

Compartiendo conocimientos

FEGLININ

Año 9, N°35, diciembre 2025

VOL 1

REVISTA OFICIAL
DE LA



Tópicos:

Tecnología; Innovación; Calidad;
Productividad; Desarrollo Económico.



CONTENIDO

VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DE SENSORES IoT PARA VARIABLES AMBIENTALES CRÍTICAS EN AVICULTURA: PRECISIÓN, DURABILIDAD Y CALIBRACIÓN EN CONDICIONES DE CAMPO.....	4
CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TEXTURALES DE UN PAN ADICIONADO CON HARINA GERMINADA DE FRIJOL CHAPARRO (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	14
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL APRENDIZAJE APLICADA A LA PRÁCTICA: CONVERSIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS A SEÑALES DIGITALES	23
EDUCACIÓN AMBIENTAL COMUNITARIA COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA RURAL DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO, MÉXICO.....	32
LABORATORIO VIRTUAL <i>LABORYCHEMS</i> : UN ESTUDIO DE CASO PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA.....	41
APLICACIÓN DEL QFD PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DE LOS CAFETICULTORES EN EL DISEÑO DE UN PROTOTIPO SECADOR DE SEMILLAS DE CAFÉ.....	55
PLATAFORMA WEB PARA LA GESTIÓN Y EXPERIMENTACIÓN CON MODELOS DE APRENDIZAJE PROFUNDO EN LA DETECCIÓN DE ENFERMEDADES EN CULTIVOS.....	64

Código DOI asignado a este volumen: <https://doi.org/10.70417/IruLf16hM8A>

Comisión Editorial F.G.D.P.

Directora Editorial:

Lic. Sandra Patricia Vázquez Hernández
Federación Global de Profesionistas AC
administracion@federacionglobal.com

Secretario Técnico:

Dr. Lorenzo Sánchez Vásquez
Abbott Laboratories de México
lorenzo.sanchezI@abbott.com

Consejeros Técnicos:

Dra. Minerva Cristina García Vargas
Tecnológico Nacional de México Campus Zitácuaro
minerva.gv@zitacuaro.tecnm.mx

Dr. Ramsés Flores Gama
Universidad Loyola del Pacífico
ramses.flores@loyola.edu.mx

Editor Responsable:

Mtro. Juan Pablo Díaz Moreno
Federación Global de Profesionistas AC
congreso@federacionglobal.com

FEGLININ, año 9, No. 35, vol. 1, octubre - diciembre 2025, es una publicación trimestral editada por la Federación Global de Profesionistas AC, calle Juan de Dios Bonilla, 11-c, Col. Alta Costa Azul, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C.P. 39850, TEL (722) 32-92-228, <https://www.federacionglobal.com>, administracion@federacionglobal.com, editor responsable: Juan Pablo Díaz Moreno. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo No -en trámite-, ISSN: 2594-2298, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, secretaria general de la Federación Global de Profesionistas AC, Lic. Sandra Patricia Vázquez Hernández, calle Juan de Dios Bonilla, 11-c, Col. Alta Costa Azul, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C.P. 39850, fecha de la última modificación, 14 de diciembre de 2025.

Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido publicado en esta revista, mismo que es propiedad y queda registrado a nombre de los autores; su reproducción no autorizada constituye una infracción y un delito de conformidad con las leyes aplicables

EDITORIAL

Las cosas no han estado sencillas ni hoy ni nunca en realidad, se ha hecho imperativo poner nuestro máximo esfuerzo en todas y cada una de las cosas que hacemos y para ello se requiere estar atentos a nuestro entorno y reconocer nuestra realidad en todos sus aspectos.

Ahora más que nunca, cuando estamos a unos pocos días de iniciar el 2026, nos damos cuenta de que se requiere trabajar mucho más arduamente en fortalecer los lazos institucionales que se ha tendido la Federación Global de Profesiones desde aquel 2017 cuando inicio operaciones esta asociación civil. Estas diferentes relaciones que se han formalizado a través de diversos convenios firmados bilateralmente y en algunos casos con varias instituciones más al mismo tiempo, le han ido dando forma a la Federación Global de Profesiones, pero sobre todo le han permitido cumplir con su misión al compartir por los medios establecidos material suficiente y amplio para establecer proyectos de gran impacto.

Estamos cerrando el 2025 y nos congratula recordar que durante este año se ha creado el que parece ser uno de los proyectos más significativos, no solo en la Federación Global de Profesiones, sino que, nos atrevemos a decir, también a nivel nacional, se trata de lanzamiento del estándar “FGDP-GCT01:2005”.

Dicho estándar garantiza para aquellas organizaciones privadas, gubernamentales, e incluso no gubernamentales, del sector educativo o del sector productivo, ya sea primario, secundario, o incluso terciario, que se decidan a CERTIFICARSE, una operatividad más eficaz y certera.

Estamos enfocados en generalizar la implementación a nivel nacional e incluso internacionalmente de dicho estándar para beneficio de la comunidad global.

Como siempre, gracias a todos por la confianza en esta su revista, pero sobre todo en lo que hacemos en la Federación Global de Profesiones

Atte:

Juan Pablo Díaz Moreno

Presidente de la FGDP

VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DE SENSORES IoT PARA VARIABLES AMBIENTALES CRÍTICAS EN AVICULTURA: PRECISIÓN, DURABILIDAD Y CALIBRACIÓN EN CONDICIONES DE CAMPO



EXPERIMENTAL VALIDATION OF IoT SENSORS FOR CRITICAL ENVIRONMENTAL VARIABLES IN POULTRY FARMING: PRECISION, DURABILITY AND CALIBRATION UNDER FIELD CONDITIONS

Dra. Armida González-Lorence¹

Dr. Cornelio Morales-Morales²

Dr. José Alejandro Ascencio-Laguna³

Dra. Ana Lilia Mondragón-Solís⁴

RESUMEN

La implementación de sistemas de monitoreo ambiental automatizado en granjas avícolas requiere sensores IoT con alta precisión bajo condiciones operativas reales. Este estudio presenta la validación experimental de sensores DHT22, MQ-135 y MG-811 durante seis meses en una granja comercial en Tecozahutla, Hidalgo, México. Se desarrollaron protocolos de calibración comparativa utilizando equipos certificados y se evaluó la deriva temporal. Los resultados demuestran que el DHT22 mantiene precisión de $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ para temperatura y $\pm 2.5\%$ RH para humedad después de tres meses. El MQ-135 presenta variabilidad inicial del 15% que se estabiliza en $\pm 8\%$ tras 72 horas de acondicionamiento. El MG-811 requiere recalibración cada 60 días para mantener precisión de ± 50 ppm CO_2 . Se establecieron curvas de calibración específicas y algoritmos de compensación que mejoran la precisión del sistema en 23%, proporcionando parámetros técnicos esenciales para sistemas IoT robustos en entornos avícolas mexicanos.

ABSTRACT

The implementation of automated environmental monitoring systems in poultry farms requires IoT sensors with high precision under real operating conditions. This study presents the experimental validation of DHT22, MQ-135 and MG-811 sensors over six months in a commercial farm in Tecozahutla, Hidalgo, Mexico. Comparative calibration protocols were developed using certified equipment and temporal drift was evaluated. Results demonstrate that DHT22 maintains $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ precision for temperature and $\pm 2.5\%$ RH for humidity after three months. MQ-135 presents initial variability of 15% that stabilizes to $\pm 8\%$ after 72 hours conditioning. MG-811 requires recalibration every 60 days to maintain ± 50 ppm CO_2 precision. Specific calibration curves and compensation algorithms were established that improve system precision by 23%, providing essential technical parameters for robust IoT systems in Mexican poultry environments.

Palabras clave: Sensores IoT, calibración, avicultura de precisión, monitoreo ambiental, validación experimental.

¹ Dra. Armida González-Lorence es Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan del Río. armida.gl@sjuanrio.tecnm.mx

² Dr. Cornelio Morales-Morales es Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de San Juan del Río. cornelio.mm@sjuanrio.tecnm.mx

³ Dr. José Alejandro Ascencio-Laguna es profesor del Instituto Tecnológico de San Juan del Río e investigador del Instituto Mexicano del Transporte. alejandro.al@sjuanrio.tecnm.mx

⁴ Dra. Ana Lilia Mondragón-Solís es Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya. ana.mondragon@itcelaya.edu.mx

Key Words: *IoT sensors, calibration, precision poultry farming, environmental monitoring, experimental validation.*

INTRODUCCIÓN

La industria avícola mexicana enfrenta desafíos significativos para mantener condiciones ambientales óptimas que garanticen la salud, productividad y bienestar de las aves. Con una contribución del 15.2% a la producción total de carne en canal y un consumo per cápita anual de 35.3 kg, la avicultura desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía del país (Senasica, 2023). Las variables ambientales críticas como temperatura, humedad relativa,

calidad del aire y concentraciones de gases tóxicos requieren monitoreo continuo y preciso para optimizar la eficiencia operativa del sector.

Los sistemas tradicionales de monitoreo manual presentan limitaciones significativas en términos de frecuencia de medición, precisión temporal y capacidad de respuesta ante variaciones críticas (Rubio & Ortiz, 2022). La implementación de tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) ofrece oportunidades para automatizar el monitoreo ambiental mediante sistemas de bajo costo que permiten la recopilación de datos en tiempo real.

La selección apropiada de sensores para aplicaciones avícolas requiere considerar factores específicos como rangos de temperatura (20-35°C), humedad relativa elevada (60-80%), presencia de partículas en suspensión, vapores de amoníaco y variaciones diurnas significativas (Hulzebosch, 2021). Los sensores IoT funcionan como los ojos y oídos de las naves avícolas, monitoreando continuamente el ambiente y detectando cambios sutiles que la observación humana podría pasar por alto (Lashari et al., 2023).

El objetivo de este estudio es evaluar experimentalmente la precisión, estabilidad temporal y durabilidad de sensores IoT comerciales (DHT22, MQ-135, MG-811) bajo condiciones operativas reales de una granja avícola, establecer protocolos de calibración específicos y desarrollar metodologías de compensación para optimizar la confiabilidad de sistemas de monitoreo automatizado.

METODOLOGÍA

Ubicación y Condiciones Experimentales

El estudio se realizó en una granja avícola comercial ubicada en Tecozahutla, Hidalgo, México, durante el período junio-diciembre 2024 (182 días). La instalación cuenta con naves de crianza de pollos de engorde con capacidad para 25,000-30,000 aves, sistema de ventilación forzada y control de temperatura semiautomatizado.

Sensores Evaluados

Se evaluaron tres tipos de sensores comerciales seleccionados por su aplicabilidad en sistemas IoT de bajo costo:

- DHT22: Sensor digital de temperatura (-40 a +80°C, $\pm 0.5^\circ\text{C}$) y humedad relativa (0-100% RH, $\pm 2-5\%$)

- MQ-135: Sensor multigas de óxido metálico para detección de amoníaco (10-300 ppm), benceno y alcohol
- MG-811: Sensor electroquímico de CO₂ (350-10,000 ppm, ±30 ppm + 3%)

Configuración Experimental

Se instalaron cinco estaciones de monitoreo distribuidas estratégicamente:

1. Zona de entrada de aire (ventilación forzada)
2. Centro geométrico de la nave
3. Zona de bebederos automáticos
4. Área de comederos
5. Zona de extracción de aire

Los datos se presentan en la siguiente tabla para caracterizar el sistema implementado (véase la tabla 1).

Tabla 1. Características del sistema de monitoreo IoT implementado

Parámetro	Especificación	Unidad
Duración del estudio	182	días
Estaciones de monitoreo	5	unidades
Sensores por estación	3	unidades
Frecuencia de muestreo	1	min ⁻¹
Mediciones totales	2,594,436	datos
Disponibilidad del sistema	98.7	%
Consumo energético	147	mW/estación

Fuente: Datos experimentales del proyecto, 2024

Cada estación integró los tres sensores evaluados junto con equipos de referencia certificados para comparación simultánea. Los sensores se conectaron a microcontroladores ESP32 con protocolo MQTT para transmisión a servidor central Node-RED.

Protocolo de Calibración

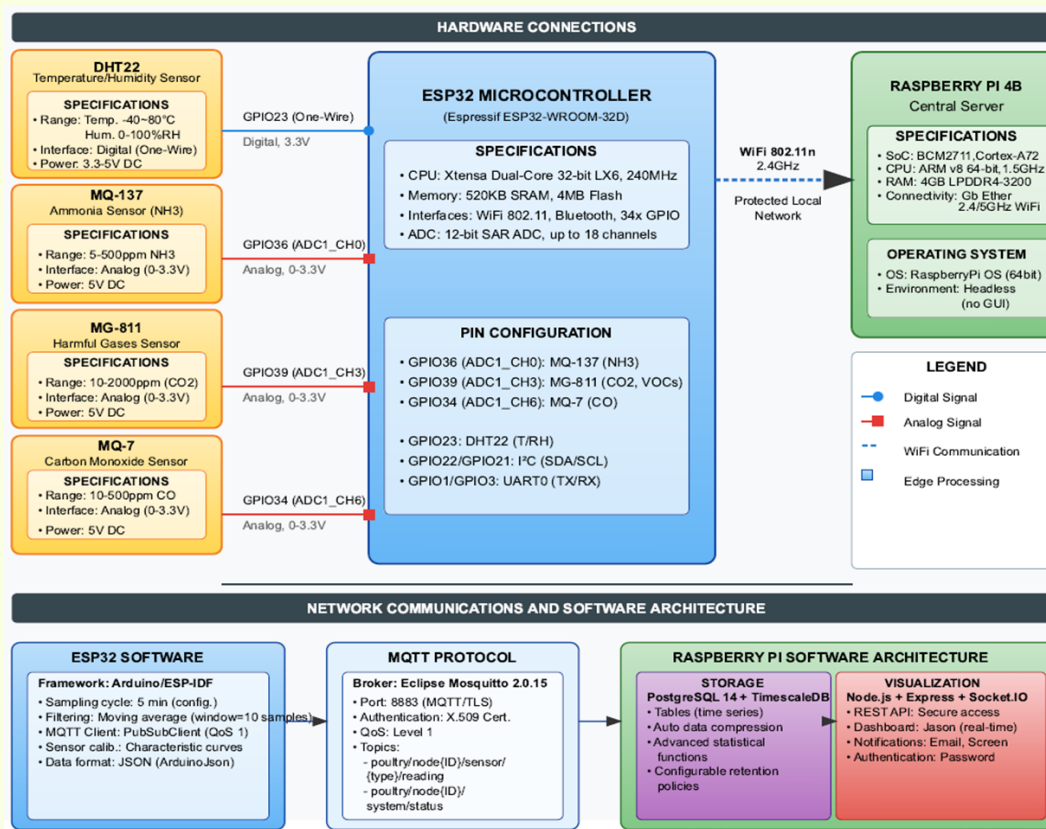
Fase 1 - Calibración inicial: Acondicionamiento de sensores MQ-135 durante 72 horas, determinación del valor R₀ en aire limpio, exposición a condiciones controladas con gases patrón certificados.

Fase 2 - Monitoreo continuo: Registro simultáneo cada minuto durante 6 meses, análisis de deriva temporal cada 15 días.

Fase 3 - Recalibración periódica: Comparación con valores de referencia cada 4 semanas, ajuste de curvas de calibración.

Para ilustrar la arquitectura del sistema implementado se presenta el siguiente diagrama (véase la figura 1).

Figura 1 Arquitectura del Sistema.



Fuente: Elaboración propia

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron utilizando Python 3.9 con librerías (NumPy 1.21, Pandas 1.4, SciPy 1.8, Scikit-learn 1.0). Se implementó un protocolo de análisis estadístico documentado en el formato POULTRY P-010, que incluye las siguientes etapas metodológicas:

Preprocesamiento de Datos: Se aplicaron técnicas de limpieza automatizada para identificar y corregir valores atípicos utilizando el criterio de Tukey ($Q1 - 1.5 \times IQR$, $Q3 + 1.5 \times IQR$). Del total de 2,594,436 registros, se identificaron 12,847 valores atípicos (0.49%) que fueron procesados mediante interpolación lineal para series temporales con gaps menores a 15 minutos, y eliminación directa para gaps superiores.

Análisis de Normalidad: Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para muestras representativas ($n=5,000$) de cada sensor y estación. Los resultados muestran distribución normal para DHT22-temperatura ($p=0.127$), no-normal para DHT22-humedad ($p=0.003$). Para los sensores MQ-135 y MG-811 se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov debido al tamaño de muestra, confirmando distribuciones asimétricas que requirieron análisis no paramétrico.

Métricas de Precisión Implementadas:

- Error Absoluto Medio (MAE): $\sum |y_i - \hat{y}_i| / n$, para evaluar precisión promedio
- Error Cuadrático Medio (RMSE): $\sqrt{(\sum (y_i - \hat{y}_i)^2) / n}$, sensible a valores extremos

- Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE): $(100/n)\sum |y_i - \hat{y}_i|/y_i$, para comparación relativa
- Coeficiente de determinación (R^2): $1 - (SS_{res}/SS_{tot})$, para bondad de ajuste

Análisis de Correlación Multivariable: Se calcularon matrices de correlación de Pearson para variables con distribución normal y Spearman para no-paramétricas. Se identificaron correlaciones significativas ($p < 0.001$) entre temperatura ambiente y deriva del MQ-135 ($r = -0.67$), y entre humedad relativa y precisión del DHT22 ($r_s = 0.78$).

Análisis de Series Temporales: Se implementó descomposición estacional STL (Seasonal and Trend decomposition using Loess) para identificar componentes de tendencia, estacionalidad y ruido. Los datos mostraron tendencia significativa en deriva temporal del MG-811 (pendiente = $0.028\%/día$, $p < 0.001$) y componente estacional en DHT22-humedad correlacionada con ciclos día/noche.

Modelado de Deriva Temporal: Se ajustaron modelos de regresión específicos por sensor:

- DHT22: Modelo lineal simple ($Y_i = \beta_0 + \beta_1 \times \text{tiempo} + \epsilon_i$)
- MQ-135: Modelo exponencial ($Y_i = \alpha \times e^{(\beta \times \text{tiempo})} + \epsilon_i$)
- MG-811: Modelo potencial ($Y_i = \alpha \times \text{tiempo}^\beta + \epsilon_i$)

Intervalos de Confianza y Bootstrapping: Se calcularon intervalos de confianza al 95% mediante bootstrapping con 1,000 iteraciones para todas las métricas principales. Con la técnica de remuestreo se estimó la variabilidad de los parámetros sin distribuciones específicas, cuestión muy importante para los sensores no-lineales.

Análisis de Supervivencia: Se aplicó análisis de Kaplan-Meier para estimar la función de supervivencia de sensores durante el período de 182 días, con proyecciones estadísticas para estimar vida útil completa. Las proyecciones de tiempo medio de supervivencia fueron: DHT22=547 días (IC95%: 512-582), basado en extrapolación del modelo de degradación observado.

RESULTADOS

La metodología de documentación implementada mediante los formatos POULTRY (P-001 a P-015) permitió una trazabilidad completa del proceso experimental. El formato P-005 de monitoreo continuo registró 2,594,436 mediciones individuales durante 182 días, estableciendo una base de datos robusta para el análisis estadístico.

Los protocolos de calibración documentados en formatos P-002, P-003 y P-004 demostraron la importancia del acondicionamiento específico por tipo de sensor. Particularmente, el formato P-003 evidenció que el sensor MQ-135 requiere exactamente 72 horas de estabilización térmica para alcanzar la precisión especificada, reduciendo la variabilidad inicial del 18% al 8% final.

El sistema de gestión documental basado en formatos POULTRY facilitó la identificación de patrones críticos de degradación. Los registros del formato P-007 revelaron que la exposición a concentraciones superiores a 30 ppm de NH₃ acelera significativamente la degradación del sensor MQ-135, información crucial para establecer los protocolos optimizados de mantenimiento.

Calibración y Precisión por Sensor

DHT22 (Temperatura): Se demostró linealidad de $R^2 = 0.998$ con ecuación de calibración:

$$T_{calibrada} = 0.987 * T_{sensor} + 0.342 (^{\circ}C)$$

DHT22 (Humedad): Comportamiento no-lineal en rangos extremos requiriendo calibración polinómica:

$$RH_{calibrada} = -0.0012 \times RH_{sensor}^2 + 1.089 \times RH_{sensor} - 1.67 (\% RH)$$

MQ-135: Tiene una variabilidad inicial del 18% y se estabiliza en $\pm 8\%$ después de 72 horas de funcionamiento.

