, A. (2024). ChatGPT the Omniscient? A Guide to Effective Prompting. 2024 IEEE 7th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CAN-DO-EPE), 000047–000052. <https://doi.org/10.1109/CAN-DO-EPE65072.2024.10772984>
- Lemeš, S. (2024). Prompt Engineering. *Artificial Intelligence in Industry 4.0: The Future That Comes True*, 159–170. <https://doi.org/10.5644/PI2024.215.08>
- Martín Torres, P. (2024). Recuperación de Información en IAs conversacionales: un acercamiento al prompt engineering para documentalistas.
- Muktadir, G. M. (2023). A Brief History of Prompt: Leveraging Language Models. <http://arxiv.org/abs/2310.04438>
- Patel, D., Kadbhane, S., Sameed, M., Chandorkar, A., & Rumale, A. S. (2023). Prompt Engineering Using Artificial Intelligence. *IJARCCE*, 12(10). <https://doi.org/10.17148/IJARCCE.2023.121018>
- Rincón, A., Brayan, M., & Montoya, R. (2024). Estructura estratégica para el desarrollo de un prompt con IA generativa.
- Rodriguez-Donaire, S. (2024). Influence of Prompts Structure on the Perception and Enhancement of Learning through LLMs in Online Educational Contexts. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1006481>
- Sandín, M. P. (2024). Explorando ChatGPT, prompts y análisis de datos cualitativos.
- Troncoso Lora, A. (2022). Inteligencia artificial: Pasado, presente y futuro. *Encuentros Multidisciplinarios*.
- Vaira, L. A., Lechien, J. R., Abbate, V., Gabriele, G., Frosolini, A., De Vito, A., Maniaci, A., Mayo-Yáñez, M., Boscolo-Rizzo, P., Saibene, A. M., Maglito, F., Salzano, G., Califano, G., Troise, S., Chiesa-Estomba, C. M., & De Riu, G. (2025). Enhancing AI Chatbot Responses in Health Care: The SMART Prompt Structure in Head and Neck Surgery. *OTO Open*, 9(1). <https://doi.org/10.1002/oto2.70075>

Fundamentos de vehículos eléctricos y estrategias de control para motores: Enfoques tradicionales

Jesús Alfonso
Medrano Hermosillo
Abraham E.
Rodríguez Mata.
Víctor Alejandro
González Huitron.

Recibido:
1 de junio de 2025
Aceptado:
25 de junio de 2025

Resumen

La transición hacia una movilidad sustentable no sólo implica el uso de nuevas fuentes de energía, sino también la optimización de los sistemas que impulsan los vehículos eléctricos. En este contexto, el control de motores eléctricos juega un papel fundamental, ya que permite un manejo más eficiente de la energía, una respuesta dinámica precisa y una reducción significativa en el desgaste de los componentes. Este artículo presenta de forma accesible los componentes claves de un vehículo eléctrico, además de cómo funcionan los sistemas de control en los motores eléctricos, desde los conceptos básicos hasta sus aplicaciones en vehículos modernos con inteligencia artificial. Las palabras clave de este estudio: Movilidad sustentable, control de motores eléctricos, eficiencia energética, tecnología vehicular.

1.- Introducción

La demanda global por transporte más eficiente y sostenible está transformando la industria automotriz. La transición de los motores de combustión interna a los vehículos eléctricos (VE) ya no es sólo una alternativa, sino una necesidad estratégica ante los desafíos ambientales y energéticos (Lopes et al., 2009). En México, Sosa et al. (2025) señalan que la Zona Metropolitana del Valle de México enfrenta un deterioro en la calidad del aire por las emisiones de vehículos e industrias. Su estudio proyecta las emisiones contaminantes derivadas del incremento de VEs para 2026–2050, destacando CO₂, CO, NO_x, VOC, PM₁₀, NH₃ y SO₂. Así, los VEs controlados electrónicamente son clave para mitigar gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles, mejorando la calidad del aire y ayudando a combatir el cambio climático (Farajnezhad et al., 2024). Conscientes de la importancia de la movilidad sostenible, México ha visto un aumento en las ventas de vehículos eléctricos en los últimos años. Como se observa en la Figura 1, las ventas anuales han crecido rápidamente, reflejando la adopción creciente por parte de la población y la respuesta del mercado ante las demandas medioambientales (INEGI, 2024).

Los motores DC, de inducción (IM), sin escobillas (BLDC) y síncronos de imanes permanentes (PMSM) son ampliamente usados en el sector automotriz por su eficiencia, densidad de potencia y respuesta dinámica (Yildirim et al., 2014). Para optimizar su desempeño, se requieren técnicas de control avanzadas que regulen par, velocidad y posición en tiempo real. Algoritmos como FOC y DTC, junto con electrónica de potencia de alta frecuencia, han mejorado su eficiencia y dinámica (Vas, 1998; Ehsani et al., 2018). También se incorporan técnicas de inteligencia artificial (Qiu et al., 2024), sensores inteligentes y plataformas digitales para funciones como el frenado regenerativo. Dominar estas estrategias es clave para el desarrollo de los vehículos eléctricos.

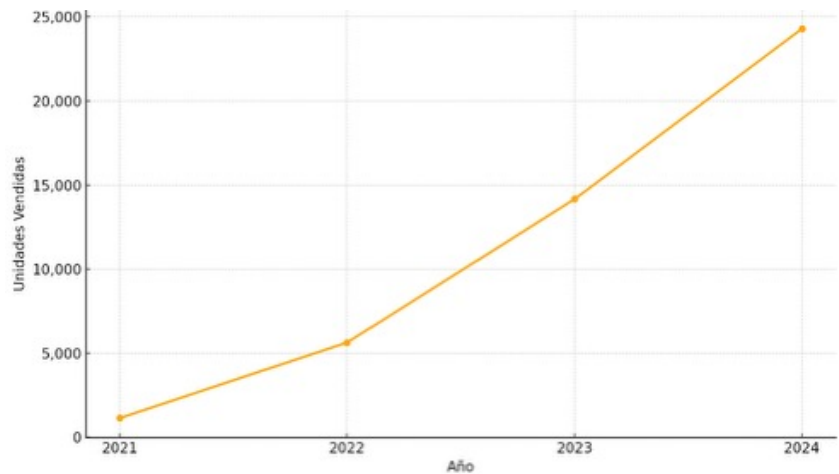


Figura 1. Ventas anuales de vehículos eléctricos en México (INEGI, 2025)

2.- Componentes de un vehículo eléctrico

Antes de abordar los controladores en vehículos eléctricos, es clave conocer sus principales componentes: motor eléctrico, cargador a bordo (OBC), sistema de baterías con BMS, convertidor DC/DC e inversor (Valente et al., 2021). Cada uno tiene un papel fundamental en el tren motriz eléctrico, y su correcta integración garantiza un funcionamiento seguro y eficiente. Por ejemplo, en la Figura 2 se aprecian los diferentes elementos de un VE, donde destacan el motor, el inversor, el cargador a bordo, etc.

A continuación, se presenta una descripción de los componentes generales previamente mencionados (Lundmark et al., 2013):

Motor eléctrico

- Convierte la energía eléctrica en energía mecánica para propulsar las ruedas del vehículo.
- Su funcionamiento puede basarse en diferentes tecnologías como motores de inducción, sin escobillas (BLDC) o síncronos de imanes permanentes (PMSM).
- Funciona en coordinación con un controlador que regula su velocidad, par y dirección de giro.