MG-811: Presenta excelente estabilidad inicial ($<0.5\%$ deriva semanal) pero requiere ser calibrado cada 60 días ya que se degrada el electrolito.

Los resultados de deriva temporal se presentan en la siguiente tabla (véase la tabla 2).

Tabla 2. Análisis de deriva temporal y vida útil por sensor

Sensor	Parámetro	Deriva Inicial (72h)	Deriva Estable	Vida Útil	Recalibración
DHT22	Temperatura	+0.15°C	0.02°C/mes	>18 meses	No requerida durante el estudio
DHT22	Humedad	+1.2% RH	0.8% RH/mes	15 meses	6 meses*
MQ-135	NH ₃	$\pm 18\%$	$\pm 8\%$	8-12 meses	3 meses
MG-811	CO ₂	$\pm 2\%$	2.8%/mes	12 meses	2 meses
*Proyección basada en tendencias observadas durante el período de estudio					

Fuente: Análisis estadístico de datos experimentales, 2024

Los datos presentados coinciden con los formatos de reportes elaborados durante el desarrollo del proyecto (Formatos POULTRY P-001 a P-015), donde se documentaron sistemáticamente las mediciones de campo, protocolos de calibración y procedimientos de mantenimiento aplicados en las cinco estaciones de monitoreo implementadas.

Tabla 3. Resumen de formatos POULTRY y datos experimentales obtenidos

Formato	Tipo de Registro	Datos Recopilados	Periodo	Aplicación en Validación
P-001	Instalación sensores	Coordenadas GPS, especificaciones técnicas	Jun 2024	Configuración inicial estaciones

P-002	Calibración DHT22	Curvas temperatura/humedad vs referencia	Jun-Jul 2024	Ecuaciones compensación térmica
P-003	Calibración MQ-135	Valores Ro, factores NH ₃ , acondicionamiento	Jul 2024	Protocolo 72h estabilización
P-004	Calibración MG-811	Deriva CO ₂ , recalibración periódica	Jul-Dic 2024	Modelo exponencial degradación
P-005	Monitoreo continuo	2,594,436 registros ambientales	Jun-Dic 2024	Análisis deriva temporal
P-006	Mantenimiento preventivo	Inspecciones, limpiezas, reemplazos	Mensual	Protocolos optimizados
P-007	Análisis de fallas	Modos falla, tasas supervivencia	Continuo	Durabilidad y confiabilidad
P-008	Compensación algoritmos	Factores corrección automática	Oct-Nov 2024	Mejora precisión 23%
P-009	Validación cruzada	Comparación con equipos certificados	Quincenal	Curvas calibración específicas
P-010	Condiciones ambientales	Temperatura, humedad, presión exterior	Continuo	Correlación variables externas
P-011	Consumo energético	Potencia, eficiencia, autonomía	Semanal	Viabilidad operativa sistema
P-012	Comunicaciones IoT	Latencia MQTT, pérdida paquetes	Continuo	Disponibilidad 98.7%
P-013	Análisis económico	Costos instalación, ROI, beneficios	Nov-Dic 2024	Justificación inversión
P-014	Encuestas productores	Usabilidad, satisfacción, adopción	Dic 2024	Validación usuario final
P-015	Reportes integrados	Síntesis resultados, recomendaciones	Dic 2024	Documentación completa

Fuente: Sistema de gestión documental del proyecto, 2024

Validación de Algoritmos de Compensación

Los algoritmos de compensación desarrollados que se documentan en el formato P-008 se validaron mediante 1,440 ciclos de prueba y se distribuyeron en diferentes condiciones ambientales. Se implementan correcciones específicas por sensor, debido al análisis de los formatos P-002 a P-004, lo que resultó en mejoras de precisión.

El formato P-009 de validación cruzada estableció un protocolo quincenal de comparación con equipos certificados, permitiendo el ajuste continuo de las curvas de calibración. Este proceso iterativo, documentado en 24 ciclos de validación, confirmó la estabilidad de los algoritmos desarrollados bajo condiciones reales de operación.

Tabla 4. Impacto de algoritmos de compensación basados en formatos POULTRY

Algoritmo	Formato Base	Mejora Precisión	Reducción Error	Validaciones
Compensación térmica DHT22	P-002	15.6%	0.07°C RMSE	48 ciclos
Estabilización MQ-135	P-003	35.2%	4.4 ppm MAE	24 ciclos
Deriva temporal MG-811	P-004	42.4%	36 ppm RMSE	36 ciclos
Corrección cruzada	P-008, P-009	23.0%	Sistema integral	72 ciclos

Fuente: Elaboración propia de formatos de validación experimental POULTRY, 2024

Durabilidad y Análisis de Fallas

Durante seis meses de operación continua con 45 sensores totales:

- DHT22: 0% fallas (15/15 operativos)
- MQ-135: 13.3% fallas (2/15 sensores)
- MG-811: 6.7% fallas (1/15 sensores)

Los principales factores de degradación identificados fueron condensación directa, las concentraciones extremas de NH_3 y las rápidas variaciones térmicas.

CONCLUSIONES

La validación experimental de sensores IoT bajo condiciones reales de granjas avícolas proporcionó información técnica esencial para el diseño de sistemas de monitoreo robustos. Los principales hallazgos incluyen:

El sensor DHT22 demostró excelente confiabilidad para temperatura (deriva $<0.02^\circ\text{C}/\text{mes}$) requiriendo consideraciones especiales para humedad en ambientes con condensación frecuente. El sensor MQ-135 necesita período de acondicionamiento mínimo de 72 horas y compensación activa por temperatura y humedad. El sensor MG-811 requiere ser calibrado cada 60 días para mantener sus especificaciones.

Los algoritmos de compensación desarrollados mejoraron la precisión general del sistema en 23%, validando la importancia de implementar metodologías de corrección automática. Se establecieron protocolos específicos de mantenimiento que optimizan la relación costo-beneficio con ROI estimado de 2.4-3.6 años.

Los resultados proporcionan parámetros técnicos esenciales para investigadores y profesionales que desarrollen sistemas de monitoreo ambiental automatizado para el sector avícola mexicano. Las metodologías de compensación y protocolos de calibración son directamente aplicables para mejorar la confiabilidad de implementaciones futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astill, J., Dara, R. A., Campbell, M., Farber, J. M., Fraser, E. D., Sharif, S., & Yada, R. Y. (2020). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105291>
- Barsagadea, A. G., & Rumaleb, A. S. (2024). Internet of Things Based Intelligent monitoring and Controlling of Poultry System on using Artificial Intelligence. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(10s), 456-467. <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/4394>
- Farmonaut. (2025). Environmental Farming: 2025 Smart Sensor Trends. Precision Farming Solutions. <https://farmonaut.com/precision-farming/environmental-farming-2025-smart-sensor-trends>
- Hulzebosch, J. (2021). Lo que hay que saber del control ambiental en avicultura. Avicultura.com. <https://avicultura.com/lo-que-hay-que-saber-del-control-ambiental-en-avicultura/>

- Khan, M. F., Thorup, V. M., & Luo, Z. (2024). Delineating mastitis cases in dairy cows: development of an IoT-enabled intelligent decision support system for dairy farms. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 20(7), 9508-9517. <https://doi.org/10.1109/TII.2024.3384594>
- Koestoer, R. A., Pancasaputra, N., Roihan, I., & Harinaldi. (2019). A simple calibration methods of relative humidity sensor DHT22 for tropical climates based on Arduino data acquisition system. *AIP Conference Proceedings*, 2062(1), 020009. <https://doi.org/10.1063/1.5086556>
- Kopler, I., Marchaim, U., Tikász, I. E., Opaliński, S., Kokin, E., Mallinger, K., & Phillips, C. J. C. (2023). Farmers' perspectives of the benefits and risks in precision livestock farming in the EU pig and poultry sectors. *Livestock Science*, 178, 104-115. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105115>
- Kumar, K. C., Subedi, K., Sharma, S., & Paneru, P. (2024). IoT based Smart Poultry Management System. *Journal of IoT in Social, Mobile, Analytics, and Cloud*, 6(1), 39-53. <https://doi.org/10.31462/jismac.2024.06.01.039>
- Lashari, M. H., Karim, S., Alhussein, M., Hoshu, A. A., Aurangzeb, K., & Anwar, M. S. (2023). Internet of Things-based sustainable environment management for large indoor facilities. *PeerJ Computer Science*, 9, e1623. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1623>
- MacView Systems. (2024). MacView Ammonia Sensor for Environmental Monitoring in Livestock Farming. *Environmental Monitoring Systems, Technical Datasheet 2024*. <https://www.macview.eu/en/product/macview-ammonia-sensor/>
- National Control Devices. (2025). MQ-135 NH3 Ammonia Benzene Alcohol Gas Sensor Technical Specifications. *NCD Sensor Modules Catalog, Product #SNS-MQ135*. <https://store.ncd.io/product/mq-135-nh3-amonia-benzene-alcohol-gas-sensor/>
- Orakwue, S. I., Al-Khafaji, H. M. R., & Chabuk, M. (2022). IoT based smart monitoring system for efficient poultry farming. *Webology*, 19(1), 4105-4112. <https://doi.org/10.14704/WEB/V19I1/WEB19270>
- Ojo, R. O., Ajayi, A. O., Owolabi, H. A., Oyedele, L. O., & Akanbi, L. A. (2022). Internet of Things and Machine Learning techniques in poultry health and welfare management: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200, 107266. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107266>
- Pyingkodhi, M., Thenmozhi, K., Dhanalakshmi, S., & Bharathi, S. (2022). IoT based environmental monitoring system for poultry farms. *Materials Today: Proceedings*, 62, 4884-4888. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.515>
- Rubio, J. E. H., & Ortiz, V. J. (2022). Implementación de un sistema de monitoreo y control con tecnología IoT para determinar el comportamiento de las variables ambientales en la avicultura. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 10(1), 30-41. <https://doi.org/10.17081/invinno.10.1.4756>
- Senasica. (2023). Riesgos en la avicultura nacional: impactos económicos en los costos de producción avícola por los brotes de H5N1 en México. *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria*. México: SENASICA-SAGARPA.
- Singh, M., Kumar, R., Tandon, D., Sood, P., & Sharma, M. (2020). Artificial Intelligence and IoT based monitoring of poultry health: A review. In *2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite* (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/Comnetsat50391.2020.9328977>
- Tang, Y., Li, H., Wang, J., & Chen, Q. (2025). Smart technologies to improve the management and resilience to climate change of livestock housing: a systematic and critical review. *Italian Journal of Animal Science*, 24(1), 376-392. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2455500>
- Thomas, M., Raj, E. D., & Vimal, S. P. (2020). A smart poultry farm monitoring system using IoT and machine learning. In *2020 International Conference on Emerging Trends in*

Information Technology and Engineering (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/ic-ETITE47903.2020.242>

- Winsen Sensor Technology. (2024). Ammonia-NH3 Sensors Used in Animal Husbandry Farm: Technical Applications and Calibration Guidelines. Gas Sensor Technical Manual, Rev. 2024-B. <https://www.winsen-sensor.com/knowledge/nh3-sensors-used-in-animal-husbandry-farm>

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TEXTURALES DE UN PAN ADICIONADO CON HARINA GERMINADA DE FRIJOL CHAPARRO (*Phaseolus vulgaris*)

CHARACTERIZATION OF THE PHYSICOCHEMICAL AND TEXTURAL PROPERTIES OF BREAD SUPPLEMENTED WITH GERMINATED CHAPARRO BEAN (*Phaseolus vulgaris*) FLOUR



C. Giovanny Flores Romero¹
Dr. Apolonio Vargas Torres²
Dra. Heidi María Palma Rodríguez³
M.C. Alejandra Flores Castro⁴

RESUMEN

Los fabricantes de alimentos buscan sustituir las harinas convencionales por harinas de otros cereales, con alto valor nutritivo para satisfacer la demanda del mercado. Este proyecto tuvo como objetivo principal, caracterizar las propiedades fisicoquímicas y texturales de un pan elaborado con adición de harina germinada de frijol chaparro (*Phaseolus vulgaris*). Los análisis proximales se determinaron a través de los métodos de la AACC International, 2009. Para el análisis de perfil de textura (APT) se usó un texturómetro (Stable Micro Systems, Surrey, UK), se determinó la dureza, resiliencia, cohesividad, elasticidad y masticabilidad. Los resultados mostraron que la harina germinada si tiene un efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y texturales en el pan, sin embargo, la harina sin germinar presentó un contenido porcentual más alto en proteínas, cenizas y lípidos. En cuanto al APT la harina germinada presentó los valores más altos en todas las variables medidas.

ABSTRACT

*Food manufacturers are seeking to replace conventional flours with those from other cereals that offer high nutritional value to meet market demand. The aim was to characterize the physicochemical and textural properties of bread made with the addition of sprouted chaparro bean flour (*Phaseolus vulgaris*). Proximal analyses were determined using methods from AACC International, 2009. For texture profile analysis (TPA), a texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, UK) was used to determine hardness, resilience, cohesiveness, springiness, and chewiness. The results showed that sprouted flour does affect the physicochemical and textural properties of the bread; however, unsprouted flour presented a higher percentage content in proteins, ash, and lipids. Regarding TPA, the sprouted flour showed the highest values in all measured variables.*

Palabras clave: Harina de leguminosas; Efecto de la germinación; Pan funcional; Perfil de textura.

Key Words: Legume flour; Effect of germination; Functional bread; Texture profile.

¹ Giovanny Flores Romero, estudiante de Ing. Bioquímica del TecNM campus Acapulco, residente en ICAP- UAEH L20320416@acapulco.tecnm.mx

² Dr. Apolonio Vargas Torres, profesor-investigador de la UAEH- ICAP apolonio@uaeh.edu.mx

³ Dra. Heidi María Palma Rodríguez, profesora-investigadora de la UAEH- ICAP heidi_palma9528@uaeh.edu.mx

⁴ M.C. Alejandra Flores Castro, docente del TecNM campus Acapulco. Autor para correspondencia alejandra.fc@acapulco.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

El pan ha sido uno de los alimentos más consumidos a lo largo de la historia, este alimento se incluye en la dieta de la mayoría de las culturas del mundo por su fácil preparación y versatilidad. Se obtiene al hornear una masa elaborada con harina de trigo, agua, sal y azúcar, fermentada por levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (Mesas & Alegre, 2002). El ingrediente principal para la elaboración del pan es la harina de trigo, la cual contiene gluten, que le confiere a la masa elasticidad, retención de gases y el mantenimiento de la forma (Montoya-López & Giraldo-Giraldo, 2010).

La matriz de este alimento se define por su composición y por los procesos a los que se somete, la sustitución o adición de cualquiera de sus componentes modifica esta matriz, y el uso de harinas alternativas, como papa, garbanzo, haba, sorgo o yuca, puede originar panes sin gluten o con bajo contenido de gluten (Rodríguez-Chirinos, 2021).

Actualmente, los consumidores buscan productos con un perfil nutricional mejorado, por ello, la industria de la panificación busca satisfacer esta demanda incorporando harinas de distintas fuentes. Una de las alternativas prometedoras es el empleo de harinas germinadas de leguminosas, algunos estudios han reportado que podrían mejorar el perfil nutricional dependiendo del tipo de la fuente, con mejoras significativas en vitaminas, minerales y fitonutrientes (Perveen et al., 2024).

Este proyecto tuvo como objetivo principal, caracterizar las propiedades fisicoquímicas y texturales de un pan elaborado con harina germinada de frijol chaparro (*Phaseolus vulgaris*). Esta variedad, también conocida como frijol de mata, se caracteriza por no producir guías trepadoras, presentar un crecimiento determinado y rendir de 8.9g a 16.7g por planta, 100 semillas de este frijol pesan aproximadamente entre 15.1g y 20.6g (Gil-Muñoz, 2018).

Si bien existen estudios que abarcan el uso de harinas germinadas en la elaboración de distintos productos, no se han encontrado investigaciones con las mismas variables aquí planteadas, por lo que, este proyecto también aporta conocimiento teórico y, desde un punto de vista social, fomenta el desarrollo de nuevos productos utilizando materias primas de la región, generando valor agregado y fortaleciendo la economía de los agricultores. Por esta razón, se utilizó la variedad de frijol chaparro recolectado en el municipio de Xochistlahuaca perteneciente a la región de la Costa Chica del estado de Guerrero.

La obtención de las harinas se llevó a cabo en el laboratorio de investigación y taller de alimentos del TecNM campus Acapulco (enero-febrero del 2025). La elaboración del pan, la determinación de las propiedades fisicoquímicas, así como, el análisis de perfil de textura (APT), se llevaron a cabo en los laboratorios y talleres del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el municipio de Tulancingo, Hidalgo (febrero-julio del 2025).

METODOLOGÍA

Las materias primas utilizadas para este estudio se adquirieron en los siguientes lugares: el frijol chaparro se adquirió en el mercado local de Xochistlahuaca, región de la Costa Chica, Guerrero. Los demás insumos se compraron en una tienda comercial local: harina de trigo (San Blas), levadura seca (Tradi-pan), sal comercial (La Fina) y azúcar refinada (Zulka).

Obtención de la harina

Se siguió la metodología reportada por Mendoza Moreno et al. (2024), con ligeras modificaciones para la desinfección de los granos de frijol. El proceso de germinación se basó en la metodología reportada por Baranzelli et al. (2018), tuvo una duración de 48 horas, compuesta por 2 ciclos donde cada ciclo tuvo 12 horas de fotoperiodo y 12 horas de fase oscura, lo cual simuló las horas de luz y de oscuridad del día, activando así la síntesis de hormonas que ayudan a romper la latencia. La temperatura fue de 28° C y una humedad relativa del 48%. La deshidratación y molienda se realizaron siguiendo la metodología reportada por Mendoza Moreno et al. (2024), así como el cálculo del rendimiento y tasa de germinación.

Proceso de elaboración del pan

El pan se elaboró siguiendo el Método 10-10.03 de AACC International (2009), con adaptaciones mínimas. La masa se amasó manualmente en dos intervalos de 8 min, con un reposo intermedio de 30 min. Posteriormente, se dividió en porciones de 24 g, se dejó reposar 20 min y se horneó durante 24 min a 180 °C en un horno marca LUKIEMR, modelo San Juan.

Las formulaciones y codificaciones de las muestras se presentan en la Tabla 1, donde se incorporó harina de frijol sin germinar (HF) y germinado por 48 horas (HGF)

Tabla 1. Formulaciones y codificaciones de las muestras

CODIFICACIÓN	INGREDIENTES						
	Harina de trigo (g)	Harina germinada de frijol (g)	Harina sin germinar de frijol (g)	Levadura (g)	Azúcar (g)	Sal (g)	Agua (mL)
Control	100	0	0	1.8	3	1.5	67
HF 5%	100	0	5	1.8	3	1.5	70
HGF 5%	100	5	0	1.8	3	1.5	70

Análisis proximales y análisis de perfil de textura

Los análisis proximales se realizaron siguiendo los métodos de la AACC International (2009): humedad (44-01.01), cenizas (08-01.01), proteínas (46-11.02) y lípidos (30-10.01). Los carbohidratos se determinaron por diferencia. Asimismo, se utilizó el método 01-05.01 para determinar el volumen específico. El análisis de perfil de textura del pan (APT) se efectuó conforme a la metodología reportada por Li et al. (2021).

Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico se empleó el software Sigma Plot 12.0. Las variables de los análisis proximales se evaluaron mediante ANOVA de una vía, mientras que los resultados de APT se analizaron con ANOVA de dos vías. En todos los casos, se consideró

un nivel de significancia de $P < 0.05$. Posteriormente, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el proceso de germinación. Durante la primera fase se registró la máxima absorción de agua, con un incremento en el peso de las semillas de 900 g a 1620 g. Este comportamiento coincide con lo reportado por Nonogaki et al. (2010), quienes señalan que en la fase inicial de la germinación las semillas alcanzan el mayor nivel de imbibición. La tasa de germinación obtenida fue de 94% y el rendimiento de 86.66%, valores comparables con los reportados por Kaur y Gill (2021), quienes observaron una tasa de germinación de $90\% \pm 4$ en granos de trigo, cebada, sorgo y mijo.



Figura 1. Proceso de germinación observado en diferentes tiempos.

Análisis proximales

En la Tabla 2 se presentan los resultados de dos formulaciones de panes adicionados al 5 % de HGF y HF, además del control. Se observó una disminución en el contenido porcentual de lípidos en comparación con el control, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) por efecto de la adición. La formulación HGF 5% presentó el valor más bajo, por lo tanto, se sugiere que la harina de frijol tiene un menor contenido lipídico, como lo reporta Fernández-Valenciano et al. (2017), quienes caracterizaron distintas variedades de frijol. Asimismo, Xu et al. (2020) señalaron que durante la germinación se incrementa la actividad lipolítica, generando ácidos grasos libres que posteriormente se transforman en azúcares (Benincasa et al., 2019).

Por otro lado, se observó un ligero aumento del contenido porcentual de cenizas en comparación con el control, sin embargo, solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en los panes adicionados con HF frente al Control y HGF, siendo los panes elaborados con HF los que presentaron los valores más altos. Se ha demostrado que distintas variedades de frijol presentan un contenido mayor de cenizas en comparación con la harina de trigo, (Fernández-Valenciano et al., 2017; Bilge et al., 2016).

El contenido de humedad presentó diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en los panes adicionado con HF en comparación con el control y los panes con HGF, siendo mayor en los primeros. Este comportamiento indica que la germinación disminuye el contenido de fibra soluble, responsable de la retención de agua (Quintana-Peceros, 2020).

En cuanto al contenido porcentual de proteínas, se observó un aumento respecto al control; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) por efecto del tipo de harina adicionada. Lo cual indica que niveles bajos de adición no modifican significativamente esta variable, aunque, el frijol presente un contenido proteico superior, como lo reportaron Vargas A. et al. (2006). Además, durante la germinación las proteínas son hidrolizadas por las proteasas dando lugar a aminoácidos libres, liberando amoníaco o ion amonio, lo que da lugar a esqueletos carbonados disponibles para la oxidación respiratoria (Bagarinao et al., 2024).

En cuanto a los carbohidratos, se observó una disminución en comparación con el control, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) únicamente en los panes adicionados con HF frente a los demás tratamientos. Este comportamiento podría estar relacionado con la disminución simultanea de otros componentes, como lo reporta Baltazar-Reyes (2024). Durante la germinación los carbohidratos son catalizados y transformados en azúcares simples, reductores y no reductores, aunque en menor proporción (Benincasa et al., 2019).

Tabla 2. Resultados de los análisis proximales de las formulaciones

Muestra	Lípidos	Cenizas	Humedad	Proteínas	Carbohidratos
Control	0.805 ± 0.04^a	1.708 ± 0.02^a	22.435 ± 0.16^a	8.661 ± 0.07^a	66.390 ± 0.17^b
HF 5%	0.734 ± 0.05^a	1.969 ± 0.05^b	30.671 ± 0.46^b	8.918 ± 0.50^a	57.707 ± 1.11^a
HGF 5%	0.719 ± 0.01^a	1.7184 ± 0.04^a	22.4930 ± 0.28^a	8.766 ± 0.16^a	66.303 ± 0.37^b

Los valores representan el promedio $\pm$ desviación estándar ($n = 3$). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

Volumen específico

La medición de esta variable es fundamental en la determinación de la calidad del producto, ya que se considera como un indicador de consistencia y permite identificar si la matriz interna presenta una estructura aireada o apelmazada, lo cual está directamente relacionada con la esponjosidad y suavidad del producto. En la Figura 2, se muestran gráficamente los valores obtenidos. Los panes adicionados con HF, presentando un valor de $2.24 \text{ cm}^3/\text{g}$ en comparación con el control que presentó un volumen de $2.34 \text{ cm}^3/\text{g}$. En contraste, los panes adicionados con HGF presentaron un aumento, alcanzando un valor de $2.72 \text{ cm}^3/\text{g}$. Solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) al comparar los panes adicionados con HF y HGF. La reducción del volumen en los panes adicionados con HF se atribuye principalmente al mayor contenido de fibra, que compite con el gluten por la absorción de agua, limitando la expansión de la masa. Por otro lado, en la germinación las enzimas convierten al almidón en azúcares más simples, que se encuentran disponibles para la fermentación, lo que favorece un mayor volumen. (Atudorei et al., 2022; Baranzelli et al., 2018; Verheyen et al., 2014).

La estructura interna de los panes se presenta en la Figura 3, se observó un alveolo más pequeño cuando se adicionó HGF, además, de un alveolo con mayor densidad y una matriz

uniforme con una correcta distribución de alveolos. Por otro lado, al adicionar HF se observó un alveolo de mayor tamaño, pero con una distribución irregular y de menor densidad.

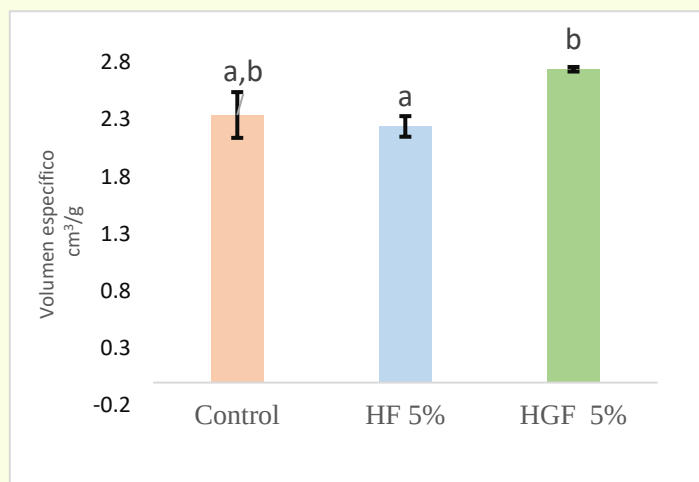


Figura 2. Volumen específico de los panes (promedio de 3 repeticiones $\pm$ desviación estándar)

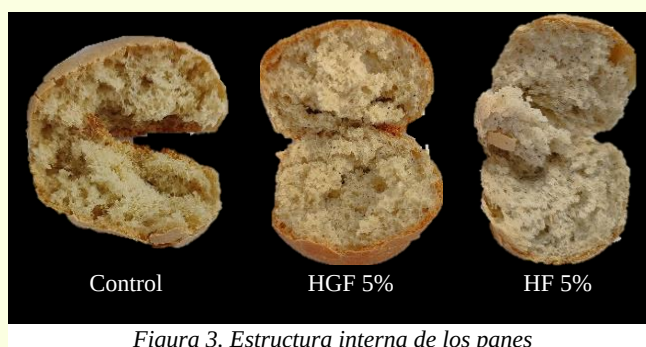


Figura 3. Estructura interna de los panes

Análisis de perfil de textura

Los resultados de los parámetros texturales se presentan en la Tabla 3. Se observó un incremento en la dureza cuando se adicionó HGF, alcanzando un valor de 37.97 N, mientras que el pan control y los panes adicionados con HF presentaron valores de 28.73 y 26.00 N, respectivamente. Solo se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en los panes con HGF. Este comportamiento coincide con lo reportado por Atudorei et al. (2021), quienes reportaron que el uso de harina germinada de frijol incrementa la dureza del pan. Dicho efecto puede deberse a la capacidad de la matriz interna para retener humedad y a las características propias de sus componentes.

Tabla 3. Análisis de perfil de textura de panes elaborados con harina sin germinar y harina germinada de frijol

Muestra	Dureza (N)	Resiliencia	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad
Control	28.73 $\pm$ 3.88 ^a	0.22 $\pm$ 0.02 ^a	0.56 $\pm$ 0.06 ^b	0.89 $\pm$ 0.01 ^a	14.45 $\pm$ 3.2 ^b
HF 5%	26.00 $\pm$ 3.61 ^a	0.17 $\pm$ 0.05 ^a	0.44 $\pm$ 0.09 ^a	0.86 $\pm$ 0.03 ^a	9.77 $\pm$ 2.18 ^a
HGF 5%	37.97 $\pm$ 4.31 ^b	0.27 $\pm$ 0.02 ^b	0.53 $\pm$ 0.05 ^{b,a}	0.93 $\pm$ 0.04 ^b	19.03 $\pm$ 3.78 ^c

Los valores representan el promedio $\pm$ desviación estándar ($n = 10$). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

En cuanto a la resiliencia, los panes con HGF presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) por efecto de la adición en comparación con el control y los panes HF, que mostraron valores similares. Esto sugiere que la germinación provoca cambios estructurales en los componentes de la harina que le permiten formar una matriz con mejor resiliencia (Baranzelli et al., 2018; Cornejo & Rosell, 2015).

En relación a la cohesividad, esta disminuyó al adicionar harina de frijol en las dos variedades; no obstante, únicamente la adición de HF presentó diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) respecto al control, mientras que los valores obtenidos con HGF fueron similares al pan control, indicando que la matriz formada en el pan mantiene alrededor del 50% de capacidad para no desmoronarse. Este comportamiento coincide con lo descrito por Cacak-Pietrzak et al. (2024), quienes reportaron una disminución inversamente proporcional de la cohesividad al incrementar la sustitución con harinas de leguminosas.

La elasticidad estuvo en función del tipo de harina adicionada, dado que únicamente los panes elaborados con HGF mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$), de manera general, los panes presentaron una elasticidad elevada (0.86-0.93), cercana a la recuperación final de la forma (1), lo cual concuerda con Atudorei et al. (2022) quienes demostraron que la adición de harinas germinadas de leguminosas en bajas concentraciones favorece esta propiedad.

Finalmente, la masticabilidad presentó diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) por efecto del tipo de harina adicionada, el valor más bajo se observó en el pan HF (9.77), el control mostró un valor intermedio (14.45) y el mayor correspondió al pan HGF (19.03), indicando que este pan requiere un mayor esfuerzo para ser deformado antes de la deglución. Estos resultados son similares a los reportados por Miranda et al. (2025), quienes encontraron que la adición de harina germinada de garbanzo aumentaba la masticabilidad de los panes, mientras que la harina sin germinar la reducía en comparación con el control.

CONCLUSIONES

Se caracterizó un pan elaborado con harina germinada de frijol chaparro, evaluando sus propiedades fisicoquímicas y texturales.

Se encontró que la harina germinada tiene un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas del pan, sin embargo, haciendo una comparativa con la harina sin germinar, esta última presentó mayores contenidos porcentuales de lípidos, cenizas, humedad y proteína.

En cuanto a las propiedades texturales (TPA), la harina germinada mejoró la dureza, elasticidad, resiliencia y cohesividad de la matriz del pan, mientras que la harina sin germinar mostró valores inferiores en estas variables. Asimismo, la adición de harina germinada incrementó el volumen específico del pan, favoreciendo una matriz más estructurada y consistente.

Se recomienda que, para productos donde se priorice un mayor contenido proteico, de lípidos y humedad, se utilice la harina sin germinar. En cambio, para obtener panes con propiedades texturales superiores a las de un pan convencional, se sugiere emplear harina germinada. Para fines específicos de desarrollo de productos, se recomienda explorar formulaciones que

combinen ambas harinas en proporciones iguales, con el objetivo de lograr un equilibrio entre las características nutricionales y tecnológicas del pan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC International, 2009. Method 44-01.01; 26-10.02; 46-11.02; 30-10.01; 32-45.01; 08-01.01; 54-10.01; 10-10.03; 10-05.01. In: Aproved Methods of the American Association of Cereal Chemists, Eleventh. AACC International Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Atudorei, D., Atudorei, O., & Codină, G. G. (2021). Propiedades reológicas de la masa, microestructura y calidad del pan de harina compuesta de trigo y frijol germinado. *Foods*, 10(7), Artículo 7. <https://doi.org/10.3390/foods10071542>
- Atudorei, D., Atudorei, O., & Codină, G. G. (2022). Impacto de la adición de harina de garbanzo germinado en la reología de la masa y calidad del pan. *Plants*, 11(9), Artículo 9. <https://doi.org/10.3390/plants11091225>
- Bagarinao, N. C., King, J., Leong, S. Y., Agyei, D., Sutton, K., & Oey, I. (2024). Efecto de la germinación sobre la calidad de proteínas de semillas y metabolitos secundarios y su posible modulación mediante tratamiento de campo eléctrico pulsado. *Foods*, 13(11), Artículo 11. <https://doi.org/10.3390/foods13111598>
- Baltazar Reyes, A. M. (2024). Evaluación fisicoquímica y antioxidante de un producto de panificación adicionado con harina de germinados de cebada [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Nayarit]. <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/4932>
- Baranzelli, J., Kringel, D. H., Colussi, R., Paiva, F. F., Aranha, B. C., Miranda, M. Z. de, Zavareze, E. da R., & Dias, A. R. G. (2018). Cambios en la actividad enzimática, calidad tecnológica y contenido de ácido gamma-aminobutírico (GABA) de la harina de trigo afectados por la germinación. *LWT*, 90, 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.070>
- Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F., & Galieni, A. (2019). Granos germinados: una revisión integral. *Nutrients*, 11(2), 421. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
- Bilge, G., Sezer, B., Eseller, K. E., Berberoglu, H., Koksel, H., & Boyaci, I. H. (2016). Análisis de cenizas de muestras de harina mediante espectroscopía de descomposición inducida por láser. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 124, 74–78. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2016.08.023>
- Cornejo, F., & Rosell, C. M. (2015). Propiedades fisicoquímicas de variedades de arroz de grano largo en relación con la calidad del pan sin gluten. *LWT - Food Science and Technology*, 62(2), 1203–1210. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.050>
- Fernández Valenciano, A. F., & Sánchez Chávez, E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova Scientia*, 9(18), 133–148. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.763>
- Gil-Muñoz, A. (2018). El frijol “chaparro” (*Phaseolus vulgaris*) entre los na savi de copanatoyac, guerrero, México: aportes a su conocimiento. *Agro Productividad*, 11(1). <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1258>
- Kaur, H., & Gill, B. S. (2020c). Cambios en las características fisicoquímicas, nutricionales e interacciones moleculares ATR–FTIR de los granos de cereales durante la germinación. *Journal Of Food Science And Technology*, 58(6), 2313–2324. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04742-6>
- Li, X., Guo, Y., Chen, L., Liu, K., & Gong, K. (2021). Características de textura y bio-funcionales de un pan al vapor chino elaborado con polvo de raíz de loto en reemplazo parcial de harina de trigo. *Scientific Reports*, 11(1), 16338. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95926-3>

- Mendoza Moreno, E de J., Palma-Rodríguez, H. M., Hernández-Urbe, J. P., Soto-Simental, S., De J. Berrios, J., & Vargas-Torres, A. (2024). Efecto del tiempo de germinación del grano de trigo sobre las propiedades fisicoquímicas y de textura, digestión del almidón y tasa de hidrólisis de proteínas en la panificación. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.104091>
- Mesas, J. M., & Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *CYTA-Journal of Food*, 3(5), 307–313. <http://dx.doi.org/10.1080/11358120209487744>
- Miranda, M. S. N., Ahumada, G. A. L., Rodríguez, J. E. G., & Villalva, M. F. A. (2025). Harina integral de trigo (*Triticum aestivum* L.) adicionada con harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) germinado por hidroponía: análisis reológico, de textura y sensorial en un producto de panificación. *BIOTecnia*, 27, e2484. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2484>
- Montoya-López, J., & Giraldo-Giraldo, G. A. (2010). Caracterización físico-química de harina de trigo, masa y pan. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 20(1), 29–35. <https://doi.org/10.33975/riuq.vol20n1.703>
- Nonogaki, H., Bassel, G. W., & Bewley, J. D. (2010). Germinación: aún un misterio. *Plant Science*, 179(6), 574–581. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010>
- Perveen, S., Akhtar, S., Ismail, T., Qamar, M., Sattar, D., Saeed, W., Younis, M., & Esatbeyoglu, T. (2024). Comparación de las características nutricionales, antioxidantes, fisicoquímicas y reológicas de la harina de trigo integral y germinada. *LWT*, 209, 116679. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116679>
- Quintana Peceros, J. (2020). Elaboración y caracterización fisicoquímica de pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) germinadas. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional José María Argüedas. <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/630>
- Rodríguez Chirinos, R. E. (2021). Evaluación del grado de sustitución de la harina de trigo (*Triticum durum* L.) por harina de loche (*Cucurbita moschata* Duch.) en la elaboración de pan de molde. Tesis de licenciatura, Universidad Señor Sipán. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8220>
- Uppal, V., & Bains, K. (2012). Efecto de los períodos de germinación y tratamientos hidrotermales en la digestibilidad in vitro de proteínas y almidón de legumbres germinadas. *Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 184–191. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0273-8>
- Vargas-Torres, A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Morales-Franco, L., & Bello-Pérez, L. A. (2006). Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia*, 31(12), 881–884.
- Verheyen, C., Jekle, M., & Becker, T. (2014). Efectos de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la cinética estructural de la masa de trigo durante la fermentación. *LWT - Food Science and Technology*, 58(1), 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.050>
- Xu, M., Jin, Z., Gu, Z., Rao, J., & Chen, B. (2020). Cambios en las características de olor de aislados de proteínas de legumbres germinadas de garbanzo, lenteja y arveja amarilla: Papel de la lipoxigenasa y los radicales libres. *Food Chemistry*, 314, 126184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126184>

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL APRENDIZAJE APLICADA A LA PRÁCTICA: CONVERSIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS A SEÑALES DIGITALES

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR LEARNING APPLIED TO PRACTICE: CONVERSION OF ANALOG SIGNALS TO DIGITAL SIGNALS



Mtra. Ariopajita Rojo Lopez¹

Mtra. Rocío Guadalupe Zozaya Salas²

Lic. Guadalupe Flores Díaz³

María Fernanda Barrera Pérez⁴

RESUMEN

El aprendizaje basado en la práctica fortalece las capacidades de los estudiantes mediante ejercicios y proyectos que trascienden lo teórico. Las competencias, entendidas como capacidades complejas y multidimensionales, integran conocimientos, destrezas, valores, actitudes y habilidades cognitivas, psicológicas, sensoriales y motoras, (López, A. y Farfán 2025). Para la adquisición de conocimientos prácticos se aplicó la “Metodología para el desarrollo de la práctica”, estructurada en cinco fases: análisis de la situación, definición del objetivo, armado del circuito, obtención de resultados y elaboración del reporte. La validación de este proceso se realizó mediante evaluaciones inicial y final, evidenciando un incremento significativo en las ponderaciones de los estudiantes tras la práctica. Esta metodología se implementó en la asignatura *Fundamentos de Telecomunicaciones*, base del área de Redes de Computadoras, considerada pilar en la formación de la Ingeniería en Sistemas Computacionales, impartida en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de San Juan del Río.

ABSTRACT

*Practice-based learning seeks to foster students' capabilities through exercises and projects that must be developed not only in theoretical aspects. Competencies are complex and multidimensional capacities that people have and demonstrate when performing actions. They can be defined as knowledge, skills, values, attitudes, personal characteristics and abilities ("cognitive, psychological, sensory and motor") (López, A. y Farfán 2025). To acquire practical knowledge, the "Methodology for the development of the practice" was used, which consists of 5 phases: analysis of the situation, definition of the objective, assembly of the circuit, results and writing of the report. The demonstration of results was carried out through an evaluation prior to the development of the practice and another at its conclusion, where it is observed that the weights obtained from the students are higher than those reflected at the beginning of the practice. The "Methodology for Practice Development" was applied to the *Telecommunications Fundamentals* course, which is the foundation for initiating the Computer Networks area of knowledge, one of the pillars of Computer Systems Engineering, one of the programs offered by Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de San Juan del Río.*

Palabras clave: Modulación, Demodulación, Señales, Análogos, digitales, Aprendizaje, Práctica.

Key Words: Modulation, Demodulation, Signals, Analog, Digital, Learning, Practice.

¹ Mtra. Ariopajita Rojo López es docente del TECNM campus ITSJR. ariopajita.rl@sjuanrio.tecnm.mx

² Mtra. Rocío Guadalupe Zozaya Salas es docente del TECNM campus ITSJR. rocio.zs@sjuanrio.tecnm.mx

³ Lic. Guadalupe Flores Diaz es docente del TECNM campus ITSJR. guadalupe.fd@sjuanrio.tecnm.mx

⁴ María Fernanda Barrera Pérez es alumna del TECNM campus ITSJR. 122590318@sjuanrio.tecnm.mx

Autor de correspondencia: Mtra. En Gestión de Tecnologías de la Información Docente del TECNM campus ITSJR.
rocio.zs@sjuanrio.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

Se entiende por material didáctico digital (MDD), a un medio producido, distribuido y aplicado con el apoyo de tecnologías de información y comunicación. El MDD debe ser utilizado por el profesor y/o sus alumnos con la finalidad de propiciar aprendizajes significativos. Se refiere a un recurso en las categorías de presentación, interactivo o de aplicación; diseñado, producido, distribuido y aplicado con el apoyo de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), que el docente y/o sus alumnos utilizan, con la finalidad de propiciar el aprendizaje de hechos, conceptos, teorías, procesos, procedimientos, principios o valores, considerando las competencias de un determinado programa educativo (PE), (López, A. y Farfán 2025). Según Enríquez (2021), el aprendizaje activo potencia la participación estudiantil, mientras que el enfoque por competencias fomenta un aprendizaje integral (López & Farfán, 2024).