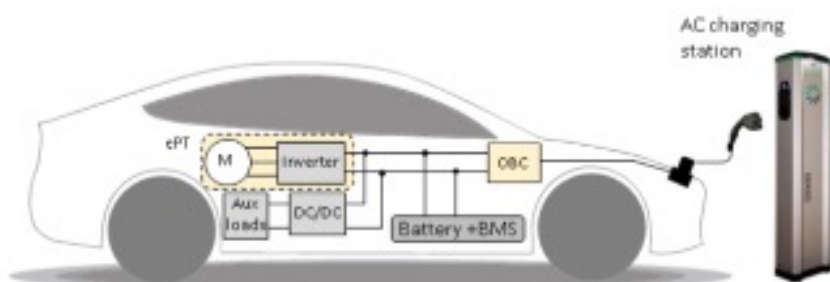


Figura 2 Diagrama de componentes básicos en un vehículo eléctrico (Valente et al., 2021)

Cargador a bordo (On-Board Charger, OBC)

- Se encarga de convertir la corriente alterna (CA) de la red eléctrica en corriente directa (CD) para cargar la batería del vehículo.
- Se encuentra integrado dentro del automóvil, de ahí su nombre.
- Puede incorporar funciones de carga inteligente, regulando voltaje y corriente según el estado de la batería.

Sistema de baterías y unidad de gestión (Battery Management System, BMS)

- Almacena la energía eléctrica utilizada por el motor y otros sistemas del vehículo.
- El BMS supervisa parámetros críticos como temperatura, voltaje, corriente y estado de carga (SoC).
- Protege la batería contra condiciones de operación inseguras y prolonga su vida útil mediante estrategias de balanceo de celdas.

Convertidor de energía DC/DC

- Transforma el voltaje de la batería principal en un nivel más bajo (típicamente 12V) para alimentar accesorios del vehículo como luces, sistema multimedia o controladores auxiliares.
- Asegura una distribución estable de energía hacia los sistemas de baja potencia.

Controlador del motor

- Regula el funcionamiento del motor eléctrico convirtiendo la corriente directa (CD) de la batería en corriente alterna (CA), modulada en frecuencia y amplitud.
- Ejecuta algoritmos de control avanzados para garantizar que el motor siga con precisión las órdenes de velocidad y par requeridas por el sistema.
- Monitorea en tiempo real variables como la velocidad del rotor y la posición para ajustar dinámicamente el desempeño del motor.

3.- Motores utilizados en vehículos eléctricos

Identificados los componentes de un vehículo eléctrico, destaca la importancia del motor eléctrico. Por ello, esta sección se centra en describir los motores más relevantes, sus características, ventajas y aplicaciones.

3.1. Motor de corriente directa

El motor de corriente continua (DC), el cual se observa en la Figura 3, es uno de los más antiguos en la industria eléctrica, convierte la energía eléctrica en mecánica mediante la interacción entre un campo magnético y una corriente en un conduc-

tor móvil. Su versión tradicional usa escobillas y un conmutador para invertir la polaridad del rotor y mantener el giro. Aunque su diseño es sencillo y su control directo (velocidad y par regulados con el voltaje), el desgaste de las escobillas requiere mantenimiento constante.

Actualmente su uso se limita a aplicaciones de baja potencia, como scooters económicos y sistemas auxiliares de baja potencia. En vehículos eléctricos modernos, su adopción es poco viable debido a su alto mantenimiento y limitada eficiencia.

3.2. Motor de inducción

El motor de inducción (IM) o también llamado motor asíncrono que se aprecia en la Figura 4, funciona sin escobillas ni conmutadores, lo que reduce significativamente el mantenimiento requerido. Su operación se basa en la inducción electromagnética: al aplicar corriente alterna al estator, se genera un campo magnético giratorio que induce corriente en el rotor, produciendo el par mecánico necesario para el movimiento. Gracias a su diseño robusto y a la ausencia de contacto eléctrico directo entre el estator y el rotor, ofrece alta fiabilidad, bajo costo y durabilidad (Bitar et al., 2015).

Existen versiones monofásicas de estos motores que operan con una sola fase de corriente alterna y necesitan condensadores para el arranque y una bobina auxiliar para iniciar el giro. Aunque son más económicos, su eficiencia es baja, especialmente en aplicaciones como los vehículos eléctricos donde la relación torque-consumo energético es clave.

3.3. Motor BLDC

El motor de corriente continua sin escobillas (BLDC), también denominado motor conmutado electrónicamente, opera sin escobillas en el rotor, ya que la conmutación se realiza de manera electrónica en posiciones específicas del rotor. Se trata de un motor síncrono de imán permanente cuya forma de onda de la fuerza contraelectromotriz le permite comportarse de manera similar a un motor de corriente continua con escobillas. Sin embargo, a diferencia de estos últimos, un motor BLDC no puede funcionar directamente con una fuente de tensión de corriente continua, aunque su principio operativo es análogo. Un ejemplo de un motor se ve en la Figura 5, para más información ver (Yedamale et al., 2003).

3.3.1 ¿Cómo se controla un motor BLDC?

Para controlar un motor BLDC, se emplea un circuito de conmutación electrónica o controlador BLDC que activa las bobinas del estator. Para ello, es necesario medir la posición del rotor. A continuación, se presenta cómo se realiza este proceso y la gestión de pulsos en las bobinas (Mohanraj et al., 2022).



Figura 3 Motor eléctrico de corriente directa (Fitzgerald, A. E., & Kingsley, C., 2013)



Figura 4 Motor asíncrono trifásico (Henzel Motor, 2025)



Figura 5 Motor BLDC convencional

Para una conmutación correcta de las fases, es esencial conocer la posición del rotor, lo cual se puede hacer mediante dos métodos:

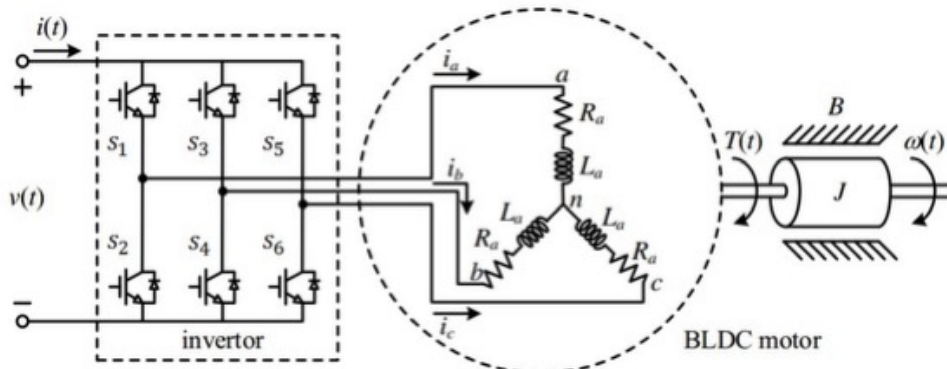
Sensores de efecto Hall: El sensor Hall detecta la posición de los polos magnéticos del rotor y envía esta señal al controlador, que ajusta la corriente en los devanados del estator para asegurar un movimiento continuo del rotor. Cada cambio en la señal representa un momento clave para invertir la dirección de la corriente. Además, la frecuencia de esta señal permite estimar la velocidad de giro y controlar con precisión la operación del motor.

Control sensorless (sin sensores): En motores BLDC sin sensores, la posición del rotor se determina usando la fuerza contraelectromotriz (Back-EMF) inducida en las bobinas del estator. Para lograr una detección precisa, se utilizan algoritmos avanzados como el control orientado al campo (FOC) o el control trapezoidal, que calculan la posición y gestionan la conmutación de forma eficiente.