Las categorías mencionadas en el párrafo se definen como:

1. **Materiales de presentación:** Los recursos didácticos de apoyo constituyen herramientas pedagógicas utilizadas para la presentación, ejemplificación, elucidación e ilustración de contenidos académicos. Su implementación se realiza mediante plataformas tecnológicas especializadas, tales como software de presentación (Microsoft PowerPoint), plataformas web interactivas, aplicaciones multimedia (Adobe Flash), sistemas de secuenciación de contenido visual estático y formatos de producción audiovisual integrada.
2. **Materiales interactivos:** Apoyan el aprendizaje propiciando interacciones a través de medios digitales, por ejemplo: responder en grupo a preguntas en pantalla utilizando un “clicker”, aplicaciones inteligentes que despliegan o integran información a partir de las decisiones de los usuarios, evaluaciones individuales o de grupo, bases de datos con sistema de consultas, materiales que apoyan el aprendizaje mediante la interacción entre estudiantes, entre otros.
3. **Materiales de aplicación:** Destinados a adquirir y fortalecer el aprendizaje a través de la práctica o experimentación de conceptos, teorías, procesos, procedimientos o principios, siguiendo para ello una secuencia predeterminada de etapas o pasos como, por ejemplo: experimentos apoyados o totalmente realizados en formatos digitales, aparatos digitales, simuladores, prácticas escolares, etc.

Es por ello, que en la materia de Fundamentos de Telecomunicaciones de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de San Juan del Río, para el desarrollo del aprendizaje en el tema de señales analógicas y señales digitales, se prepara una práctica utilizando algunos materiales electrónicos y software de programación que en el siguiente apartado se detallan, es importante mencionar que dicha materia consta de 4 horas a la semana distribuidas en 2 horas teóricas y 2 horas prácticas, por lo que se considera importante desarrollar las habilidades de los estudiantes mediante prácticas diseñadas por los profesores para que los alumnos las repliquen teniendo como beneficios la adquisición de habilidades sobre el tema de estudio. Estas prácticas se relacionan con metodologías activas

que han demostrado efectividad en contextos educativos (Santander-Salmon, 2024; Vázquez Seisdedos, et al., 2025).

METODOLOGÍA

Procedimiento

Etapa 1. Actividad de Enseñanza

Para dar inicio a la metodología enseñanza-aprendizaje, se realiza una exposición de los contenidos teóricos donde se detallan las técnicas de modulación y demodulación, de igual forma se muestran imágenes y características de los dispositivos utilizados en la comunicación de datos. Seguido de dicha exposición se dieron las indicaciones para realizar una actividad teórica donde el estudiante define, clasifica y caracteriza los contenidos explicados por el profesor para la asimilación de estos conocimientos mediante la elaboración de un producto de aprendizaje como tablas, mapas mentales, listas, entre otros.

Posteriormente se realiza una evaluación a 25 estudiantes de la materia Fundamentos de telecomunicaciones, la cual contiene 10 reactivos con diferentes tipos de preguntas (falso/verdadero, opción múltiple, cerradas, entre otras), en la figura 1 se muestran los resultados obtenidos en esta actividad.

En la Figura 1 se evidencia la distribución de calificaciones obtenidas por la muestra de estudiantes, donde se registra que 2 sujetos alcanzaron puntuaciones comprendidas en el intervalo de 9.0 a 9.5, constituyendo los valores máximos del rango evaluativo. Asimismo, se identifica a 2 estudiantes con calificación situada entre 3.0 y 3.5, correspondiente al valor mínimo registrado en la distribución. El análisis estadístico revela que la concentración modal de las puntuaciones se ubica en el intervalo de 4.0 a 6.5, representando la tendencia central predominante en el rendimiento académico de la población estudiada. Con la realización de la práctica se espera lograr el desarrollo de habilidades en el uso y aplicación de las señales analógicas y digitales, coadyuvando así al proceso enseñanza aprendizaje.

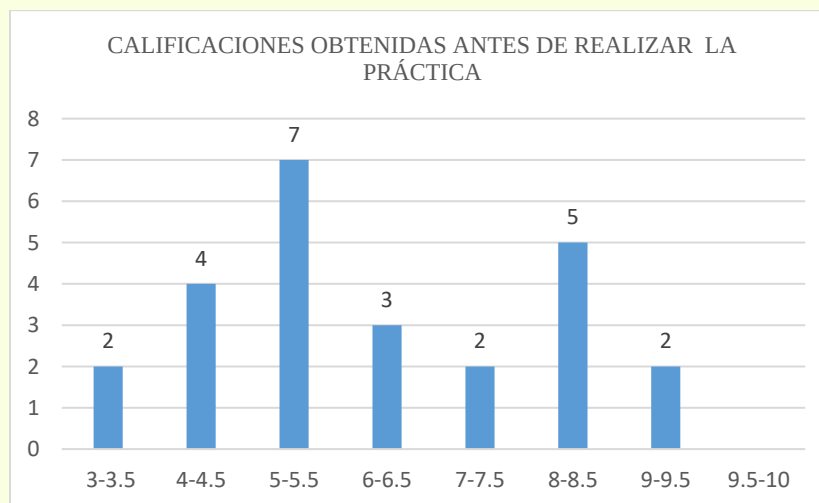


Figura 1. Resultados de la evaluación.

Etapa 2. Enseñanza práctica por el profesor

Al estudiante se le proporciona un documento que contiene lo que a continuación se detalla, para que siga paso a paso lo indicado en el formato de la práctica, el número de práctica que realizará, el objetivo, los materiales y la metodología a utilizar.

Objetivo de la Práctica. Elaborar un conversor analógico a digital utilizando una placa Arduino, un potenciómetro y un led, demostrando mediante la pantalla del monitor serie, las lecturas de 10 bits con valores de 0 a 123 y 8 bits con valores de 0 a 255, correspondiente a los dos tipos de señales. El uso de Arduino como recurso didáctico ha sido documentado previamente en estudios similares que promueven el aprendizaje mediante la experimentación (Fernández & Ruiz, 2021; Ortega, 2022).

Materiales para la realización de la práctica

Para la realización de la práctica de conversión de una señal analógica a una señal digital, se utilizaron los siguientes materiales:

- 1 Placa Arduino 1, 1 Cable USB con conectores tipo ab, 1 Protoboard, 1 Potenciómetro lineal de 10 kilo ohmios, 1 Resistencia de 10 kilo ohms, 7 Cables para realizar la conexión del circuito, 1 Resistencia de 220 ohms, 1 Diodo emisor de luz o led, 1 Foto Resistencia, 1 Laptop.

Etapa 3. Ejecución de la práctica por el estudiante

Para el desarrollo de la práctica, los estudiantes aplicaron la metodología presentada en la figura 2, compuesta por fases secuenciales y estructuradas. El proceso inició con el análisis de la situación planteada, seguido de la definición de objetivos específicos. Posteriormente, se realizó el diseño y armado del circuito utilizando materiales electrónicos y herramientas de software de simulación. Una vez construido, se efectuaron pruebas de verificación para comprobar la funcionalidad y realizar los ajustes necesarios. Finalmente, los estudiantes elaboraron un informe técnico que documentó procedimientos, resultados y conclusiones.

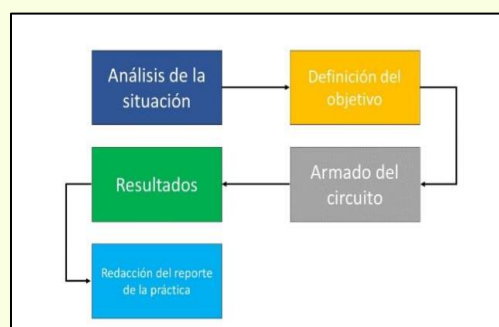


Figura 2. Metodología para el desarrollo de la práctica.

Con la utilización de la metodología propuesta (ver figura 2), la realización de la práctica beneficia el proceso de aprendizaje de los estudiantes. A continuación, se detalla lo que el estudiante realiza en cada una de las etapas de la metodología para el desarrollo de la práctica.

Fase 1. Análisis de la situación

En la fase de análisis, el estudiante configura un circuito destinado a la conversión de una señal analógica de 10 bits (0–1023) en una señal digital de 8 bits (0–255). La visualización de esta conversión se realiza mediante un LED, que refleja los valores obtenidos en el proceso.

Fase 2. Definición del objetivo

En la fase de definición del objetivo, el estudiante debe elaborar un conversor analógico–digital utilizando una placa Arduino, un potenciómetro y un LED. La verificación del funcionamiento se realiza mediante el monitor serie, mostrando lecturas de 10 bits (0–1023) y su conversión a 8 bits (0–255). El empleo de Arduino como recurso didáctico ha sido ampliamente documentado en investigaciones previas, destacando su efectividad para el aprendizaje basado en la experimentación (Fernández & Ruiz, 2021; Ortega, 2022).

Fase 3. Armado del circuito

En esta fase se realizaron los siguientes pasos para el armado del circuito.

Paso 1: conexión del potenciómetro

En este paso se colocó el potenciómetro en la protoboard y se conectaron los pines a los respectivos puertos de la placa Arduino mediante cables jumper. La tierra del potenciómetro se conectó a un puerto GND de la placa, el pin de corriente al puerto de 5V y el pin del centro del potenciómetro a un puerto que recibe señal analógica, como se observa en la figura 3.

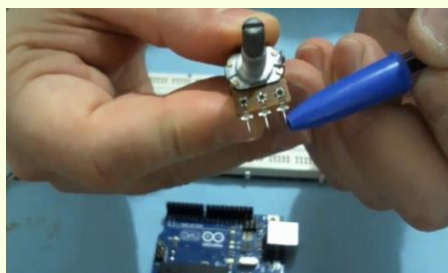
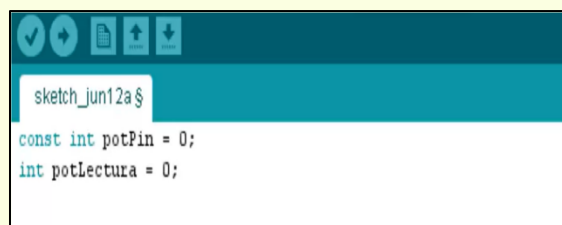


Figura 3. Potenciómetro con 3 terminales.

Paso 2: inicialización de variables

Se escribió el script para detectar el comportamiento que consiste en leer los valores del voltaje que se obtienen al girar el dial del potenciómetro y enviarlos a la computadora, a través del puerto serie para visualizarlo en el entorno serie de desarrollo integrado. También se definieron las variables para las constantes de tipo entero, que harán referencia al pin de entrada analógica cero de la placa Arduino. En este paso se inicializó una variable de tipo entero para guardar la lectura del potenciómetro, que serán valores entre 0 y 1023. La figura 4 muestra la inicialización de las variables utilizadas.



```

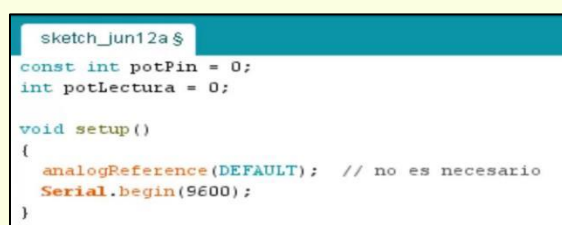
sketch_jun12a$
const int potPin = 0;
int potLectura = 0;

```

Figura 4. Variables inicializadas.

Paso 3: función analog reference

Se inicializó la función *void setup* para la conversión de analógico a digital. Para establecer la comunicación de la placa arduino a la computadora, se utilizó la función *begin* y la declaración de la tasa de bits en baudios con un valor de 9600, como se observa en la figura 5.



```

sketch_jun12a$
const int potPin = 0;
int potLectura = 0;

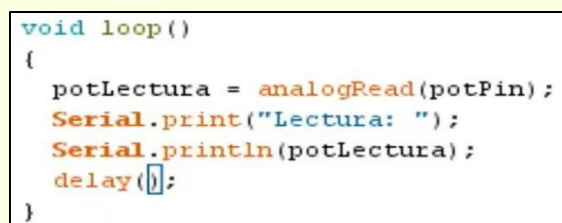
void setup()
{
  analogReference(DEFAULT); // no es necesario
  Serial.begin(9600);
}

```

Figura 5. Función *analogReference* y bits en baudios.

Paso 4: creación de la función loop

En el bloque de la función *loop*, en primer lugar, se asignó que *lea* la variable que fue definida en el paso 1, después se mostraron los resultados con la función *print* para el entorno del monitor serie con una pausa de 500 milisegundos, como se puede observar en la figura 6.



```

void loop()
{
  potLectura = analogRead(potPin);
  Serial.print("Lectura: ");
  Serial.println(potLectura);
  delay(500);
}

```

Figura 6. Función *loop*.

Paso 5: conexión de la placa arduino a la computadora.

Una vez conectada la placa de Arduino a la computadora mediante su aplicación, se instaló el *script*, mostrando en el monitor serie de desarrollo integrado los resultados que se observan en la figura 7.

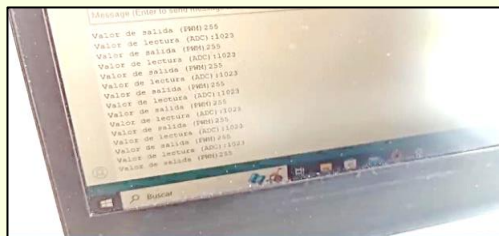


Figura 7. Monitor serie de Arduino.

Fase 4. Resultados

Para que la práctica fuera más significativa, se agregó un led al circuito el cual, al ser manipulado manualmente por medio de un potenciómetro, se iluminó de menor a mayor intensidad de acuerdo a los resultados mostrados en el monitor serie de la aplicación de Arduino, como se observa en las figuras 8 y 9.

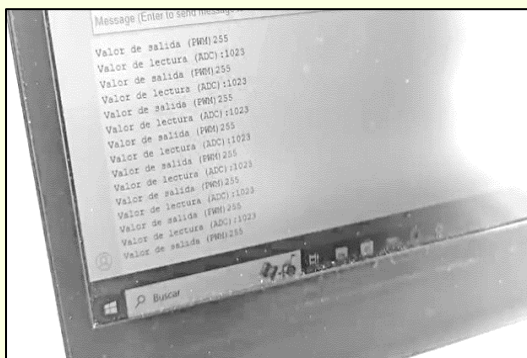


Figura 8. Resultado en el monitor serie de arduino.

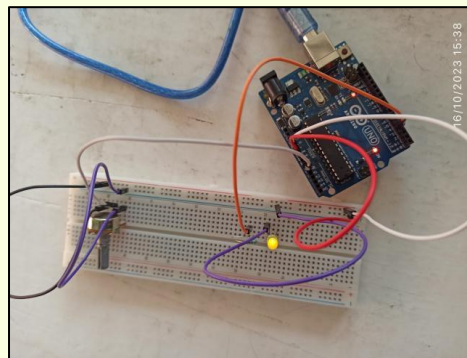


Figura 9. Led encendido modulando el potenciómetro.

Fase 5. Elaboración de Reporte final

Una vez concluida la práctica, el estudiante elaboró un reporte en donde describe a detalle lo realizado en cada una de las fases de la metodología propuesta.

RESULTADOS

Una vez aplicada y concluida la metodología para el desarrollo de la práctica propuesta, se procedió a evaluar los conocimientos adquiridos. Asimismo, proyectos basados en innovación tecnológica y diseño de prácticas han mostrado resultados positivos en el ámbito de telecomunicaciones y redes (Guzmán, et al., 2023; Flores Asenjo, 2021).

Para mostrar la valoración del aprendizaje adquirido después de la práctica, se realizó nuevamente la evaluación obteniendo las ponderaciones mostradas en la figura 10, en la que se observa que el 16% de la muestra están en el rango de 9.50 y 10 de calificación, el 20% de estudiantes obtuvieron puntuaciones entre 9 y 9.5; en el rango de 8 y 8.5 se tienen 24% estudiantes y en el extremo inferior aún se tienen el 8% de estudiantes, lo que refiere que se debe establecer alguna estrategia más para lograr el aprendizaje esperado en estos alumnos. Es importante destacar el aprendizaje alcanzado en el 60% de estudiantes que obtuvieron

calificaciones superiores a 8, comparado con el resultado antes de la práctica, en donde solo el 28% de los estudiantes alcanzaron este rango superior a 8 de calificación.

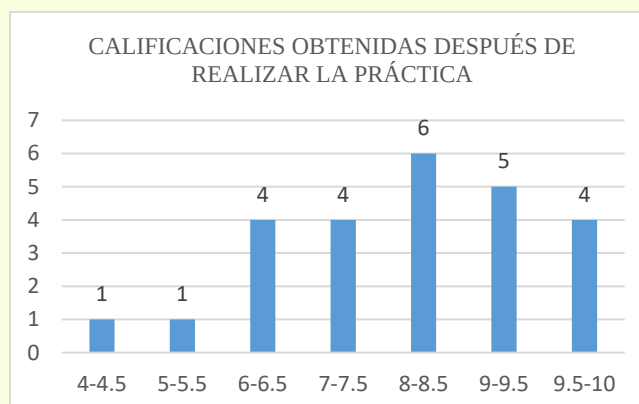


Figura 10. Resultados obtenidos después de realizar la práctica.

De un total de 25 estudiantes registrados en la clase de Fundamentos de Telecomunicaciones, el 28% adquieren la competencia del tema, obteniendo una calificación superior a 8, esto es sin haber realizado su práctica. El 60% de los estudiantes obtienen una calificación superior a 8 en su evaluación después de haber realizado la práctica. Por lo anterior se confirma que, el proceso enseñanza-aprendizaje, se fortalece utilizando prácticas o experimentación de conceptos, siguiendo una secuencia lógica.

CONCLUSIONES

La creciente demanda de profesionales en Ingeniería en Sistemas Computacionales con competencias en redes de cómputo exige que la formación universitaria se oriente hacia la integración de prácticas experimentales que vinculen teoría y aplicación. En este estudio se implementó la “Metodología para el desarrollo de la práctica”, enfocada en la conversión de señales analógicas a digitales mediante programación y componentes electrónicos, lo que permitió a los estudiantes un acercamiento real al objeto de estudio y el fortalecimiento de competencias específicas. En concordancia con lo planteado por Fernández y Ruiz (2021) y Ortega (2022), el uso de la placa Arduino constituye un recurso didáctico innovador que potencia el aprendizaje activo y basado en la experimentación. Asimismo, la aplicación de metodologías activas y prácticas innovadoras refuerza el desarrollo de competencias profesionales y el aprendizaje significativo, como señalan Santander-Salmon (2024), Enríquez (2021) y Vázquez Seisdedos et al. (2025). Finalmente, se destaca que esta metodología también promueve competencias genéricas como trabajo en equipo, liderazgo, creatividad e innovación, lo que contribuye al logro de los atributos de egreso y a una formación integral que favorezca la inserción laboral en entornos globalizados (López & Farfán, 2024; Guzmán et al., 2023).

Limitaciones

Entre las principales limitantes de esta investigación se encuentra el tamaño reducido de la muestra, ya que solo participaron 25 estudiantes, lo que restringe la posibilidad de generalizar

los resultados a contextos más amplios. Asimismo, la metodología fue aplicada únicamente en la asignatura de *Fundamentos de Telecomunicaciones*, lo que limita la evidencia sobre su efectividad en otras materias del plan de estudios. Finalmente, es importante señalar que factores externos como la motivación individual, la disponibilidad de recursos en el laboratorio o el nivel de conocimientos previos de los estudiantes pudieron influir en los resultados obtenidos, constituyendo variables no controladas dentro del estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Enríquez, R. (2021). La efectividad del aprendizaje activo en la práctica docente. *EduSol*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-80912021000100102
- Fernández, C. G., & Ruiz, I. H. (2021). *Experiencia de los estudiantes participantes en los talleres de programación de circuitos electrónicos del Proyecto Creando Capacidades de Programación en Jóvenes y Docentes utilizando la placa Arduino en el simulador Tinkercad durante los años 2020 y 2021*. [Manuscrito inédito].
- Flores Asenjo, S. J. (2021). *Diseño de receptores para modulación digital ASK (Amplitude-Shift Keying)*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/167656>
- Guzmán, S. M., Guillen, A. R., Martínez, I. T., Oyosa, G. J., & De la Cruz Martínez, Y. S. (2023). Propuesta de diseño e instalación de la sección de medios guiados del laboratorio de redes basado en competencias profesionales del TecNM Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*.
- López, A., & Farfán, P. (2024, marzo 14). *El enfoque por competencias en la educación*. Universidad de Guadalajara. https://www.cucs.udg.mx/avisos/El_Enfoque_por_Competencias_en_la_Educaci%C3%B3n.pdf
- Ortega, E. J. (2022). *Diseño e implementación de una plataforma de aprendizaje de la placa PLC-Arduino para estudiantes de ingeniería* (Tesis de licenciatura). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Santander-Salmon, E. S. (2024). Métodos pedagógicos innovadores: Una revisión de las mejores prácticas actuales. *Revista Científica Zambos*, 3(1), 1–?. <https://orcid.org/0000-0003-3279-5250>
- Vázquez Seisdedos, C. R., Leleu, C., Pijoan, J. L., & Petchamé, J. (2025, enero). *Implementación de metodologías activas en laboratorios de electrónica: uso del PicoScope como herramienta didáctica*. Universitat Ramon Llull, La Salle. <http://hdl.handle.net/20.500.14342/5332>

EDUCACIÓN AMBIENTAL COMUNITARIA COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA RURAL DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO, MÉXICO.

COMMUNITY ENVIRONMENTAL EDUCATION AS A STRATEGY TO IMPROVE SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE RURAL AREA OF CUAJINICUILAPA, GUERRERO, MEXICO.



Dr. Luis Alvin Garzón López.¹

Dra. Ángeles Martínez Orgániz.²

Biol. Yolisma Barrera Tapia.³

Dra. Nancy Natividad Salmerón Muñiz.⁴

RESUMEN

La presente investigación fue tipo descriptiva y observacional con un enfoque mixto en donde cuyo objetivo fue implementar talleres de educación ambiental en cinco localidades de Cuajinicuilapa, Guerrero. La metodología consistió en la aplicación de una encuesta de 20 ítems para realizar un diagnóstico del manejo de residuos sólidos antes y después de los talleres ambientales para medir el impacto que estos tendrían. Participaron 200 personas de entre 18 y 60 años el conocimiento acerca del manejo de residuos sólidos inicialmente evidenció niveles bajos. Destacaron Buenos Aires y Comaltepec con mejores porcentajes de conocimiento previo, mientras que Cerro del Indio y Barajillas presentaron los niveles más bajos. Se concluyó los pobladores más jóvenes mostraron mayor interés en los temas ambientales, género femenino fue el más participativo. Después de los talleres, el incremento en conocimiento fue estadísticamente significativo con una $p < 0.001$.

ABSTRACT

This research was descriptive and observational with a mixed approach. The objective was to implement environmental education workshops in five locations in Cuajinicuilapa, Guerrero. The methodology consisted of administering a 20-item survey to diagnose solid waste management before and after the environmental workshops to measure their impact. Two hundred people between 18 and 60 years of age participated; knowledge about solid waste management initially showed low levels. Buenos Aires and Comaltepec stood out with the highest percentages of prior knowledge, while Cerro del Indio and Barajillas had the lowest levels. It is concluded that younger residents showed greater interest in environmental issues, with women being the most participatory. After the workshops, the increase in knowledge was statistically significant with a $p < 0.001$.

Palabras clave: Educación Ambiental, residuos sólidos y Cuajinicuilapa.

Key words: Environmental Education, solid waste and Cuajinicuilapa.

INTRODUCCIÓN

La educación ambiental es la formación de una ciudadanía responsable de los ambientes naturales y sociales donde se desenvuelve. Para ello es muy importante promover la

¹ Dr. Luis Alvin Garzón López. SNII de la Facultad de Ciencias Naturales UAGRO 14819@uagro.mx

² Dra. Ángeles Martínez Orgániz. SNII de la Facultad de Ciencias Naturales UAGRO angelesmo_32@hotmail.com

³ Biol. Yolisma Barrera Tapia. Egresada de la Facultad de Ciencias Naturales UAGRO yolisma.barrera.tapia@hotmail.com

⁴ Dra. Nancy Natividad Salmerón Muñiz. SNII de la Facultad de Ciencias Naturales UAGRO nancysalmeron@uagro.mx

formación de personas y grupos sociales. Los individuos formados entienden cómo las actividades humanas causan impactos diversos sobre el ambiente, además utilizan estos conocimientos para decidir de manera informada y razonada ciertas responsabilidades sociales y políticas (SEMARNAT, 2022; UNESCO, 2021).

Una educación ambiental necesita de una serie de técnicas, métodos, nuevos enfoques teóricos y prácticos, para enfrentar la problemática desde una visión holística de la realidad (ambiente), que permita ver la interconexión de sus dimensiones: culturales, políticas, económicas, sociales, espirituales, legales, éticas y naturales que vive la humanidad, y con ello contribuir al mejoramiento y desarrollo de la calidad de vida, la recuperación, la conservación y la protección del ambiente (UNESCO, 2021; SEMARNAT, 2022).

Cabe mencionar que la UNESCO quiere que la educación ambiental sea un componente clave de los planes de estudio para 2025.

De acuerdo con Vargas et al. (2021), En la actualidad el manejo de los residuos sólidos permite que se mejore el estado de contaminación y la calidad de condiciones en el ambiente, y todo parte desde metodologías prácticas y responsabilidad social.

Vivimos en una época en la que el impacto humano en el medio ambiente y sus consecuencias sobre la salud humana son preocupaciones mundiales en rápido crecimiento. Las principales prioridades internacionales incluyen disminuir la tasa de cambio climático inducido por el hombre, proteger la calidad del agua y el suelo. Otra de las prioridades, es reducir el impacto de los desastres en la salud y minimizar la exposición humana a sustancias químicas tóxicas. También existe una creciente preocupación por el hecho de que los esfuerzos actuales destinados a frenar el cambio climático sean insuficientes (WHO, 2025).

Además, que el manejo de los residuos sólidos ha representado un gran reto por parte de las localidades de todo el Estado de Guerrero, debido a los altos volúmenes de residuos sólidos generados por los ciudadanos, cuando el manejo no es el adecuado suele afectar la salud de los ciudadanos y el ambiente en el que viven (Sáez y Urdaneta 2014). Es por ello que para lograr mejoras en el manejo de los residuos sólidos se requiere voluntad e infraestructura que aporten los gobernantes y la comunidad científica, un instrumento que regule las prácticas y educación continua de la ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos.

La población total de Cuajinicuilapa de acuerdo al último censo en 2020 fue de 26,627 habitantes, siendo 50.5% mujeres y 49.5% hombres. Sin embargo, la tasa de analfabetismo el mismo año fue 18.3%. Con base en esas cifras, se puede afirmar que el analfabetismo en Cuajinicuilapa es altamente elevado en comparación con el patrón nacional. Esto refuerza la idea de un rezago educativo significativo en el municipio, especialmente cuando se compara con la situación general del país (INEGI 2020).

El INEGI señala que existen 90 comunidades en este municipio, con población indígena y afroamericana, por lo que es importante realizar este tipo de estudios en este tipo de poblaciones.

El principal objetivo de esta investigación consistió en el diagnóstico del nivel de conocimiento sobre temáticas ambientales en comunidades de Cuajinicuilapa. Además, se realizaron talleres interactivos, educación no formal y se evaluó el conocimiento antes y después de los pobladores, con la finalidad de comparar si la estrategia ambiental funcionó si se requerían necesitan otros métodos para generar concientización ambiental.

En esta investigación fueron muchas las limitaciones que se tuvieron en el desarrollo de la misma, ya que las localidades visitadas se encuentran retiradas de la zona urbana, el costo de traslado y estancia en la región también fue importante y sobre todo reunir a los pobladores para que hicieran las actividades fue lo más complicado.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Descriptivo, observacional y longitudinal

Lugar donde se realizó el estudio: En Montecillos, Buenos Aires, Comaltepec, Cerro del Indio y Barajillas del municipio de Cuajinicuilapa, Costa Chica, Gro.

Muestra: 200 encuestas aplicadas.

Variables de inclusión: Personas de 18-60 años de edad, con residencia en la localidad del municipio de Cuajinicuilapa, Gro.

Variables de exclusión: Personas menores de edad, personas que no quisieron participar en el estudio y que no pertenecen al Municipio de Cuajinicuilapa, Gro.

Normatividad Vigente: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

-Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera (LGEEPA).

-Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA).

Se realizó una visita al comisario y autoridades de cada localidad para aplicar encuestas, implementar actividades ambientales y dar seguimiento sobre la enseñanza de la educación ambiental en pobladores que habitan en el municipio de Cuajinicuilapa, Costa Chica, Guerrero.

Una vez que se aprobara el proyecto, se procedió a aplicar un cuestionario piloto, en donde se observó que la población no estaba familiarizada con los términos y conceptos ambientales, por lo que se modificó la redacción de las preguntas.

Enseguida se visitaron a las 5 comunidades y se aplicó un instrumento diagnóstico de 20 items al inicio de cada reunión, después se llevaron a cabo exposiciones con diapositivas y se les solicitó llevar material reciclable para otro día.

Posteriormente, se realizó una explicación de tópicos ambientales, se les explicó acerca de la clasificación de los residuos sólidos y se procedió a la elaboración de manualidades con material reciclable por 5 días.

En la siguiente semana al inicio se volvió a aplicar el mismo cuestionario a las mismas personas para comparar el aprendizaje obtenido y se realizaron actividades de reforestación en pequeños espacios designados por ellos mismos.

Se volvió a contactar a los pobladores que no habían participado previamente, aplicándoles el cuestionario final para contar con todos los resultados.

Por último, en una reunión comunal se les entregaron sus resultados y se formaron comités para la vigilancia del manejo de los residuos sólidos por comunidades.

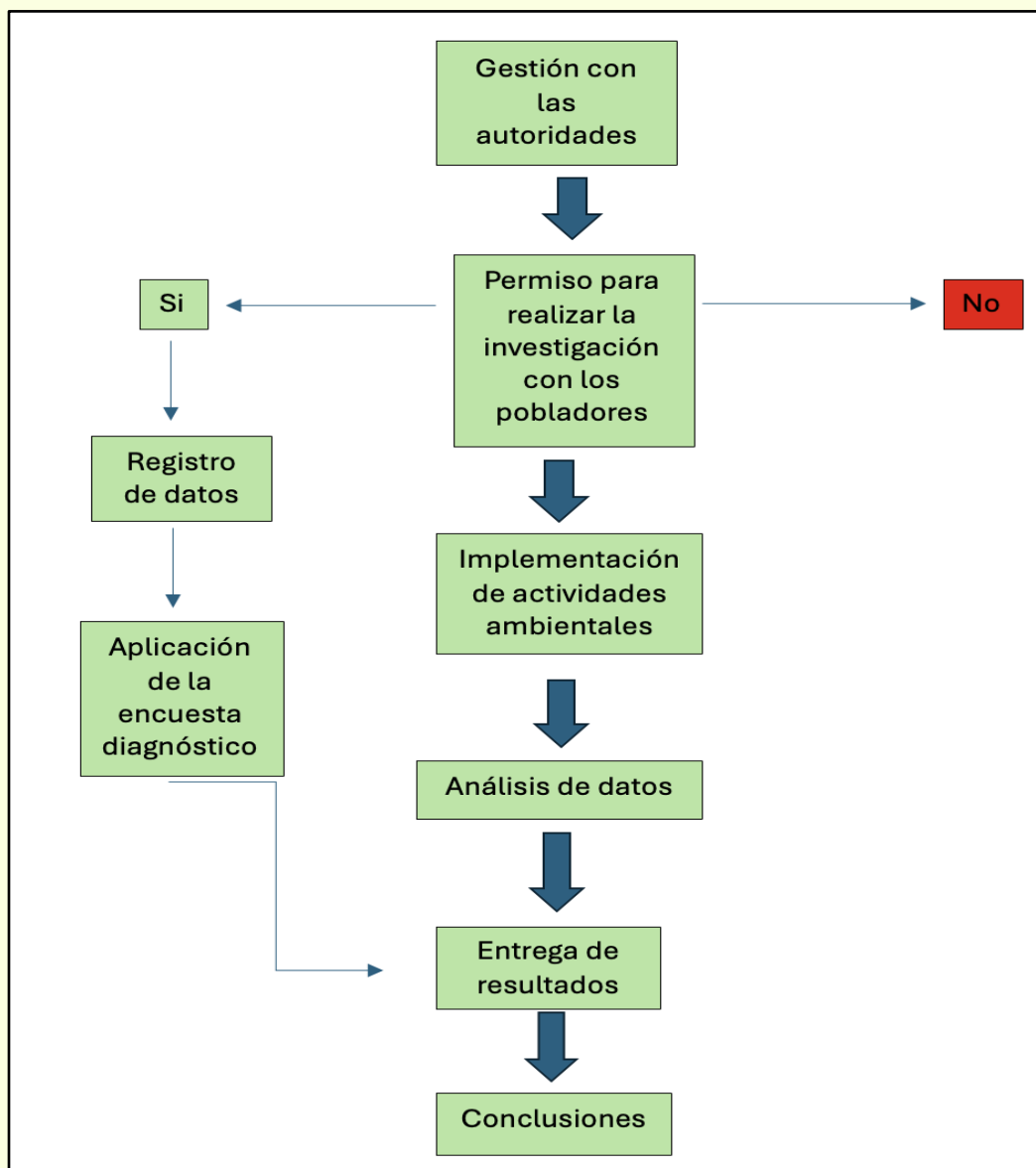


Imagen 1. Diagrama de trabajo de la investigación.

RESULTADOS

En la investigación se obtuvieron diferentes resultados en tablas y después se transformaron a gráficas que a continuación se describen:

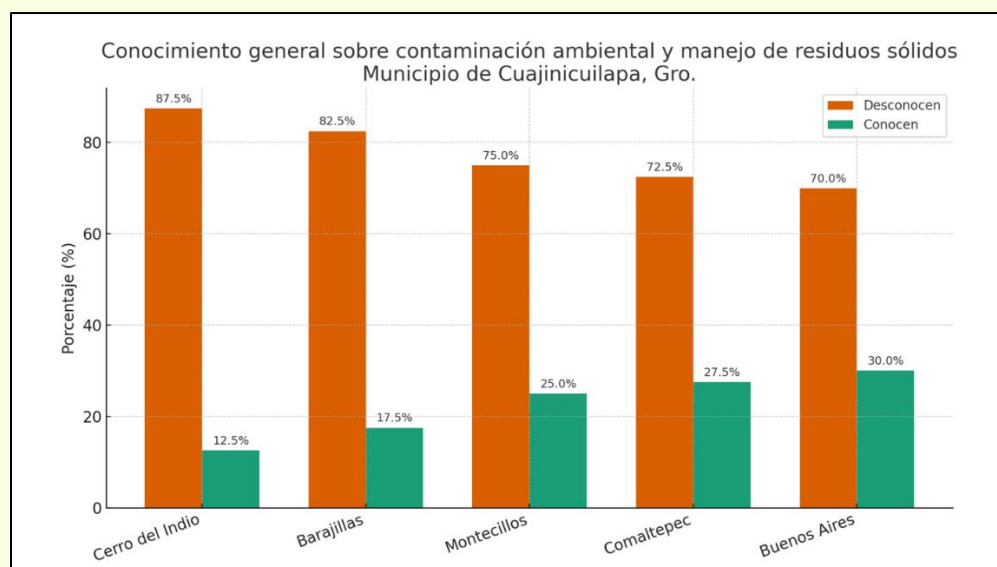


Imagen 2. Gráfica del conocimiento sobre la contaminación ambiental y manejo de residuos sólidos de las localidades del municipio de Cuajinicuilapa.

De acuerdo a la imagen 2 muestra de manera general que las poblaciones de las diferentes localidades en su examen diagnóstico en el que mostraron un conocimiento menor al 35 % del conocimiento básico, donde la comunidad del Cerro del Indio y Barajillas, están significativamente más rezagadas, la comunidad de Buenos Aires y Comaltepec obtuvieron el mayor porcentaje con el 30% y el 27.5% respectivamente. A estos resultados se les aplicó un análisis estadístico de χ^2 donde obtuvieron 12.63 y una $p = 0.013$, por lo muestra que las diferencias en los porcentajes de conocimiento entre las localidades son estadísticamente significativas.

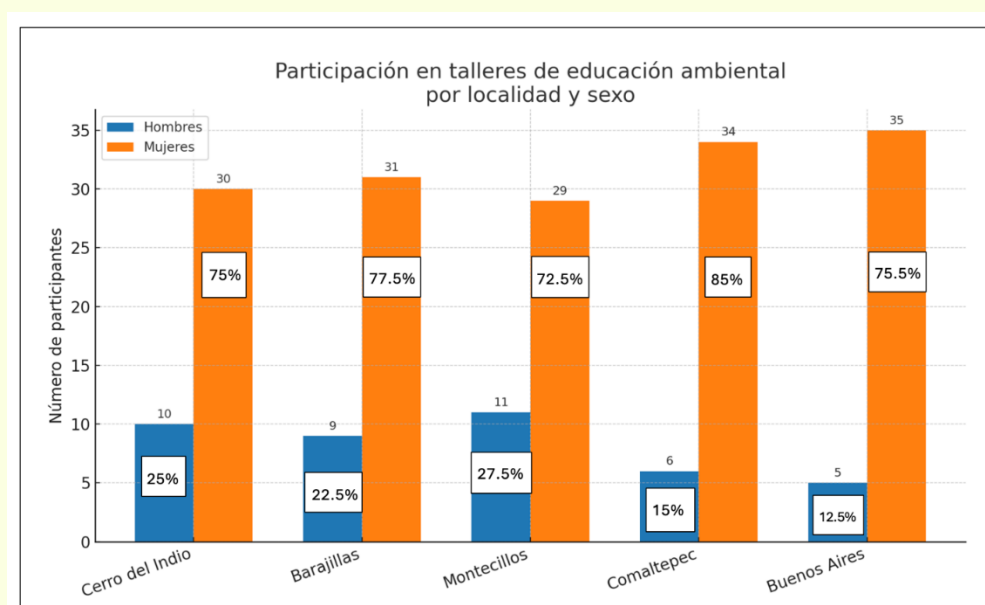


Imagen 3. Participación de talleres de educación ambiental por localidad y sexo.

De acuerdo a la imagen 3 participaron 40 personas por localidad en este proyecto de investigación donde arriba del 75% de participación fue del género femenino y abajo del 27.5% correspondió al género masculino. De acuerdo al análisis estadístico obtuvieron una χ^2 de 4.11 y una $p=0.39$ lo que muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas en la proporción del género en las distintas localidades, esto significa que aunque los porcentajes de participantes varían por comunidad, la tendencia general de participación en los talleres de educación ambiental es similar en todas las comunidades. Lo que nos muestra que los hombres presentan un 8.2 en promedio por localidad y las mujeres un 31.8 en promedio por localidad, lo que pone en manifiesto que la participación femenina es casi 4 veces mayor a la masculina. De acuerdo a la razón de participación la comunidad de Montecillos es más equilibrada de las cinco localidades con un 2.64 % y la localidad de Buenos Aires tiene mayor disparidad con 7.0%.