Para ser controlado y medido, un motor BLDC tiene por lo general tres fases (A, B y C), con devanados conectados en estrella o delta. A diferencia de los motores de corriente continua con escobillas, los motores BLDC requieren un control electrónico para la conmutación de las fases, de dicha acción es la que

se encarga el control. Un ejemplo del diagrama eléctrico del motor se ve en la Figura 6, donde se aprecian los transistores relacionados para controlar cada fase del motor.

Figura 6 Diagrama electrónico para un motor BLDC (Mejia et al., 2018)



3.4 Motor PMSM

Un motor eléctrico síncrono que se aprecia en Figura 7, es un motor de corriente alterna (CA) que, en estado estable, mantiene la rotación de su eje sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación, sin desfase. Usa electroimanes en el estator que generan un campo magnético giratorio sincronizado con la corriente, mientras que el rotor, con imanes permanentes o electroimanes, gira al mismo ritmo, generando así un segundo campo magnético sincronizado.

Son ampliamente usados junto a los motores de inducción. A diferencia de estos últimos, que requieren un pequeño deslizamiento para inducir corriente en el rotor, los motores sín-



Figura 7 Motor síncrono de imanes permanentes (Mitchel T., 2016)

Al igual que en los motores de inducción, en los motores síncronos de imanes permanentes es posible controlar de forma independiente el par y el flujo, imitando el funcionamiento de un motor de corriente continua, mediante la técnica de control orientado al campo (FOC) (García & Lekue, 2016). Esto se logra gracias a la transformación d-q, que divide la corriente del

estator en componentes d y q para gestionar el flujo y el par. Como los imanes permanentes ya proporcionan un flujo constante, no es necesario generar flujo adicional, por lo que esta se mantiene en cero, reduciendo así la corriente total y aumentando la eficiencia del sistema. El esquema de control FOC se ilustra en la

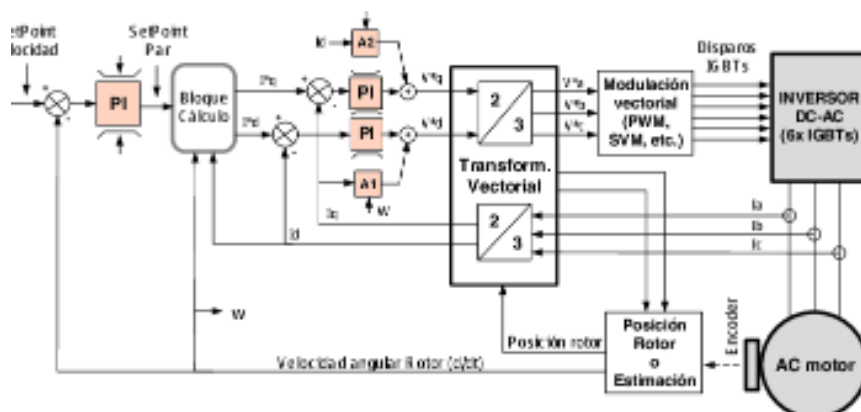


Figura 9 Diagrama a bloques de un control FOC (García & Lekue, 2016)

Figura 9.

Trece años después del control orientado al campo, I. Takahashi y M. Depenbrock desarrollaron el control directo de par (DTC) y el control directo autónomo (DSC), respectivamente (Depenbrock, 1987). Estas técnicas se caracterizan por su sencillez, solidez y la capacidad de controlar el par sin utilizar sensores mecánicos; el DSC suele emplearse en aplicaciones de alta potencia, mientras que el DTC se adapta mejor a potencias medias y bajas. El DTC visto en la Figura 10, actúa directamente sobre los estados del inversor para minimizar los errores en el par y el flujo, eliminando la necesidad de reguladores de corriente, transformaciones de coordenadas o generadores PWM, lo que facilita su implementación y lo hace menos susceptible a la variación de parámetros, en comparación con el FOC. No obstante, tiene algunas limitaciones: dificultad de control a bajas velocidades, ondulaciones significativas en la corriente y el par, comportamiento de conmutación variable, ruido a baja velocidad y carencia de control directo de corriente.

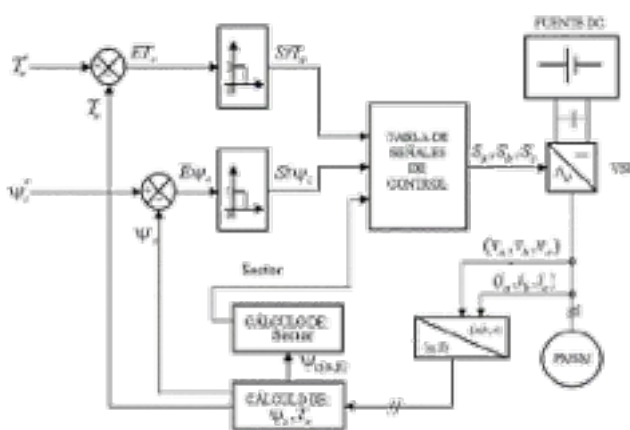


Figura 10 Diagrama a bloques de un control DTC (Cuji & Arcos-Aviles, 2019)

5.- Discusión

El FOC y el DTC son técnicas populares para motores trifásicos, especialmente en industria y tracción eléctrica. El FOC desacopla el flujo y el par, similar a un motor DC, usando transformaciones de coordenadas y PWM. Aunque es más

complejo, ofrece un control preciso y suave, ideal para aplicaciones como vehículos eléctricos de gama alta y servomecanismos. Su principal desafío es la necesidad de una estimación precisa de la posición del rotor y su sensibilidad a variaciones de parámetros.

El DTC controla directamente los errores de par y flujo sin transformaciones ni PWM, usando corrientes y tensiones medidas. Ofrece respuesta rápida, estructura simple y menor sensibilidad a variaciones de parámetros. No obstante, presenta ondulaciones, conmutación variable, mayor ruido y menor precisión a bajas velocidades. El FOC destaca por su precisión y suavidad, mientras que el DTC es ideal para simplicidad y velocidad. Ambos son métodos consolidados; su elección depende de la aplicación (ver Tabla 1).

Técnica	Ventajas	Desventajas
FOC	- Bajo rizado de corriente y par. - Excelente control a baja velocidad. - Alta precisión en el control del flujo y par.	- Más sensible a variaciones de parámetros (desajustes del modelo). - Requiere un generador PWM y temporizadores. - Mayor complejidad computacional.
DTC	- Simplicidad en la estructura del controlador. - Muy buena respuesta dinámica. - Poco sensible a la variación de parámetros. - Sin necesidad de PWM ni temporizadores	- Alto rizado de par y corriente. - Frecuencia de conmutación variable. - Menor control de flujo y par a bajas velocidades. - Mayor generación de ruido acústico.

Tabla 1 Ventajas y desventajas de los controladores más utilizados en motores trifásicos

Fuente: Elaboración propia

6.- Conclusiones

En los vehículos eléctricos, la integración eficiente de componentes como el motor eléctrico, el cargador a bordo, el sistema de baterías con BMS, el convertidor DC/DC y el inversor es clave para un funcionamiento seguro y eficiente. Entre los controladores de motores trifásicos, el FOC ofrece alta precisión y suavidad, mientras que el DTC aporta simplicidad y respuesta dinámica, siendo ideal para entornos industriales.

De cara al futuro, las mejoras en estos sistemas no solo aumentarán la eficiencia y confiabilidad de los vehículos eléctricos, sino que también abrirán nuevas aplicaciones como la movilidad autónoma y la integración con energías renovables. Gracias a los avances en algoritmos de control y electrónica de potencia, estos controladores y componentes serán fundamentales para lograr un transporte sostenible e inteligente.

Referencias

- Bitar, Z., Sandouk, A., & Al Jabi, S. (2015). Testing performances of a special AC induction motor used in electric car. *Energy Procedia*, 74, 160-171.
- Cuji, W., & Arcos-Aviles, D. (2019). Control directo al par y control de campo orientado para un motor síncrono de imanes permanentes. *Ingeniería*, 24(2), 143-158.
- Depenbrock, M. (1987, June). Direct self-control (DSC) of inverter fed induction machine. In 1987 IEEE power electronics specialists conference (pp. 632-641). IEEE.
- Ehsani, M., Gao, Y., Gay, S. E., & Emadi, A. (2018). *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: Fundamentals, theory, and design* (3rd ed.). CRC Press.
- Farajnezhad, M., Kuan, J. S. T. S., & Kamyab, H. (2024). Impacto de los factores económicos, sociales y ambientales en la adopción de vehículos eléctricos: una revisión. *Eidos*, 17(24), 39-62.
- Fitzgerald, A. E., & Kingsley, C. (2013). *Electric machinery*. McGraw-Hill Education.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros (RAIAVL). Recuperado de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?bd=RAIAVL&px=RAIAVL_11.
- García, J. J. V., & Lekue, Í. A. (2016). Sistemas Integrados de Potencia en Buques Offshore: Control, tendencias y retos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 13(1), 3-14.
- Hanzel Motor. (s.f.). YE2 series high efficiency three-phase asynchronous motor. Recuperado el 29 de mayo de 2025, de <https://es.hanzelmotor.org/asynchronous-motor/ie2-motor/ye2-series-high-efficiency-three-phase.html>
- Lopes, J. P., Soares, F. J., Almeida, P. R., Baptista, P. C., Silva, C. M., & Farias, T. L. (2009, July). Quantification of technical impacts and environmental benefits of electric vehicles integration on electricity grids. In 2009 8th International Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems & Electric Drives Joint Symposium (pp. 1-6). IEEE.
- Lundmark, S. T., Alatalo, M., Thiringer, T., Grunditz, E. A., & Mellander, B. E. (2013). Vehicle components and configurations. *Systems Perspectives on Electromobility*, 22-32.
- Mejia, J. L. F., Núñez, J. H. A., Cambero, I. D. J. R., & Maldonado, H. G. (2018). MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN MOTOR BLDC POR MEDIO DE UN CONTROLADOR DE HISTÉRESIS POR CORRIENTE (MODELING AND SIMULATION OF A SPEED CONTROLLER FOR A BLDC MOTOR, USING A HYSTERESIS CURRENT CONTROLLER). *Pistas Educativas*, 40(130).
- Mitchell, T. (2016, July 25). The evolution of permanent magnet

- synchronous motors. ACHR News. <https://www.achrnews.com/articles/134407-the-evolution-of-permanent-magnet-synchronous-motors>
- Mohanraj, D., Aruldavid, R., Verma, R., Sathiyasekar, K., Barnawi, A. B., Chokkalingam, B., & Mihet-Popa, L. (2022). A review of BLDC motor: State of art, advanced control techniques, and applications. *IEEE Access*, 10, 54833–54869. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3177397>
- Li, Y., Hu, H., & Shi, P. (2023). A review of position sensorless compound control for PMSM drives. *World Electric Vehicle Journal*, 14(2), 34.
- Özçiflikçi, O. E., Koç, M., Bahçeci, S., & Emiroğlu, S. (2024). Overview of PMSM control strategies in electric vehicles: a review. *International Journal of Dynamics and Control*, 12(6), 2093-2107.
- Qiu, W., Zhao, X., Tyrrell, A., Perinpanayagam, S., Niu, S., & Wen, G. (2024). Application of Artificial Intelligence-Based Technique in Electric Motors: A Review. *IEEE Transactions on Power Electronics*.
- Son, D.-H., & Kim, S.-A. (2024). Simplified V/f Control Algorithm for Reduction of Current Fluctuations in Variable-Speed Operation of Induction Motors. *Energies*, 17(7), 1699. <https://doi.org/10.3390/en17071699>
- Sosa Echeverría, R., Velasco Herrera, G., Sánchez Álvarez, P., Granados Hernández, E., Fuentes García, G., Velasco Herrera, V. M., González Oropeza, R., Vicente Rodríguez, W., Gandarilla Ibarra, J., & Rivera Rivera, R. (2025). Adoption of Electric Vehicles and Forecasting Air Emissions in the Metropolitan Area of Mexico City by 2050. *World Electric Vehicle Journal*, 16(1), 33. <https://doi.org/10.3390/wevj16010033>.
- Tiitinen, L., Martin, F., Hinkkanen, M., & Harnfors, L. (2022, September). Current-regulated V/Hz control of induction motors. In *2022 International Conference on Electrical Machines (ICEM)* (pp. 579-585). IEEE.
- ÜSER, Y., GÜLEZ, K., & ÖZEN, Ş. The Comparison of Field Oriented Control and Direct Torque Control Methods.
- Valente, M., Wijekoon, T., Freijedo, F., Pescetto, P., Pellegrino, G., and Bojoi, R. (2021). Integrated on-board ev battery chargers: New perspectives and challenges for safety improvement. pages 349–356.
- Vas, P. (1998). *Sensorless vector and direct torque control*. Oxford University Press.
- Yedamale, P. (2003). *Brushless DC (BLDC) motor fundamentals*. Microchip Technology Inc.
- Yildirim, M., Polat, M., & Kürüm, H. (2014, September). A survey on comparison of electric motor types and drives used for electric vehicles. In *2014 16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition* (pp. 218-223). IEEE.

Destacado papel de la cromatografía circular de Pfeiffer en el análisis integral de suelos y abonos orgánicos

Ofelia Adriana
Hernández
Rodríguez.
Damaris Leopoldina
Ojeda Barrios.
Graciela Dolores
Avila Quezada

Recibido:
1 de junio de 2025
Aceptado:
23 de junio de 2025

Resumen

Para los productores agrícolas, es fundamental conocer las condiciones de sus suelos y abonos orgánicos para mejorar sus cultivos. Aunque existen análisis tradicionales en laboratorios, estos son lentos y costosos porque requieren equipo y personal especializado, lo que aumenta los gastos y limita su uso frecuente. La técnica de cromatografía circular de Pfeiffer es una alternativa económica, rápida y accesible para evaluar de manera integral la calidad de suelos y abonos. Este escrito busca explicar sus características y promover su uso entre los agricultores, ya que es una técnica innovadora, eficiente y fácil de usar.

Palabras clave:

Cromatograma, Prueba de croma, Chroma test.

Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reconoce que los suelos sanos son un recurso no renovable cuya conservación es esencial para la seguridad alimentaria y el futuro (FAO, 2015). De acuerdo con Yang et al. (2020) un suelo sano mantiene su capacidad para funcionar dentro de los ecosistemas sosteniendo la biodiversidad del planeta, mejorando la salud ambiental y la de la humanidad, apoyando la productividad de las plantas y los animales. En este sentido, la incorporación de abonos orgánicos juega un papel importante en la mejora y conservación de la salud del suelo (Islam et al., 2020), al mejorar los procesos de infiltración y capacidad de retención de humedad (Bonanomi et al., 2014), incrementar gradualmente el contenido de materia orgánica humificada, mejorar la aireación, evitar la erosión y aumentar la disponibilidad de nutrientes (Mahmud et al., 2018). Sin embargo, la FAO estima que anualmente, en el mundo, se pierden entre 5 y 7 millones de hectáreas de suelo fértil por minuto, que equivalen a cerca de 30 canchas de fútbol. Las prácticas agrícolas inadecuadas y el uso de insumos químicos en la agricultura convencional han provocado un profundo impacto y dramáticas afectaciones en el medio rural (Abad-Santana,

2018).