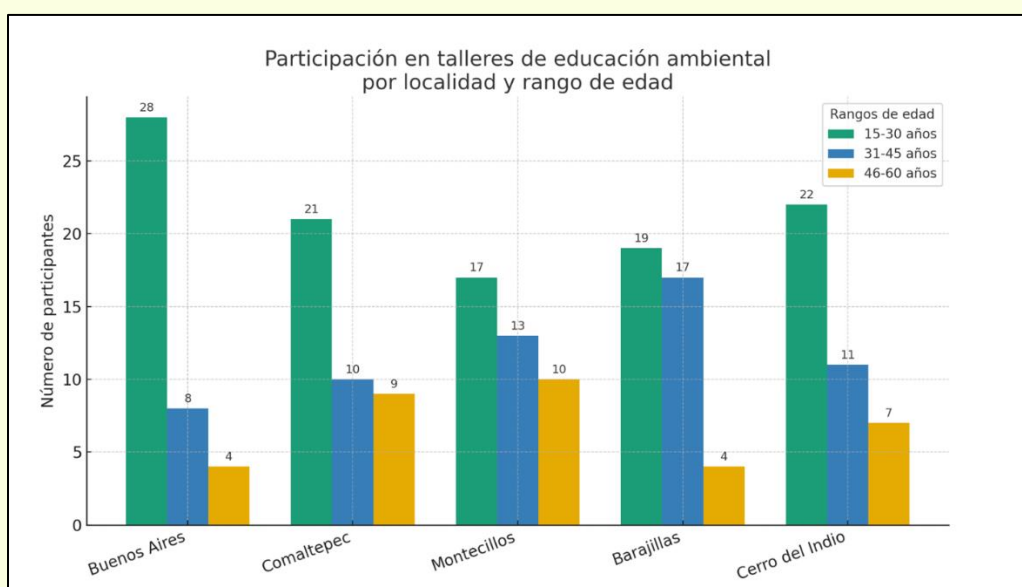


Imagen 4. Participación en talleres de educación ambiental por localidad y rango de edades.

En el estudio se obtuvo una $N= 200$ participantes (como se muestra en la imagen 4) de los cuales el 56.6% correspondió al rango de 15-30 años con un total de 107 jóvenes, en segundo lugar lo ocupó el rango de 31-45 años con 59 participantes y por último correspondió al rango de edad de 46-60 años con 34 personas y teniendo un 12.2%.

La localidad con mayor participación de jóvenes (15-30) fue la localidad de Buenos Aires con un 70%. la localidad más equilibrada en distribución de edades fue la de Montecillos 17 (15-30), 13 (31-45), 10 (46-60). De acuerdo al análisis estadístico obtuvo una χ^2 de 11.73 y una $p= 0.164$, por lo que no hay diferencias estadísticamente significativas en la distribución de edades entre localidades es decir, la proporción de participantes por edad es homogénea en todas las comunidades, aunque los números varíen.

Tabla 1. Comparación del conocimiento de los residuos sólidos antes y después de la población de las diferentes comunidades.

Comunidad	Sabe Antes	No saben Antes	Saben Después	No saben Después
Cerro del Indio	5	35	26	14
Barajillas	7	33	28	12
Montecillos	10	30	30	10
Comaltepec	11	29	31	9
Buenos Aires	12	28	32	8

Fuente: Propia

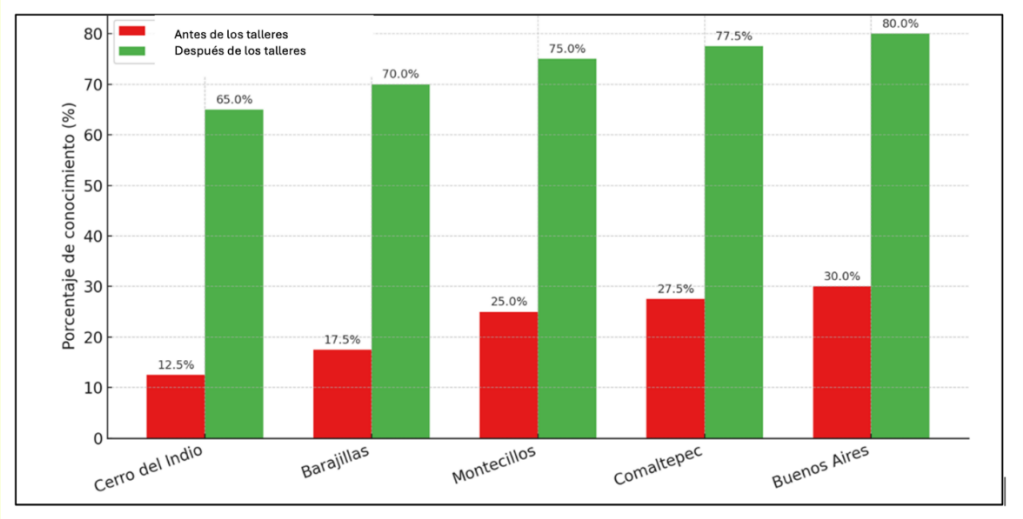


Imagen 5. Comparación de las localidades antes y después de la impartición de talleres de educación ambiental.

De acuerdo a la tabla 1 y la imagen 5, nos muestra de manera general la comparación del examen diagnóstico y el examen final después de haber recibido los diferentes talleres de educación ambiental y manejo de residuos sólidos, los pobladores de la comunidad de Buenos Aires mostraron mayor conocimiento inicial ya que partieron del 30% y subieron a 80%, sin embargo el los pobladores de la comunidad del Cerro del Indio y Barajillas partieron de niveles muy bajos, por lo que el nivel de conocimiento después de los talleres ambientales fue más notorio.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, demuestran que la educación ambiental comunitaria es una estrategia efectiva incrementar el conocimiento y la conciencia ambiental, así como mejorar el manejo de residuos sólidos. La capacitación de los talleres ambientales no solo elevo el nivel general de conocimiento, sino que contribuyó a reducir las brechas entre comunidades, beneficiando aquellas con menor conocimiento inicial.

Durante el estudio se identificó que la participación estuvo mayormente representada por mujeres y jóvenes de 15 a 30 años a diferencia de la participación de los hombres de mayor edad, lo que coincide con otros estudios que reportan un mayor interés y disposición de estos grupos hacia las actividades de formación comunitaria en temas ambientales. Esta tendencia sugiere que los programas de sensibilización ambiental encuentran en ese sector poblacional un público clave para la multiplicación del conocimiento dentro de las comunidades.

En cuanto al conocimiento ambiental y el manejo de residuos sólidos inicial, los resultados evidenciaron niveles bajos en todas las localidades evaluadas. Destacaron Buenos Aires y Comaltepec con mejores porcentajes de conocimiento previo, mientras que Cerro del Indio y Barajillas presentaron los niveles más bajos. Este hallazgo concuerda con la literatura, que indica que las comunidades rurales en México suelen presentar desigualdades en el acceso a la información y en las prácticas de manejo ambiental. Tras la implementación de los talleres, los análisis estadísticos mostraron un incremento significativo en el conocimiento ambiental en todas las localidades ($\chi^2 = 102.17$; $p < 0.001$).

Posterior a los talleres, el incremento del conocimiento fue estadísticamente significativo. Este resultado confirma que la capacitación comunitaria tuvo un impacto positivo y estadísticamente comprobable en la población. Además, se observó que todas las comunidades mejoraron, las más bajas de conocimiento inicialmente (Cerro del Indio y Barajillas) fueron las que presentaron los mayores avances relativos, mientras que la comunidad de Buenos Aires alcanzó el mayor porcentaje absoluto de conocimiento después de haber concluido los talleres ambientales.

Por último, los resultados de esta investigación muestran una homogeneidad en la respuesta positiva, independientemente de la localidad de Cuajinicuilapa, edad y género, los talleres tuvieron un impacto positivo claro. Por lo que queda en manifiesto que los talleres ambientales pueden ser replicados en otras comunidades con la expectativa de obtener mejoras similares. Ver imágenes 6, 7, 8, 9 y 10



Imagen 6. Explicación de la investigación con los pobladores.



Imagen 7. Aplicación del cuestionario en las localidades.



Imagen 8. Separación de los residuos sólidos.



Imagen 9. Elaboración de manualidades con material reciclable.



Imagen 10. Elaboración depósitos con Pet.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- -Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Ingresos por suministro de bienes y servicios, así como gastos por consumo de las empresas comerciales al por mayor y al por menor*. <https://www.inegi.org.mx/temas/comercioemp/>
- -National Association for Environmental Education (NAAEE). (2021). *Benefits of environmental education for K-12 students*. North American Association for Environmental Education. <https://naaee.org/programs/eeworks/benefits-k12-students>
- -Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121–135.
- -Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat>
- -Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2022, 26 de enero). *Día de la Educación Ambiental 2022*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dia-de-la-educacion-ambiental-2022>
- -UNESCO. (2021, 12 de mayo). *La UNESCO urge a hacer de la educación medioambiental un componente central del currículo escolar de todos los países de aquí a 2025*. UNESCO. <https://www.unesco.org/es/articles/la-unesco-urge-hacer-de-la-educacion-medioambiental-un-componente-central-del-curriculo-escolar-de>
- -Vargas-Restrepo, C. M., Gutiérrez-Monsalve, J. A., Vélez-Rivera, D. A., Gómez-Betancur, M. A., Aguirre-Cardona, D. A., Quintero-Orsorio, L. A., & Franco-Montoya, J. C. (2021). Gestión del manejo de residuos sólidos: un problema ambiental en la universidad. *Pensamiento & gestión*, (50), 117-152.
- -World Health Organization (WHO). (2025). *Air pollution*. Recuperado el 5 de agosto de 2025 de <http://www.who.int/airpollution/en/>

LABORATORIO VIRTUAL LABORYCHEMS: UN ESTUDIO DE CASO PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA**VIRTUAL LABORATORY LABORYCHEMS: A CASE STUDY FOR SCIENCE TEACHING IN SECONDARY EDUCATION**MSC. Palmira Morales Rodríguez¹Katia Lemus Bucio²Victor Adonahí Fuentes Vallejo³Gabriela Liliet Capetillo Pineda⁴**RESUMEN**

Debido a la escasez de equipos y materiales en las escuelas secundarias de Lázaro Cárdenas, Michoacán, a pesar de contar con espacios de laboratorio, el 100% de las escuelas enfrentan limitaciones para realizar prácticas de ciencias. Solo el 47% las lleva a cabo esporádicamente.

Desarrolladores del Tecnológico Nacional de México superan este obstáculo al crear *LaboryChems*, una plataforma para que los estudiantes realicen prácticas de forma virtual y los docentes puedan crear sus propios ejercicios.

La Escuela Secundaria “José María Morelos y Pavón” fue considerada como caso de estudio ideal debido a su crítica escasez de reactivos y materiales. El tamaño de sus grupos y la infraestructura tecnológica instalada facilitaron la implementación.

Una práctica piloto arrojó resultados prometedores: el 77% de los estudiantes aprobaron, en tanto que el 23% reprobaron. Este estudio sienta las bases para futuras implementaciones, demostrando el potencial de las herramientas virtuales para la educación.

ABSTRACT

Due to a scarcity of equipment and materials in secondary schools in Lázaro Cárdenas, Michoacán, 100% of schools face limitations in conducting science labs, despite having laboratory spaces. Only 47% of them conduct labs sporadically.

Developers from the Tecnológico Nacional de México overcame this obstacle by creating LaboryChems, a platform for students to conduct virtual lab practices and for teachers to create their own exercises.

The "José María Morelos y Pavón" Secondary School was chosen as the ideal case study due to its critical lack of reagents and materials. The small size of its groups and the installed technological infrastructure facilitated the implementation.

A pilot practice yielded promising results: 77% of students passed, while 23% failed. This study lays the groundwork for future implementations, demonstrating the potential of virtual tools for education

¹ MSC. Palmira Morales Rodríguez es Docente y Asesor del proyecto. palmira.morales@lcardenas.tecnm.mx

² Katya Lemus Bucio es alumna de Ingeniería en Sistemas Computacionales. itlac21560014@lcardenas.tecnm.mx

³ Victor Adonahí Fuentes Vallejo es alumno de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

itlac21560226@lcardenas.tecnm.mx

⁴ Gabriela Liliet Capetillo Pineda es alumna de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

itlac21560093@lcardenas.tecnm.mx

Palabras clave: Laboratorio virtual, Escasez de materiales, Educación secundaria, Tecnologías digitales, LaboryChems.

Key Words: *Virtual lab, Scarcity of materials, Secondary education, Digital technologies, LaboryChems.*

INTRODUCCIÓN

Se describe el planteamiento del problema, así como los objetivos y las preguntas de investigación, la justificación del estudio, el contexto general de la investigación (cómo y dónde se realizó), y las limitaciones.

El aprendizaje de las ciencias naturales en el nivel de educación secundaria requiere de la experimentación como un componente fundamental para la comprensión de conceptos teóricos y el desarrollo del pensamiento crítico. Específicamente, los planes de estudio en disciplinas como la química y la física sugieren la realización de prácticas de laboratorio para consolidar los saberes y el pensamiento científico de los estudiantes. Sin embargo, en muchas instituciones educativas, la falta de recursos se presenta como un obstáculo significativo.

En la región de la costa de Michoacán, en la ciudad de Lázaro Cárdenas, una investigación de campo reveló que este problema es generalizado. A pesar de que el 100% de las escuelas secundarias (públicas y privadas, técnicas y federales) cuentan con un espacio de laboratorio, solo el 47% dispone del material necesario para realizar prácticas. Aún más crítico, los reactivos existentes están caducos o en mal estado y las escuelas no tienen un programa de reabastecimiento. Esta situación ha provocado que, año tras año, los docentes dejen de realizar las prácticas de laboratorio, limitando así el aprendizaje práctico de los estudiantes.

Ante esta problemática, la presente investigación propone el desarrollo e implementación de una plataforma de laboratorio virtual como una solución viable y accesible. Este estudio se centra en el diseño de un entorno digital que permita a los estudiantes realizar prácticas de manera interactiva y a los docentes generar y gestionar sus propios contenidos, con el fin de mitigar la falta de recursos físicos y fomentar un aprendizaje práctico y significativo.

Trabajos recientes han documentado la efectividad de estos entornos digitales para mejorar la comprensión conceptual, la retención de la información y la motivación de los estudiantes en disciplinas como la química, la física y la biología. Esto demuestra que los simuladores pueden complementar o incluso sustituir las prácticas tradicionales cuando los recursos son limitados.

Sin embargo, la mayoría de estas soluciones se centran en un modelo de prácticas fijas y no otorgan al docente la autonomía para crear sus propias prácticas en función de sus necesidades.

Con el objetivo de implementar estrategias didácticas innovadoras, la plataforma virtual de laboratorio de química promueve un entorno de experimentación que aborda múltiples desafíos del aprendizaje. En primer lugar, facilita la realización de prácticas seguras, ya que permite simular experimentos que serían peligrosos, costosos o complejos de ejecutar en un

laboratorio convencional. Esta característica es vital para el estudio de reacciones riesgosas o el manejo de sustancias restringidas.

Este entorno virtual fomenta el desarrollo del pensamiento científico y la autonomía del estudiante. Al manipular variables, los alumnos pueden formular y probar sus propias hipótesis, analizar resultados y extraer conclusiones de forma independiente, reforzando así el método científico de manera interactiva y controlada. La combinación de estos factores valida el uso de la plataforma como una herramienta didáctica poderosa para mejorar el aprendizaje de las ciencias.

El uso de simulaciones virtuales se integra en una secuencia didáctica que promueve el aprendizaje, donde el docente actúa como guía y los estudiantes son los protagonistas de su propio proceso de descubrimiento.

ANTECEDENTES.

Una vez establecidos estos requerimientos el equipo de desarrollo se dio a la tarea de investigar las aplicaciones que ya existen, con la intención de crear un prototipo de plataforma con los elementos sugeridos, así mismo se revisó el impacto que ellas tienen al ser aplicadas por los docentes en el nivel secundaria; por su parte Sailema, C. et al. (2025) evaluaron el uso de simuladores PhET en química, encontrando mejoras significativas en comprensión, visualización y motivación estudiantil en educación secundaria. García Huamán, M., et al. (2023), analizó la Percepción de estudiantes de secundaria sobre la aplicación del simulador PhET en el aprendizaje de la química y de acuerdo con sus investigaciones indica que “el resultado más importante señala que el mayor porcentaje de estudiantes percibe positivamente la aplicación del simulador PhET en las clases de química, ya que piensan que se trabaja más independiente, Samosa, C. (2021) evaluó laboratorios virtuales móviles en química, encontrando mejoras significativas en rendimiento, actitudes y entorno de aprendizaje, evidenciando su eficacia como estrategia innovadora para enriquecer la enseñanza y las experiencias científicas en educación secundaria. Antonio, R. P., & Castro, R. R. (2023), examinó la eficacia de los laboratorios virtuales para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes a nivel secundaria. En cada una de las investigaciones realizadas se manifiestan ventajas en la implementación de aplicaciones simuladoras de laboratorio de Química, incluso Sailema, C. et al. (2025) sugiere su integración curricular y la capacitación docente para optimizar el aprendizaje interactivo en educación secundaria como parte de la estrategia didáctica que complementa el proceso de enseñanza aprendizaje.

Dentro de las ventajas que se observan al implementar la estrategia didáctica del uso de laboratorios virtuales, Tsirulnikov, D., et al. (2023) sugiere que las simulaciones inmersivas de laboratorio de realidad virtual pueden utilizarse para mejorar los resultados de aprendizaje y aumentar la motivación de los estudiantes; de la misma manera Palacios. O., et al. (2024) señala que el uso de laboratorios virtuales permite facilitar la comprensión de conceptos, promueve el desarrollo de competencias científicas e incluso mejora las actitudes de los estudiantes hacia la química.

Por su parte (Rúa et al., 2025) quienes analizaron el impacto de simuladores virtuales en bachillerato, como resultado de su investigación, presentaron mejoras en comprensión, participación y motivación, así mismo destacan su eficacia para enseñar química en contextos con limitaciones de infraestructura y promueve un aprendizaje equitativo y autónomo.

Palacios. O., et al. (2024) muestran la relevancia de las simulaciones virtuales como recurso clave para la enseñanza de la química, quien analiza de manera detallada los beneficios que estas herramientas aportan al aprendizaje de estudiantes de nivel de educación secundaria.

Góngora Zambrano, R. W., et al. (2021) dio a conocer que los estudiantes de segundo año de bachillerato de la unidad educativa técnica de Uruguay de la ciudad de Porto Viejo de la provincia de Manabí presentan complicaciones al vincular los conocimientos teóricos con los conocimientos prácticos, y sugiere el uso de simuladores de laboratorio de química, que permitan al alumno la vinculación de la teoría con la práctica. Campos Mera, G., et al. (2024), hizo una revisión sistemática mediante el modelo de Newman y Gough y bajo las directrices de la declaración PRISMA en las bases de datos: Scopus, ERIC y WoS., en cuanto al uso de los laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias en alumnos de secundaria.

Liu, C. et al. (2022) comparan dos enfoques con laboratorios virtuales y concluyen que la crítica de investigaciones problemáticas antes de su uso mejora la alfabetización científica y las habilidades de investigación en estudiantes de educación secundaria.

Pérez, M. y López, D. (2025) analizaron el impacto de simuladores virtuales en bachillerato, encontrando mejoras en comprensión, participación y motivación, destacando su eficacia para enseñar química en contextos con limitaciones de infraestructura y promover un aprendizaje equitativo y autónomo.

Rosli, R. y Ishak, N. (2024) realizaron una revisión sistemática sobre laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias, concluyendo que su uso mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje, fomenta competencias prácticas y fortalece los resultados de aprendizaje en educación científica.

Hameedur, R. et al. (2024) desarrollaron un aula virtual de química en realidad virtual para enseñar enlaces y fórmulas químicas mediante juegos, encontrando que es más interactiva y motivadora que métodos tradicionales, mejorando el aprendizaje en estudiantes de secundaria.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo una metodología de investigación-acción con un enfoque de estudio de caso, centrado en la implementación de una plataforma de laboratorio virtual en una escuela secundaria de la región de Lázaro Cárdenas, Michoacán. La intervención se diseñó para alinearse con los principios de la Nueva Escuela Mexicana (NEM) y la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Participantes y Contexto

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Secundaria Federal No. 3 “José María Morelos y Pavón”. Esta institución es considerada caso de estudio por conveniencia, ya que su población estudiantil cuenta con características como el hecho de que no tienen materiales de laboratorio, no tienen reactivos, sus grupos son pequeños, y poseen un laboratorio con computadoras equipadas, conectadas en red y con acceso a internet, todos estos aspectos facilitaron la fase de pruebas controladas. Los participantes fueron docentes del campo formativo de Saberes y Pensamiento Científico en las áreas de Biología, Física y Química, así como sus estudiantes de segundo grado.

Fase 1: Análisis de Requerimientos

El proceso se inició cuando un grupo de docentes de la secundaria hicieron la solicitud a docentes del tecnológico para crear una plataforma de prácticas virtuales de física y química. El tecnológico a partir de la asignación de un equipo de desarrollo estableció un plan de trabajo entre ellos, optaron por una metodología colaborativa y realizaron reuniones con los docentes para identificar sus necesidades y requerimientos específicos.

Una de las primeras solicitudes fue la elaboración de una herramienta que permitiera a los estudiantes familiarizarse con el material y el instrumental de laboratorio, incluso si este no estaba disponible físicamente. Además, los docentes solicitaron un formato personalizable que incluyera la cantidad y tipo de reactivos, y las tareas específicas (como fusión, mezcla, medición de pH, etc.).

El equipo de desarrollo investigó plataformas existentes y optó por crear una solución personalizada. Se diseñó una página web *LaboryChems* para el control y la administración por parte del docente y una aplicación móvil para que los alumnos de secundaria pudieran realizar las prácticas desde sus dispositivos. Para garantizar la originalidad y la fidelidad, se crearon imágenes de cada herramienta de laboratorio, procurando que fueran lo más parecidas a los objetos reales. La plataforma se alojó en una nube privada, un aspecto de infraestructura a considerar para futuras implementaciones.

Fase 2: Diseño y Desarrollo del Software

En esta etapa, se crea la arquitectura del software. Se decide cómo se estructurará el sistema, qué tecnologías se utilizarán y cómo interactuarán sus componentes. Se diseñan la base de datos, la interfaz de usuario y los flujos de trabajo.

Se consideran por desarrollar 7 módulos desglosados en las figuras mostradas enseguida.

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Módulo de Base de Datos. | 2. Módulo de usuarios. |
| 3. Módulo de Docentes. | 4. Módulo de Objetos |
| 5. Módulo de Prácticas | 6. Módulo de Simulación. |
| 7. Módulo de Reacciones | |

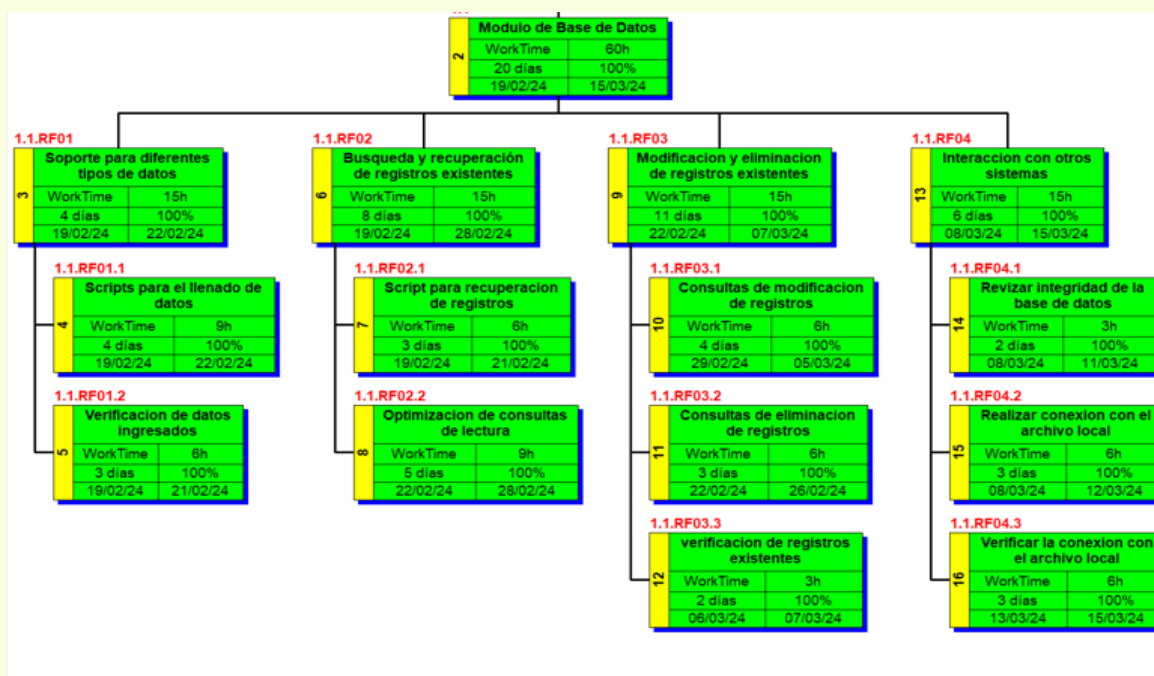


Figura 1. Módulo de Base de Datos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

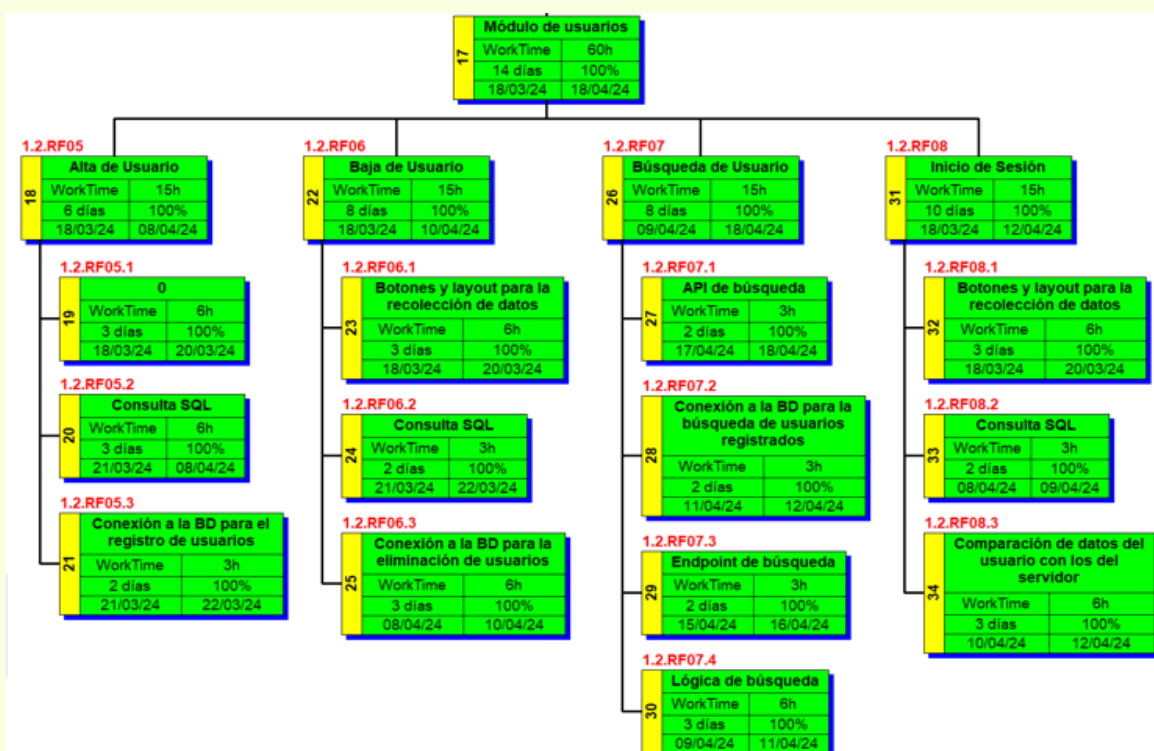


Figura 2. Módulo de Usuarios.

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

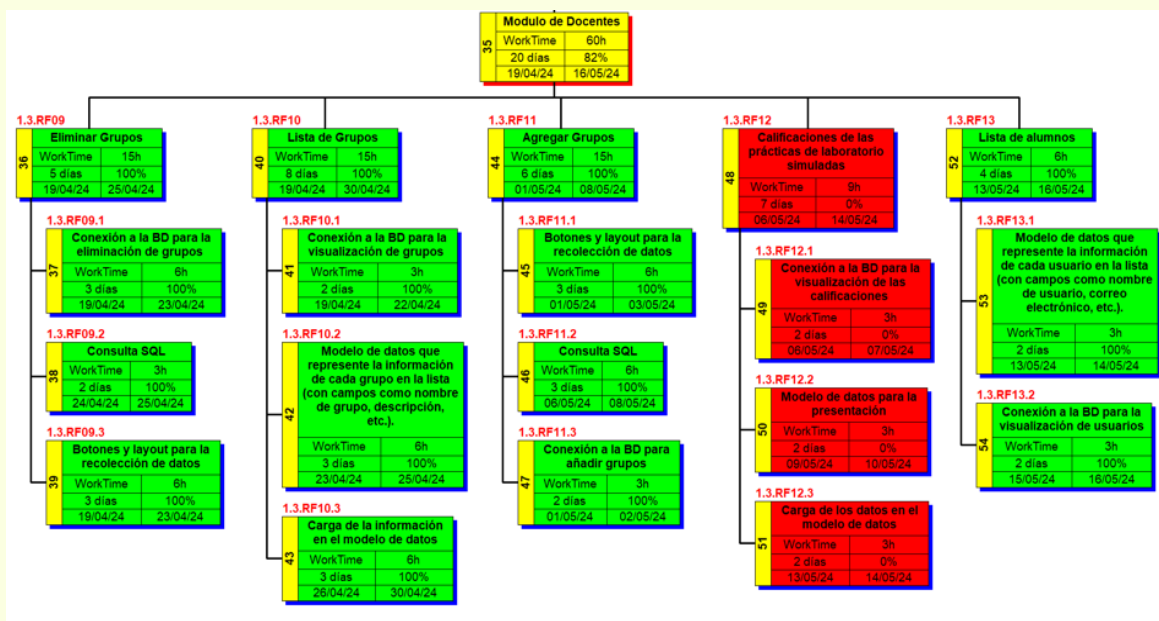


Figura 3. Módulo de Docentes.
 Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

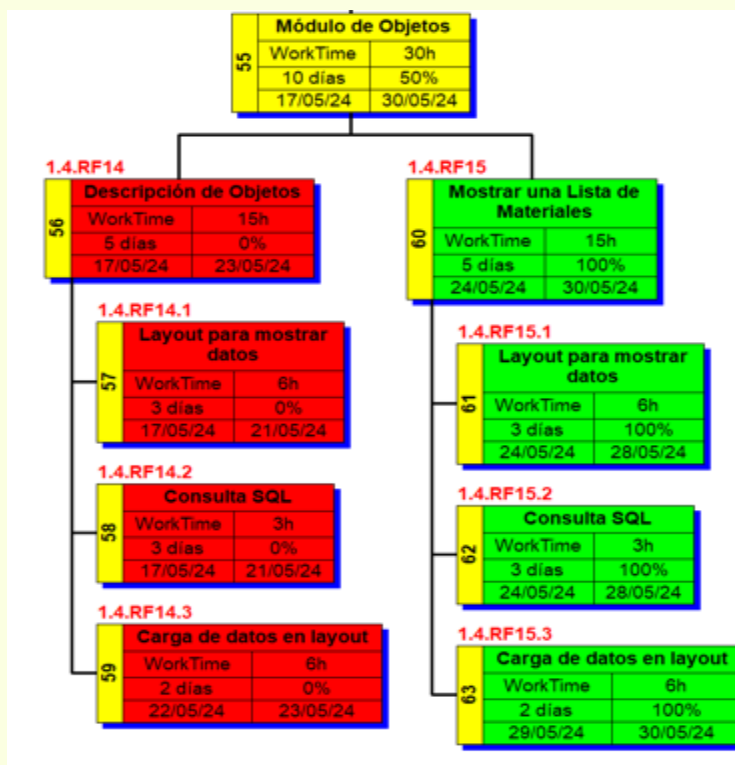


Figura 4. Módulo de Objetos.
 Fuente: Elaboración Propia a partir de instrumentos aplicados.

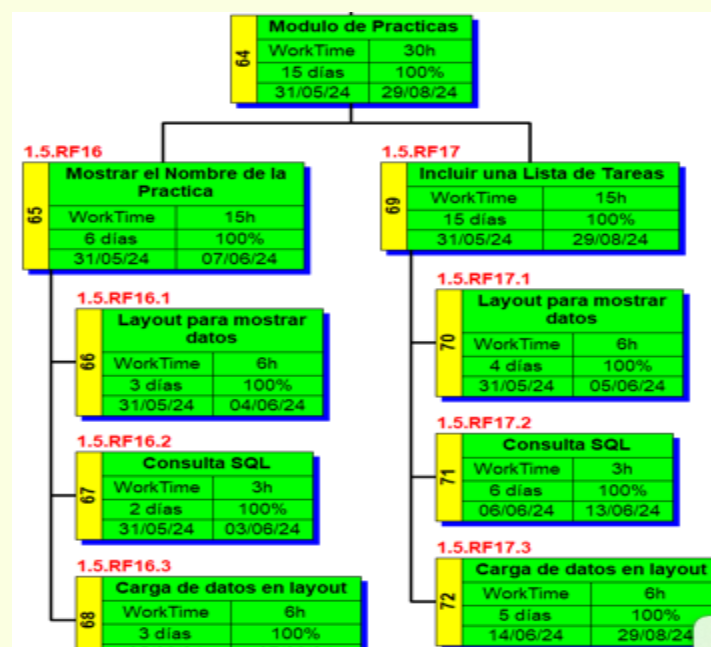


Figura 5. Módulo de Prácticas

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

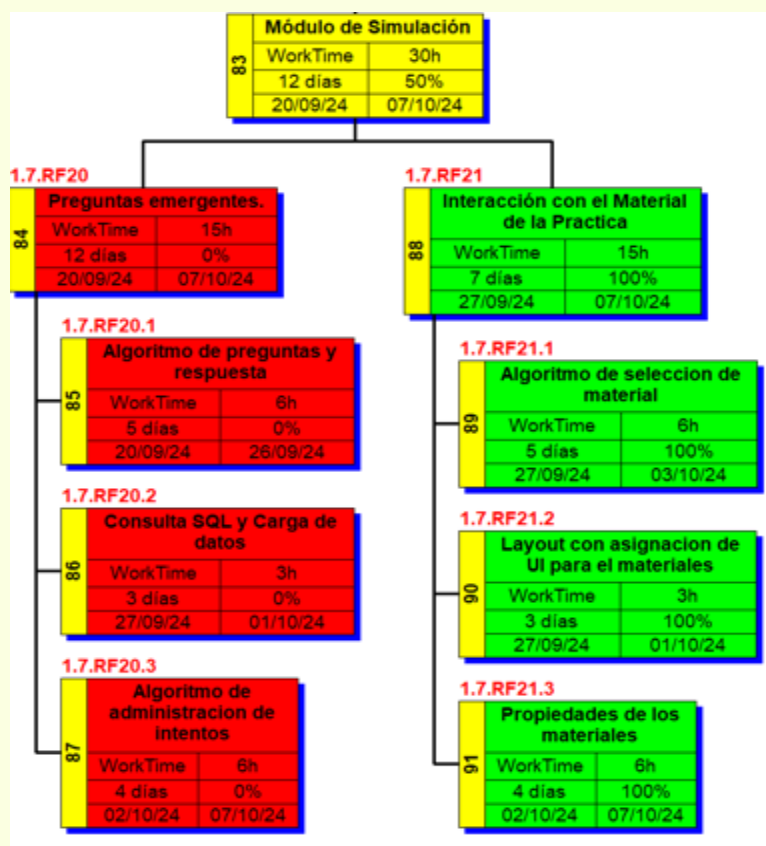


Figura 6. Módulo de Simulación

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

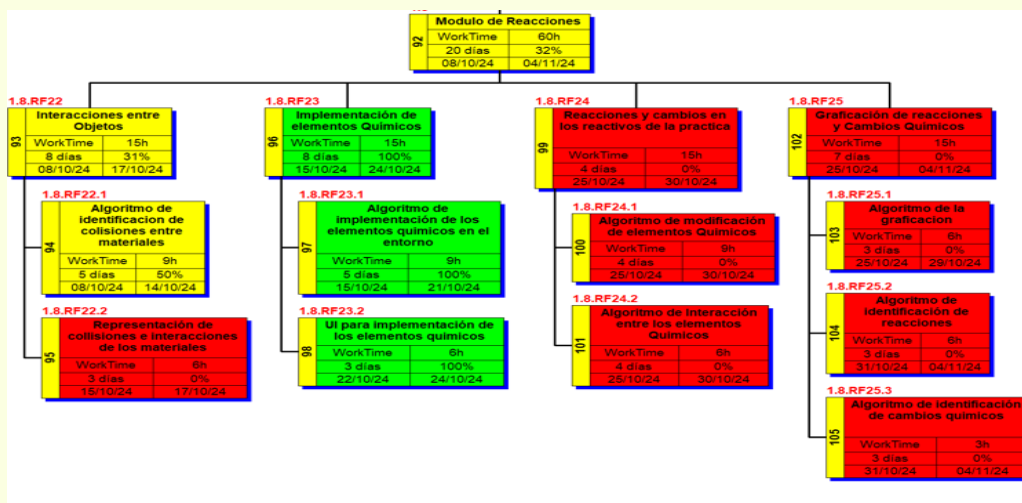


Figura 7. Módulo de Reacciones.

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

Se realizó el diseño de las pantallas considerando la información que debería mostrarse, así como la distribución de la misma; se buscó que la plataforma fuera fácil de utilizar para que los alumnos no tuvieran complicación de no entender cómo se utiliza, o confusión para realizar alguna tarea.

En la Figura 8. Se muestra la pantalla de acceso para el docente y las opciones reflejadas en la parte izquierda de la pantalla.



Figura 8. Pantalla de acceso al docente.

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

Fase 3: Implementación y Capacitación

Tras completar el prototipo, se presentó a los docentes de química, quienes validaron la propuesta y sugirieron la primera práctica a implementar: la identificación de herramientas de laboratorio. Se preparó el taller de computación adecuando la red de computadoras y el acceso a internet. El proceso de capacitación fue escalonado:

Capacitación Docente: Se entrenó durante dos sesiones de dos horas a los maestros para la creación de cuentas de usuario y la gestión de grupos. Se les capacitó en el uso del módulo de autoría, permitiéndoles registrar los requerimientos iniciales de la práctica.

Capacitación Estudiantil: Al rededor de 44 alumnos de segundo año de la secundaria “José María Morelos y Pavón” recibieron una capacitación durante dos sesiones de dos horas en el taller de computación para familiarizarse con la plataforma. Cada estudiante recibió un usuario y contraseña para acceder a la práctica en la nube. La plataforma cuenta con un chat integrado que les permite registrar sus experiencias y dudas.



Figura 4. Capacitación de docentes

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

RESULTADOS

Los resultados de la implementación de la plataforma virtual se centran en dos áreas principales: la aceptación y el uso por parte de los docentes y el impacto en el desempeño y la percepción de los estudiantes.

Aceptación y uso por parte del docente

La primera fase de la implementación mostró que los tres docentes del área de ciencias estuvieron de acuerdo con el uso de la plataforma. Tras la capacitación, los maestros utilizaron la plataforma para crear cada uno de ellos las cuentas de usuario de sus alumnos, y se adentraron en la plataforma para gestionar sus grupos y, lo más importante, estructuraron su propia práctica virtual. Esto confirma la efectividad del módulo de autoría como una herramienta que empodera al docente, permitiéndole adaptar el material didáctico a sus necesidades curriculares específicas.

Desempeño y percepción del estudiante

La implementación de la práctica piloto con los cuatro grupos de segundo grado arrojó resultados significativos en el desempeño de los estudiantes.

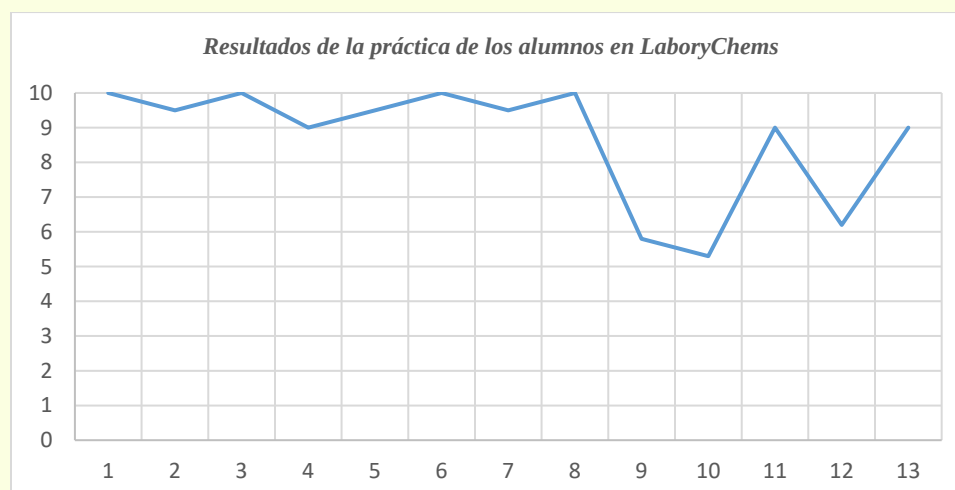
- **Resultados académicos:** El análisis de las evaluaciones de 44 estudiantes que realizaron la práctica 1 en la plataforma, demostró que el 77% de los estudiantes obtuvieron calificaciones aprobatorias superiores a 8 en la práctica como se muestra en la Gráfica 2. Este resultado contrasta con los resultados de un cuestionario previo sobre la misma práctica, donde solo acreditaron el 50% como se muestra en la Gráfica 1, que se realizó después de una clase teórica sin el uso de la herramienta virtual. El 23% restante de los alumnos que utilizaron la plataforma y no aprobó la práctica y, según el módulo de mensajes de la plataforma, atribuyó su bajo desempeño a la falta de revisión de la teoría antes de la práctica.
- **Percepción del estudiante:** Los mensajes registrados en el módulo de mensajes de la plataforma evidenciaron que un 95% de los estudiantes están de acuerdo con el uso de la nueva metodología. Los alumnos manifestaron su agrado por el uso de la tecnología y expresaron su interés en continuar realizando más prácticas de este tipo en las materias de física, química y biología. Este hallazgo sugiere que la plataforma no solo mejora el rendimiento, sino que también aumenta la motivación y el desempeño de los estudiantes.