Además, dentro de la agricultura convencional mucha información no está disponible para el productor, por ejemplo, la valoración de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas, así como del estado de madurez y estabilidad de los residuos orgánicos degradados en la producción de abonos orgánicos, ya que su análisis se realiza mediante metodologías costosas, demoradas en tiempo y muchas veces inaccesibles para los productores (López y Martínez, 2019; Ford et al., 2019; Barros y Silveira 2022).

En contraste, la cromatografía circular de Pfeiffer (CPCP) es una técnica sencilla, rápida, de bajo costo y que puede ser implementada directamente por los campesinos, productores, técnicos y estudiantes para acompañar las operaciones vivas de la agricultura en la tarea de determinar la calidad de los abonos orgánicos y de la salud del suelo (Medina et al., 2018; Burle y Figueiredo, 2019) promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y responsables.

El análisis por cromatografía de papel ofrece una serie de ventajas: en el cromatograma la separación de un grupo analítico de elementos se realiza automáticamente, por lo que la cromatografía es un micrométodo para la separación de elementos, con alta sensibilidad para mostrar diferencias en organizaciones biológicas y la actividad metabólica general (Fernández, 2001). Con base a lo anterior se plantea como objetivo del presente trabajo, exponer las características de la cromatografía circular de Pfeiffer en el análisis integral de suelos agrícolas y abonos orgánicos, que permiten proponerla como un procedimiento accesible al productor, contribuyendo en incrementar cada vez más nuestro conocimiento del grado de mejoramiento o empobrecimiento de nuestros suelos, y de la calidad de los abonos orgánicos que se producen.

Desarrollo

La cromatografía en papel

La química analítica es una disciplina fundamental en la ciencia química, y su comprensión es esencial para el desarrollo de técnicas precisas y confiables. Según Skoog et al. (2018) los fundamentos de la química analítica proporcionan la base para entender y aplicar diversas metodologías en el análisis de sustancias químicas. Entre estas técnicas, la cromatografía en papel ha sido una herramienta valiosa durante décadas. García y López (2020) señalaron que, a pesar de los avances tecnológicos, la cromatografía en papel sigue siendo una técnica moderna y versátil, especialmente útil en la separación de compues-

tos complejos.

El término “cromatografía” viene de las palabras griegas *chromatos* que significa “color” y *graphein* que quiere decir “escribir” (Rushikesh et al., 2024).

Cromatografía en papel circular

La cromatografía en papel se usa para realizar análisis cualitativos y no requiere de ningún tipo de equipamiento. Los componentes esenciales de un sistema cromatográfico son los siguientes: una fase fija o estacionaria, que se refiere al material sólido que capta las partículas de la sustancia que pasa a través de él, constituida generalmente por un sólido granular finamente dividido; una fase móvil, que se refiere al líquido que transporta la mezcla de las sustancias a través de un material adsorbente y los sustratos o solutos, dos o más sustancias que hay que separar (Rushikesh et al., 2024).

La cromatografía en papel es una técnica utilizada para separar compuestos químicos disueltos aprovechando sus diferentes velocidades de migración a través de hojas de papel. Se trata de una herramienta analítica que requiere muy poca materia prima (Rushikesh et al., 2024).

La cromatografía circular de Pfeiffer

Ehrenfried Pfeiffer (1899-1961) percibió que un suelo fértil es una sofisticada biofábrica en la que los microorganismos continuamente crean, transforman y desmontan complejas moléculas orgánicas e inorgánicas, y para comprender este universo se puso a estudiar a fondo la microbiología. Se ocupó de ahondar en las relaciones entre la química, la fertilidad y la vitalidad del suelo, lo cual es denominado salud del suelo (Fernández y Ramírez, 2021). En 1934 diseñó el método que precisa de papel filtro redondo, lo que fue llamado Cromatografía en Papel Circular, Prueba de Croma o *Chroma Test* (CPCP), método que sirve para leer la calidad de los suelos y abonos orgánicos basada en muestras conocidas (Restrepo y Pinheiro, 2011).

Pfeiffer encontró que una solución de hidróxido de sodio al 1%, en una muestra de suelo era suficiente para solubilizar las sustancias nitrogenadas del metabolismo de los microorganismos presentes en ella y reaccionaba en un papel filtro circular impregnado con nitrato de plata, para después revelar una serie de colores, formas y distancias específicas, lo que se le conoce como técnica de separación y análisis de sustancias complejas para identificar patrones de comportamiento de suelos en sus dos fases, una móvil y otra estacionaria (Restrepo y Pinheiro 2011).

Información que aporta el cromatograma de Pfeiffer

La descripción de los cromatogramas generados mediante la

CPCP permite realizar el análisis cualitativo de suelos y abonos orgánicos a través de las zonas que lo componen, su tamaño, forma y colores revelados, así como demás constituyentes los cuales son vinculadas a indicadores de calidad (Domínguez et al., 2018; Balmaseda-Espinosa 2021) (Figura 1).

Los anillos del cromatograma denominados son las siguientes:

Zona Central. Es un indicador del contenido de oxígeno en las sustancias analizadas, por ese lugar circulan todas las sustancias presentes en la muestra; en caso de que esta zona no exista se considera que es debido a consideraciones de contaminación de la muestra por abonos inorgánicos o manejo inadecuado. Cuando el color de esta zona es negro, marrón oscuro o gris se ha relacionado con suelos tratados con prácticas intensivas de manejo químico (Restrepo y Pinheiro, 2011), indicando falta de estructura y compactación (Balmaseda-Espinosa, 2021). Además, si el color es blanco y la transición con la siguiente zona es muy fuerte se ha explicado con una gran cantidad de nitrógeno, normalmente relacionado con aplicaciones constantes de fertilizantes químicos nitrogenados (Medina et al., 2018). La falta de integración entre la zona central y la interna evidencia la posible compactación del suelo y débil transmutación de minerales presentes en el suelo (Balmaseda-Espinosa, 2021).

El centro del cromatograma con coloración blanco cremoso y que se desvanece suavemente para integrarse a la zona siguiente es el que se presenta en suelos bien aireados, no compactados, de buena textura, de alto contenido de materia orgánica y actividad enzimática y microbiológica (Restrepo y Pinheiro, 2011). Hernández-Rodríguez et al. (2021) encontraron que la zona central se asocia con la concentración de Zn^{2+} en los suelos, en el que a menor tamaño de la zona menor es el contenido de Zn^{2+} . Además, informaron sobre la relación del tamaño de esta zona con el contenido de materia orgánica (MO) del suelo, en que conforme aumenta la zona central el porcentaje de MO tiende a aumentar, lo cual ayudará a que los suelos sean de mejor calidad (Aguirre et al., 2019).

Zona Interna. Está localizada después de la zona central, se le conoce como zona mineral o de mineralización, porque ahí

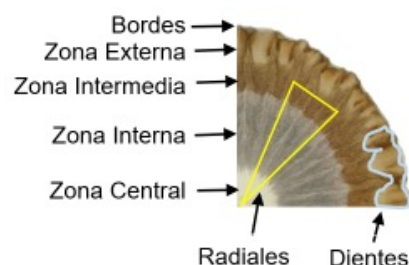


Figura 1. a) Interpretación integral del cromatograma, y b) Características del cromatograma: zonas, radiales, bordes, dientes (Restrepo y Pinheiro 2011).

a)

b)

se concentran las sustancias más pesadas y las reacciones con los minerales; esta zona puede estar o no integrada con la zona siguiente y eso aporta elementos para interpretar las prácticas a las que se sometió ese suelo (Restrepo y Pinheiro, 2011). Si esta zona se presenta de color pardo negruzco es indicativo de un suelo compactado, mineralizado, con la MO destruida y ausencia de actividad biológica (Medina et al., 2018). Por otro lado, una coloración blanca de forma irregular de la zona interna trata del uso de fertilizantes y estiércol, mientras que el color dorado con una franja bien definida, indica que los minerales están aislados de la poca MO, microbiología y actividad enzimática como consecuencia de un suelo desnudo y erosionado (Medina et al., 2018).

Cuando en la zona mineral se observan anillos de diversos colores, tonos grises oscuros a pardo rojizo, reflejan el mal estado evolutivo y no saludable del suelo (Balmaseda-Espinosa, 2021). Otro aspecto a considerar, es el tamaño de esta zona ya que guarda relación con la concentración de Mg^{2+} y Cu^{2+} , en el que a menor ancho de la zona interna menor es el contenido de ambos nutrientes y conforme la zona interna tiende a aumentar de tamaño el contenido de nutrientes también lo hace (Hernández-Rodríguez et al., 2021). Además, Kokornaczyk et al. (2016) encontraron relación en el contenido de fósforo extraíble (Pe) con esta zona.

Zona Intermedia. Es el tercer anillo y se encuentra localizada enseguida de la zona mineral, es un indicador de procesos de transformación en las sustancias. El grosor de esta zona indica la proporción de MO, la integración de esta zona con la siguiente indica el desarrollo de la actividad biológica, pero cuando hay bloqueo de esta zona se puede considerar que la MO ha sufrido de un proceso de momificación (Restrepo y Pinheiro, 2011). En caso de que posea una coloración marrón oscuro, indica que la MO aún está en proceso de descomposición por la poca actividad biológica y bajo contenido de MO. Por lo tanto, en esta zona se puede valorar también el proceso de humificación e integración de la MO en un suelo (Balmaseda-Espinosa, 2021).

Si la zona intermedia se encuentra ausente, es indicativo de la escasa MO en el suelo, mientras que colores café claro manifiesta armonía entre MO, minerales y microbiología, señal de buena salud del sistema (Medina et al., 2018).

Por otro lado, el contenido de Fe^{2+} y Mg^{2+} en los suelos se ha relacionado con el tamaño de la zona intermedia, mostrando que, a medida que disminuye el ancho de esta zona, también disminuye el contenido de Fe^{2+} . En tanto que, cuando el ta-

maño de la zona es menor, se observa un mayor contenido de Mg^{2+} (Hernández-Rodríguez et al., 2021).

Zona Externa. También llamada zona enzimática y nutricional que cuando se observa de color café, es un indicador del nitrógeno enlazado y de formas estables de coloides del humus del suelo, y representan abundancia y variedad nutricional disponible permanentemente. En esta zona se encuentran diferentes factores enzimáticos asociados con la formación de proteínas, vitaminas, hormonas y otros compuestos orgánicos (Restrepo y Pinheiro, 2011).

Medina et al. (2018) indicaron que la zona externa en suelos con manejo orgánico se presenta con ondulaciones y lunares suaves como indicativo de la relación de la MO con los minerales y la microbiología. Mientras que, cuando esta zona se encuentra ausente es indicativo de suelos con manejo convencional, y de acuerdo con (Balmaseda-Espinosa, 2021) la terminación plana, circular, sin bordes complementa el criterio de un suelo deteriorado.

Restrepo y Pinheiro (2011) establecieron que la zona externa es la zona que representa la nutrición del suelo, en que el fósforo extraíble (Pe) presenta relación lineal positiva, en donde al aumentar el ancho de la zona externa el contenido de Pe también aumenta (Hernández-Rodríguez et al., 2021). Además, se ha relacionado positivamente con el contenido de MO y nitrógeno total TN (Kokornaczyk et al., 2017), con las enzimas fosfatasa ácida y arilsulfatasa (Graciano et al., 2020), el carbono orgánico total y la actividad microbiana (Ford et al., 2021).

La integración de las zonas, central, interna, intermedia y externa, indica abundante actividad enzimática, con buena presencia de MO y minerales integrados por la actividad microbiológica como consecuencia de la labranza ecológica (Medina et al., 2018). Aguirre et al. (2019) argumentaron que la falta de armonía entre los componentes del cromatograma se deberá posiblemente a que la diversidad biológica está restringida y la formación enzimática es escasa.

También se deben observar otro tipo de componentes como la presencia de radiales y hoyos y la forma de bordes y dientes:

Radiales. Son el indicador de actividad enzimática y/o actividad biológica en una muestra. Son líneas que parten de la zona central y que pueden asemejar un penacho de plumas, la falta de radiaciones indica procesos de compactación, falta de estructura y nula actividad biológica (Restrepo y Pinheiro, 2011). Cuando el desarrollo radial en el cromatograma es prácticamente nulo, es otro indicador del deterioro del suelo (Balmaseda-Espinosa, 2021). Además, se ha reportado que a menor

Figura 3. Seis características diferenciales de la terminación de los bordes y dientes de un cromatograma: 1. Terminación ideal, en forma de lunares enzimáticos, 2. Terminación no ideal en forma plana circular y sin bordes, 3. Terminación no ideal en forma de dientes de caballo, 4. Terminación no ideal en forma de dientes puntiagudos, 5. Terminación no ideal en forma de agujas irregulares, y 6. Terminación no ideal en forma de granos de maíz (Restrepo y Pinheiro, 2011).

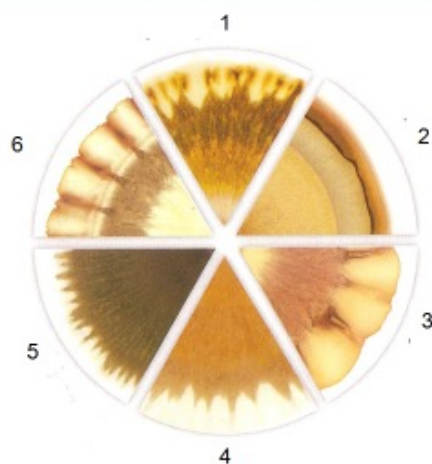


Figura 4. Patrón de colores para el análisis cromatográfico de suelos. De lado izquierdo, se presentan los colores indeseables, y del lado derecho los colores deseables (Restrepo y Pinheiro, 2011).



número de radiales mayor es el contenido de Ca^{2+} en suelos (Hernández-Rodríguez et al., 2021).

Hoyos o manchas blancas circulares aparecen frecuentemente con la presencia de colonias de microorganismos que al ser el indicador de materia viva, no aparecen en materiales sintéticos (Restrepo y Pinheiro, 2011).

Bordes y dientes. En la zona externa se puede observar la manera en la que se registra la terminación de la croma, lo ideal es observar la formación de picos lo que indica descomposición de la MO y procesos de formación de moléculas. Además, debe distinguirse el tipo de borde o terminación (Restrepo y Pinheiro, 2011).

Nubes. Hernández-Rodríguez et al. (2021) encontraron que el número de nubes se relaciona con el contenido de arena de

los suelos en 2 niveles, resultando en que a bajo número de nubes, 19 a 50, el porcentaje de arena será menor de 39, contrastado con el número alto de nubes, entre 51 y 70, con media de 44% de arena. Los mismos autores informaron que el número de nubes también resultó ser una variable predictora para el porcentaje de MO, donde a un número de nubes bajo le corresponden porcentajes bajos de MO. Además, la presencia de nubes en la zona externa del cromatograma se ha relacionado con la abundancia y variedad de nutrientes (Aguirre et al., 2019). Además, un

incremento en el número de nubes en abonos orgánicos se ha relacionado de forma directamente proporcional con el contenido de MO de fácil descomposición y con sustancias enzimáticas para el fomento de la actividad biológica (Bracamontes et al., 2018).

Además, se debe observar la coloración, que refleja un buen estado de la muestra. Destacan los colores amarillo, dorado, anaranjado, rojizo o café claro y tonalidades verdosas. Cuando se observan tonalidades ocres muy claras y oscuras es un indicio de MO no degradada. Existen coloraciones que indican condiciones no deseadas como negro, gris oscuro, lila, azul o violeta (Restrepo y Pinheiro, 2011). En la Figura 4 se muestran los colores que puede desarrollar un cromatograma.

En la Figura 5 se muestran los cromatogramas generados en el análisis de distintas muestras de suelos con diferente manejo y uso, y de un abono orgánico, con su respectiva interpretación, de acuerdo con los

criterios básicos de Restrepo y Pinheiro, (2011). En el cromatograma correspondiente a la Figura 5a, que muestra un suelo compactado, la zona central es muy delgada, lo que indica que el suelo presenta baja aireación. La zona interna, en cambio, es bastante gruesa, sugiriendo una mayor concentración de sustancias pesadas y reacciones con los minerales. La ausencia de una zona intermedia indica que no hay MO ni actividad biológica significativa. La zona externa, con forma de agujas irregulares y coloración, refleja una actividad enzimática muy pobre. La falta de radiaciones en el cromatograma señala procesos de compactación, ausencia de estructura y nula actividad biológica (Restrepo y Pinheiro, 2011).

En la Figura 5b, que corresponde a un suelo de uso agrícola con manejo orgánico, se observa la zona central de color blanco cremoso, que se integra con la siguiente, indicando que el suelo está bien aireado, no compactado, con buena textura, alto contenido de MO y actividad enzimática y microbiológica. El grosor y coloración de la zona interna reflejan una adecuada concentración de sustancias pesadas y reacciones con minerales. La zona intermedia, de grosor moderado, sugiere una proporción equilibrada de MO, y su integración con la siguiente zona indica un desarrollo activo de la biología del suelo. La coloración café en la zona externa es un indicador de nitrógeno enlazado y formas estables de coloides del humus, lo que representa una abundancia y variedad de nutrientes disponibles y en constante actividad. La presencia de radiaciones en el cromatograma es un signo de actividad enzimática y biológica en el suelo (Restrepo y Pinheiro, 2011).

En la Figura 5c, que muestra un suelo agrícola fertilizado químicamente, la zona central es muy delgada, señalando que el suelo está compactado y con baja aireación. La zona interna, en cambio, es bastante gruesa, indicando una concentración elevada de sustancias pesadas y reacciones con minerales. La ausencia de una zona intermedia sugiere que no hay MO ni actividad biológica significativa. La zona externa, con forma de agujas irregulares y coloración, refleja una actividad enzimática muy pobre. La falta de radiaciones en este cromatograma también indica procesos de compactación, falta de estructura y actividad biológica nula (Restrepo y Pinheiro, 2011).

Por último, en la Figura 5d se presenta el cromatograma de una muestra de residuos orgánicos en proceso de transformación para la producción de abonos orgánicos, interpretado según los criterios de Restrepo y Pinheiro (2011). La zona central, ubicada en el centro del cromatograma, con coloración blanco cremoso y que se integra con la zona siguiente, indica que la

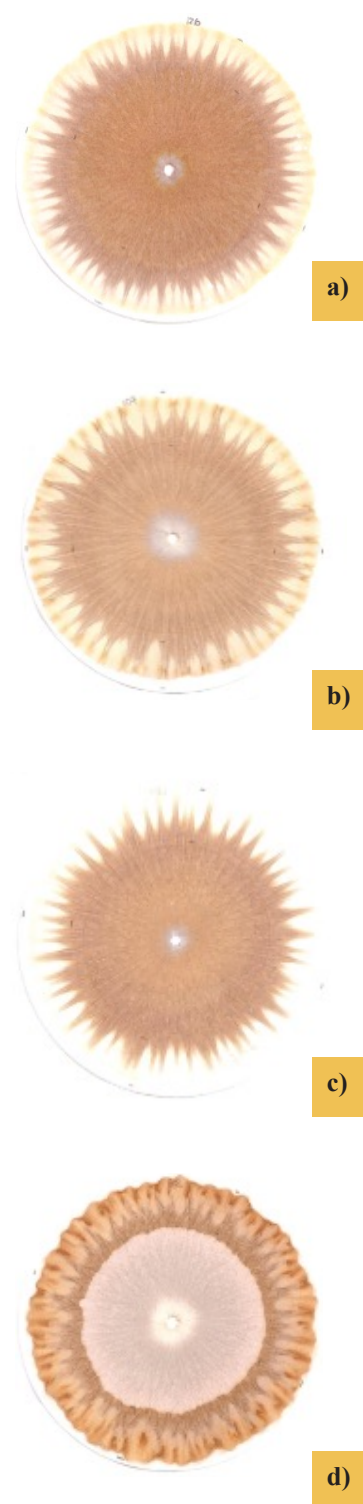


Figura 5. Cromatogramas representativos de: a) suelo compactado, b) suelo de uso agrícola con manejo orgánico, c) suelo agrícola con fertilización química, y d) cromatograma correspondiente a una muestra de residuos orgánicos sometidos a un proceso de compostaje (Restrepo y Pinheiro, 2011).

muestra está bien aireada, no compactada, y presenta un alto contenido de materia orgánica, además de actividad enzimática y microbiológica significativa. La zona interna es prácticamente imperceptible, lo que sugiere una reacción nula con minerales.

El gran grosor de la zona intermedia indica que la composición de la muestra es predominantemente orgánica y que existe una intensa actividad biológica. La coloración clara de esta zona señala que la materia orgánica ha completado su proceso de descomposición, por lo que en ella se puede valorar el proceso de humificación de los residuos. El color café de la zona externa es un indicador de nitrógeno enlazado y de formas estables de coloides del humus, lo cual refleja una abundancia y variedad de nutrientes disponibles, asociados con la formación de proteínas, vitaminas, hormonas y otros compuestos orgánicos. La presencia de radiaciones en el cromatograma es un signo de actividad enzimática y/o actividad biológica en la muestra (Restrepo y Pinheiro, 2011).

Implicaciones del uso de la cromatografía circular de Pfeiffer

La cromatografía en papel circular de Pfeiffer se ha utilizado para la caracterización de los suelos resultando en una práctica excelente y fundamental, ya que es una prueba totalmente cualitativa de referencia para estimar la fertilidad de suelos en forma integral. Por tal razón, es necesario que los futuros ingenieros del área, en las etapas tempranas de su formación académica, adquieran los conocimientos necesarios de aquellas prácticas y métodos de análisis que contribuyan a tener suelos sanos, para así favorecer a tener sistemas de producción alimentarios sostenibles, temática de relevancia mundial (Barahona y Andrade, 2023).

Además, la optimización del análisis de la calidad de los abonos orgánicos mediante la cromatografía en papel circular permitirá establecer indicadores claros de madurez y riqueza nutricional en los productos. Esto contribuirá a mejorar las prácticas de producción y uso de abonos, generando mayor confianza en su aplicación y promoviendo una gestión más responsable de los recursos naturales (Reganold y Wachter, 2016).

Conclusiones

Estos hallazgos son de gran importancia, ya que la cromatografía de papel puede ser una herramienta tecnológica económica y accesible para campesinos, productores, técnicos y estudiantes, en la tarea de determinar de una manera integral la salud de los suelos agrícolas y la calidad de los abonos orgánicos, fa-

cilitando el seguimiento de las prácticas en la agricultura ecológica.

Diferentes investigaciones deben realizarse para comprender mejor los factores que influyen en la interpretación de los cromatogramas, con el fin de ampliar las aplicaciones de esta técnica en la producción agrícola.

Referencias

- Abad-Santana 2018. La cromatografía aplicada a la agroecología. Quito: Fundación Heifer.
- Aguirre, S. E., N. V. Piraneque y C. J. Díaz. 2019. Valoración del estado del suelo en zona de bosque seco tropical mediante técnicas analíticas y cromatogramas. *Inf. Tecnol.* 30: 337-350. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600337>.
- Balmaseda-Espinosa, C., Quevedo-Pinos, N., y Cercado-Quíñonez, N. 2021. Evaluación cualitativa de suelos de la parroquia colonche mediante cromatografía de Pfeiffer. *Revista Pertinencia Académica*. 1-19. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5979699>
- Barros, & Silveira-Franco 2022. Contribuciones de la cromatografía circular de Pfeiffer en el análisis de la salud del suelo. *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.* [online]. 31 (2): 395-413. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.90067>.
- Balmaseda-Espinosa, Q.P. & Q 2021. Evaluación cualitativa de suelos de la parroquia Colonche mediante cromatografía de Pfeiffer. *Revista Pertinencia Académica*, 5. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.5979699>
- Barahona, P.L. y O.Y. Andrade. 2023. ABI: aplicación de cromatografía de Pfeiffer como herramienta de aprendizaje de química en la educación agricultura. *CEIBA. Scientific and Technical Journal*. 56(2). 90-98.
- Barros, C. E., & Silveira Franco, F. (2022). Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para análise da saúde do solo. *Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia*, 31(2), 395-413.
- Bonanomi, G., De-Filippis, F., Zotti M., Idbellaa, M., Cesaranoa, G., Al-Rowailyc, S., and El Gawadc, A. (2020). Repeated applications of organic amendments promote beneficial microbiota, improve soil fertility and increase crop yield. *Applied Soil Ecology*. 156: 103714. DOI: 10.1016/j.apsoil.2020.103714
- Bracamontes, L., M. Fuentes, L. Rodríguez, J. Macedas. (2018). Manual de indicadores biológicos de la salud del suelo. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. 1a. edición <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/46931>.
- Burle, E. C., & Figueiredo, R. T. (2019). Uso da Cromatografia Circular Plana em diferentes concentrações para análise de solo e de compostos orgânicos. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE*, 5(2), 19-19.
- Domingues, S., Contini, R., Maia, M., Farina, É., Gabardo, G., &

- Ribeiro, A. (2018). Conhecimento Agroecológico Através Da Experimentação Da Cromatografia De Pfeiffer, Uma Análise Qualitativa Dos Solos. *Revista Da Jornada De Pós-Graduação E Pesquisa - Congrega Urcamp*, 0(0), 932-940.
- FAO 2015. 2015 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Año Internacional de los suelos. Retrieved from FAO: <https://www.fao.org/soils/2015/about/key-messages/es/>
- Fernandez, P. G. 2001. Organic seeds as basis for sustainable agriculture. *Philippine Journal of Crop Science*. 26(3):15-30
- Ford, B., Cook, B., Tunbridge, D., & Tilbrook, P. (2019). Using paper chromatography for assessing soil health in south western Australia. Centre of Excellence in Natural Resource Management, University of Western Australia. Albany, WA.
- Ford, B. M., Stewart, B. A., Tunbridge, D. J., & Tilbrook, P. (2021). Paper chromatography: An inconsistent tool for assessing soil health. *Geoderma*, 383, 114783.
- García, M., Sánchez, J., & Torres, L. (2022). Cristalización sensitiva y separación de vitamina C natural y sintética mediante cromatografía en papel circular. *Revista de Química y Tecnología*, 15(1), 78-89.
- García, M., Torres, A., & Fernández, R. (2022). Advances in paper chromatography for analytical applications. *Journal of Chromatography A*, 1678, 463123. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2022.463123>
- Graciano, I., Matsumoto, L. S., Demétrio, G. B., & Mello, P. E. C. T. (2020). Evaluating pfeiffer chromatography for its validation as an indicator of soil quality. *Journal of Agricultural Studies*, 8(3), 420-446.
- Hernández-Rodríguez, A., Ochoa-Rodríguez, B., Ojeda-Barrios, D., Jiménez-Castro, J., Sánchez-Rosales, R., Rodríguez-Roque, M. J. y Sánchez-Chávez, E. (2021). Patrones para estimar la fertilidad del suelo mediante la técnica de cromatografía de Pfeiffer. *Terra Latinoamericana* 39: 1-12. e844. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.844>
- Islam, M.S., Khan, M.H. y Hossain, M.S. (2020). Effects of different levels of soil moisture and indigenous organic amendments on the yield of boro rice grown under field condition. *Dhaka University Journal of Biological Sciences*, 29(1):87-96. <https://doi.org/10.3329/dujbs.v29i1.46534>
- Kokornaczyk, M. O., F. Primavera, R. Luneia, S. Baumgartner, and L. Betti. 2016. Analysis of soils by means of Pfeiffer's circular chromatography test and comparison to chemical analysis results. *Biol. Agric. Hort.* 33: 143-157. doi: <https://doi.org/10.1080/01448765.2016.1214889>.
- López, F., & Gómez, S. (2020). Fundamentos y aplicaciones de la cromatografía en papel. *Revista de Química Analítica*, 22(5), 300-312.
- López, M., y Martínez, A. (2019). Barreras y desafíos en la valoración de suelos agrícolas para la producción de abonos orgánicos. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19(4), 789-802.

- Mahmud, M., Abdullah, R., & Yaacob, J. S. (2018). Effect of vermicompost amendment on nutritional status of sandy loam soil, growth performance, and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field conditions. *Agronomy*, 8(9), 183.
- Medina Saavedra, T., Arroyo Figueroa, G., & Peña Caballero, V. (2018). Cromatografía de Pfaiffer en el análisis de suelos de sistemas productivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 665-673.
- Rattan L. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 15221.
- Restrepo, R. J., Pinheiro, S. 2011. Cromatografía. Imágenes de vida y destrucción del suelo. Feriva, S. A. Cali, Colombia. ISBN: 978-958-44-8582-3.
- Rushikesh B, Mayur B, Sandip C, Piyush B, Jayesh G, Vijayraj S and Ganesh S, (2024). A Brief Review on Different Chromatographic Techniques. *Open Access Journal of Pharmaceutical Research*. 8(1): 000294.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2018). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (10th ed.). Brooks Cole.
- Yang, T., Siddique, K. H., & Liu, K. (2020). Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01118. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01118>

REVISTA SPAUACH

ACADEMIA VITALIS



SPAUACH

"Por la Superación Académica"