Gráfica 1. Resultados previos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados

Nota. La presente tabla muestra los resultados obtenidos por un grupo de alumnos de la evaluación aplicada por la docente, en un cuaderno de prácticas, utilizando solo imágenes en papel



Gráfica 2. Resultados posteriores.

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos aplicados.

Nota. La presente tabla muestra los resultados obtenidos por un grupo de alumnos después de desarrollar la práctica de laboratorio en LaboryChems.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados preliminares sugieren que la plataforma virtual de *LaboryChems* es una herramienta eficaz para el aprendizaje de las ciencias, ya que superó las limitaciones de las prácticas manuales de los laboratorios físicos y se alineó exitosamente como parte de una nueva estrategia pedagógica en el campo de las ciencias.

El desarrollo de esta práctica virtual configurada, da a los docentes la posibilidad de estructurarla de acuerdo a la necesidad de los contenidos y los grupos que ellos manejan; es indudable que en el área de los simuladores la complejidad se incrementa en el diseño de las prácticas, el grupo de desarrolladores están realizando ajustes y nuevos diseños para incrementar las posibilidades para simular nuevos procesos que los maestros y maestras de ciencias puedan ir creando; se han planteado prácticas que reflejen los cambios de estado de los distintos elementos químicos, las reacciones que se ven afectadas por las distintas mezclas, así como por las temperaturas.

AGRADECIMIENTOS

A la Mtra. Blanca Mesina Camacho (Zona 047 Secundarias Generales) por la autorización del proyecto; a los docentes de química y física por la definición de requerimientos; al subdirector por el acceso a instalaciones; y a los estudiantes participantes en la prueba piloto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonio, R. P., & Castro, R. R. (2023). Effectiveness of Virtual Simulations in Improving Secondary Students' Achievement in Physics: A Meta-Analysis. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 16(2), 1-15.

- Arroba Arroba, M. F., et al. (2021). Laboratorios virtuales en entorno de aprendizaje de química orgánica, para el bachillerato ecuatoriano. *Revista Científica UISRAEL*, 8(3), 73–93. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.456>
- Aslam, S., et al. (2025). Development and evaluation of a free-to-use 3D mobile application for a virtual chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 102(7), 2969–2974. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00039>
- Campos Mera, G., et al. (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: Una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(2), 109–129. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040>
- Castro, R., et al. (2025). The effects of chemistry virtual laboratories in academic achievement of secondary level learners: A meta-analysis. *Integrated Science Education Journal*, 6(1), Article 1379. <https://doi.org/10.37251/isej.v6i1.1379>
- Deriba, F. G., et al. (2024). Assessment of accessibility in virtual laboratories: A systematic review. *Frontiers in Education*, 9, 1351711. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1351711>
- Elmoazen, R., et al. (2023). Learning analytics in virtual laboratories: A systematic literature review of empirical research. *Smart Learning Environments*, 10(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y>
- García Huamán, M., et al. (2023). Percepción de estudiantes de secundaria sobre la aplicación del simulador PhET en el aprendizaje de la química. *Revista de Climatología Edición Especial Ciencias Sociales*, 23, 4317–4323. <https://doi.org/10.59427/rcli/2023/v23cs.4317-4323>
- Góngora Zambrano, R. W., et al. (2021). Fortalecimiento teórico-práctico de la enseñanza de la Química mediante la aplicación de simuladores virtuales a los estudiantes de 2do año de Bachillerato de la Unidad Educativa Técnico Uruguay de la ciudad de Portoviejo de la provincia de Manabí. *Revista Cognosis*, 6(2), 71–92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8538840>
- Liu, C.-C., et al. (2022). Augmenting the effect of virtual labs with “teacher demonstration” and “student critique” instructional designs to scaffold the development of scientific literacy. *Instructional Science*, 50(1), 303–333. <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09571-4>
- Palacios Ortega, A., et al. (2024). Methodological design in the use of virtual simulations in chemistry: A systematic review. *Journal of Technology and Science Education*, 14(3), 701–719. <https://doi.org/10.3926/jotse.2357>
- Rahman, H., et al. (2024). Game-based learning in metaverse: Virtual chemistry classroom for chemical bonding for remote education. *Education and Information Technologies*, 29, 19595–19619. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12575-5>
- Rosli, R., et al. (2024). Integration of virtual labs in science education: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 14(1), 81–103. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.8.2024>
- Sailema-Castro, R. I., et al. (2025). Impacto del uso de los simuladores PhET en la enseñanza de química para bachillerato: desafíos y oportunidades docentes. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(1), 507–534. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/903>
- Samosa, R. C., et al. (2021). Mobile virtual laboratory as innovative strategy to improve learners’ achievement, attitudes, and learning environment in teaching chemistry.

International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research, 2(5), 398–400. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.02.05.04>

- Tsirolnikov, D., et al. (2023). Game on: Immersive virtual laboratory simulation improves student learning outcomes & motivation. *FEBS Open Bio*, 13(3), 396–407. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13567>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
- Potkonjak, V., et al. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

APLICACIÓN DEL QFD PARA IDENTIFICAR LAS NECESIDADES DE LOS CAFETICULTORES EN EL DISEÑO DE UN PROTOTIPO SECADOR DE SEMILLAS DE CAFÉ



APPLICATION OF QFD TO IDENTIFY FARMERS' NEEDS FOR THE DESIGN OF A COFFEE SEED DRYER PROTOTYPE

Mtro. Gaudencio Antonio Benito¹

Mtra. Yoana Díaz Castillo²

Mtro. Bernardino Ávila Martínez³

Dr. Rigoberto Barrios Francisco⁴

RESUMEN

La caficultura en San Luis Potosí enfrenta serias limitaciones debido al uso de métodos artesanales en el secado de semillas, lo que afecta la calidad postcosecha y reduce la competitividad de los productores. Esta investigación tuvo como objetivo identificar las necesidades de los cafeticultores de la Huasteca Potosina y traducirlas en requerimientos técnicos mediante el Despliegue de la Función de Calidad (QFD), con miras al diseño de un prototipo secador de semillas. La metodología incluyó la aplicación de encuestas y entrevistas para captar la voz de los productores, seguida de la construcción de la Casa de la Calidad, donde se jerarquizaron atributos clave como la reducción de humedad, la portabilidad, la resistencia estructural, la seguridad eléctrica y la operación híbrida. Los resultados muestran que el QFD constituye una herramienta eficaz para priorizar necesidades y establecer bases sólidas para el desarrollo de soluciones tecnológicas.

ABSTRACT

Coffee growing in San Luis Potosí faces serious limitations due to the use of artisanal methods for seed drying, which affects post-harvest quality and reduces producers' competitiveness. This study aimed to identify the needs of coffee farmers in the Huasteca Potosina and translate them into technical requirements through Quality Function Deployment (QFD), as a basis for designing a coffee seed dryer prototype. The methodology included surveys and interviews to capture the farmers' voice, followed by the construction of the House of Quality, where key attributes such as moisture reduction, portability, structural resistance, electrical safety, and hybrid operation were prioritized. The results show that QFD is an effective tool for prioritizing farmers' needs and establishing a solid foundation for technological solutions.

Palabras clave: Calidad postcosecha, QFD, Café, Secado de semillas, Huasteca Potosina

Key Words: Postharvest quality, QFD, Coffee, Seed drying, Huasteca Potosina

INTRODUCCIÓN

El cultivo de café constituye una de las principales actividades agrícolas en México, con una alta relevancia económica, social y cultural para miles de familias productoras (Vázquez, Espinoza, González & Guerrero, 2022). Según datos recientes, México se ubica entre los 15

¹ Mtro. Gaudencio Antonio Benito es profesor del TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale SLP de la División de Ingeniería Industrial gaudencio.ab@tamazunchale.tecnm.mx

² Mtra. Yoana Díaz Castillo es profesor del TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale SLP de la División de Ingeniería en Sistemas Computacionales yoana.dc@tamazunchale.tecnm.mx

³ Mtro. Bernardino Ávila Martínez es profesor del TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale SLP de la División de Ingeniería Industrial bernardino.am@tamazunchale.tecnm.mx

⁴ Dr. Rigoberto Barrios Francisco es profesor del TecNM/ITES de San Felipe del Progreso, también adscrito en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México rigoberto.bf@sfelipeprogreso.tecnm.mx

principales productores a nivel mundial, con más de 500 mil hectáreas destinadas a este cultivo (Sosa & Ruíz, 2017). Sin embargo, en estados como San Luis Potosí la caficultura enfrenta retos significativos relacionados con la baja tecnificación, la variabilidad climática y la dependencia de procesos artesanales en etapas postcosecha, como el secado de semillas. Estas limitaciones reducen la competitividad del café regional y afectan directamente la calidad de las semillas destinadas a la germinación, restringiendo con ello el potencial de producción sostenible (Martínez, 2022).

En este contexto, surge la necesidad de identificar y atender los problemas asociados con el secado de semillas de café, dado que este proceso es fundamental para garantizar la viabilidad, uniformidad y calidad del grano. La investigación planteada busca responder a tres preguntas centrales: ¿cuáles son las principales necesidades de los cafecultores de la Huasteca Potosina respecto al secado de semillas?, ¿cómo se pueden traducir dichas necesidades en parámetros técnicos?, y ¿qué atributos resultan prioritarios para diseñar un prototipo de secador eficiente y adaptado al contexto local? Estas preguntas se vinculan con los objetivos de diagnosticar la situación actual de la caficultura regional, identificar los requerimientos de los productores y traducirlos en especificaciones técnicas mediante el QFD.

El QFD es una metodología ampliamente utilizada en Ingeniería Industrial, cuyo propósito es transformar la voz del cliente en criterios técnicos concretos. Ginting (2025) señala que este método permite convertir demandas subjetivas en especificaciones medibles, lo que lo convierte en una herramienta ideal para el diseño de soluciones tecnológicas en contextos con alta variabilidad, como la agricultura. Su aplicación en la caficultura ha mostrado resultados significativos. Por ejemplo, Razali e Imran (2022) utilizaron el QFD para diseñar una máquina tostadora de café Liberica en Indonesia, logrando alinear los requerimientos de los productores con características técnicas innovadoras. De manera complementaria, Tri Ummarta et al. (2024) integraron el QFD con metodologías Kansei y Fuzzy Logic para revalorizar café de calidad subestándar, lo que demuestra el potencial de este enfoque para generar productos con mayor aceptación en el mercado.

La relevancia de esta metodología no solo radica en la alineación de necesidades y diseño, sino también en su capacidad para atender problemáticas de sostenibilidad. Hidalgo (2023) aplicó un modelo lingüístico del QFD en la cadena de valor del café, identificando oportunidades que combinan digitalización y sustentabilidad. Del mismo modo, Santoso (2024) resaltó cómo esta metodología apoya el desarrollo de nuevos productos sostenibles al priorizar criterios ambientales y de eficiencia energética. En un contexto como el de San Luis Potosí, donde la infraestructura agrícola es limitada, estas experiencias ofrecen referentes valiosos para diseñar tecnologías que respondan tanto a la voz del productor como a la necesidad de sostenibilidad.

Además, la literatura más reciente ha extendido el alcance del QFD a otros campos relacionados con el control térmico y la eficiencia energética. Piasecki et al. (2024), por ejemplo, lo aplicaron para evaluar intercambiadores de calor de mini-canales, demostrando cómo la priorización de atributos técnicos optimiza procesos energéticos. Aunque su estudio no está directamente vinculado con el café, aporta un marco conceptual extrapolable al diseño de secadores agrícolas, donde el manejo de la temperatura es crítico para garantizar la calidad del grano.

La justificación de la presente investigación radica en la necesidad de vincular las expectativas de los cafeticultores de la Huasteca Potosina con el desarrollo de un prototipo de secador de semillas que asegure la calidad postcosecha. El empleo del QFD permite estructurar estas demandas en especificaciones técnicas claras, priorizando atributos como portabilidad, resistencia a la humedad, seguridad eléctrica y operación híbrida con energía solar y eléctrica. Estas características son esenciales para responder a las limitaciones de infraestructura y a las condiciones ambientales de la región.

En síntesis, la introducción de esta investigación integra dos dimensiones: por un lado, el diagnóstico de una problemática productiva que afecta la calidad y sostenibilidad de la caficultura en San Luis Potosí, y por otro, la fundamentación teórica de una herramienta de Ingeniería Industrial, el QFD, que ha demostrado su eficacia en el diseño de soluciones tecnológicas en diversos contextos agrícolas y productivos. A través de esta combinación, el estudio busca no solo generar conocimiento aplicable a nivel regional, sino también aportar evidencia sobre el potencial de esta metodología para fortalecer cadenas de valor en el sector agroindustrial.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en el Sur del estado de San Luis Potosí, nombrado como Huasteca Potosina, todo bajo un enfoque mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos para responder a las preguntas planteadas y alcanzar los objetivos propuestos. En primer lugar, se definió el problema central, relacionado con la dependencia de los cafeticultores de la Huasteca Potosina en métodos tradicionales de secado, lo cual genera pérdidas de calidad y prolongados tiempos de procesamiento. A partir de este diagnóstico inicial se formularon las preguntas de investigación orientadas a identificar las necesidades explícitas e implícitas de los productores. Posteriormente, se delimitó el universo de estudio, conformado por aproximadamente 17 500 cafeticultores de la región de 7 municipios que conforman la Huasteca Potosina. Con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 10 %, se calculó una muestra mínima de 85 participantes; sin embargo, con la finalidad de fortalecer la representatividad del estudio se aplicaron 102 encuestas en total. La selección fue estratificada y proporcional, de manera que se incluyeron cinco comunidades representativas, lo que permitió integrar la diversidad productiva y social de la zona.

Tabla 1. Municipios con la cantidad de comunidades que producen café y comunidades seleccionadas a partir de análisis estadístico, así como número de encuestas por comunidad de acuerdo a un tratamiento estadístico.

Municipios	Total, de comunidades	Comunidades elegidas	Número de encuestas
Tamazunchale	109	El Carrizal - Papatlaco	24 – 32
Xilitla	77	Ixtacamel 1era Sección	13
Axtla de Terrazas	6	-	-
Matlapa	27	Chalchocoyo	10
Coxcatlán	17	-	-
San Martín Chalchicuautla	1	Ocuilzapoyo	6
Huehuetlán	18	-	

Fuente: Elaborado por el equipo de investigación 2025

Una vez establecida la muestra, se procedió al diseño del instrumento de recolección de datos. Se elaboraron encuestas estructuradas que incorporaron preguntas dicotómicas para conocer la disposición de los cafeticultores a adoptar un nuevo prototipo, ítems de opción múltiple para identificar preferencias en cuanto a fuentes de energía, así como escalas Likert y Customer Effort Score (CES) para evaluar aspectos como facilidad de uso, ergonomía, resistencia y portabilidad del equipo. Estas encuestas se aplicaron de manera directa en las comunidades, contando en algunos casos con el apoyo de intérpretes en lengua indígena para garantizar la claridad en la comunicación y la validez de las respuestas.

ANEXOS

Anexo A. Preguntas planteadas a los cafeticultores mediante plataforma de Microsoft Forms.

1. ¿Considera conveniente adquirir una máquina secadora de semillas café que disminuya la humedad en menos tiempo y forma efectiva?

Si

No

2. La máquina secadora de café debe resistir temperaturas bajas entre -5°C hasta 0°C.

1

2

3

4

5

3. La máquina debe funcionar u operarse de manera manual y semi automatizada.

1

2

3

4

5

4. La máquina debe ser resistente al agua (humedad en general).

1

2

3

4

5

5. La máquina debe ser desarmable para facilitar su movilidad.

1

2

3

4

5

6. El diseño y la operación de la máquina debe ser ergonómico.

1

2

3

4

5

7. La máquina debe funcionar utilizando

Gas (CH4)

Gasolina (C8H18)

Energía eléctrica (EE)

Energía solar (fotovoltaica) (ES)

Híbrida (eléctrica y solar) (H)

Ninguna de las anteriores y secado al sol directo (SOL)

Figura 1 Cuestionario realizado a cafeticultores regionales comunitarios y recolectado por <https://forms.office.com/r/zdwASAxwK?origin=lprLink>
Fuente: Elaborado por el equipo de investigación 2025

Concluida la recolección de información, los datos fueron procesados mediante técnicas de estadística descriptiva, particularmente frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central. Este análisis inicial permitió sistematizar la voz del cliente y destacar las necesidades más recurrentes expresadas por los productores.

En la pregunta ¿Considera conveniente adquirir una máquina secadora de semillas café que disminuya la humedad en menos tiempo y forma efectiva?) se muestra en la figura 2 que el 91.18% de los cafeticultores encuestados respondieron que podrían adquirir una máquina secadora de café que disminuya la humedad en menos tiempo y forma efectiva. Sin embargo, mencionan que es importante cuidar aspectos como son el costo y la garantía del producto.

Prefijo DOI: 10.70417

Crossref

Pág. 58

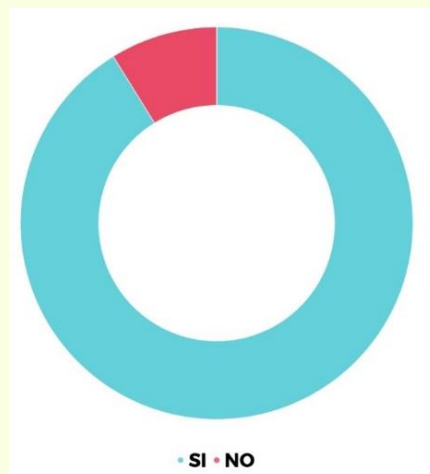


Figura 2. Gráfico porcentual de la pregunta 1, adquisición de un prototipo y/o maquinaria.

Fuente: Elaborado por el equipo de investigación 2025

Para las preguntas 2 a la 6, los resultados estadísticos se resumen en la tabla 2, donde se muestran las medias, la desviación estándar y el intervalo de confianza (IC) de un 95% de cada factor respectivamente.

Tabla 2. Tabla de medias, desviación estándar e intervalo de confianza de los factores (preguntas) realizados a los cafecultores.

Factor	N	Media	Desviación estándar	IC de 95%
Pregunta 2	102	3.578	1.230	(3.352, 3.805)
Pregunta 3	102	3.843	1.175	(3.617, 4.070)
Pregunta 4	102	4.431	1.076	(4.205, 4.658)
Pregunta 5	102	4.304	1.133	(4.078, 4.530)
Pregunta 6	102	4.245	1.198	(4.019, 4.471)

Fuente: Elaborado por el equipo de investigación 2025

Las interpretaciones de las respuestas de los cafecultores indican una clara preferencia por una máquina secadora de semillas de café que sea eficiente, resistente a la humedad, desarmable para facilitar su movilidad y ergonómica. Además, existe una fuerte inclinación hacia un prototipo que funcione con una combinación de energía eléctrica y fotovoltaica. Estos insights proporcionan una guía sólida para el diseño y desarrollo de un prototipo que satisfaga las necesidades y expectativas de los cafecultores que son la voz del cliente asignándoles un nivel de importancia como se muestra en la tabla 3.

Con esta base, se procedió a la construcción de la Casa de la Calidad, primer nivel de la metodología QFD, en la cual las expectativas identificadas se tradujeron en requerimientos técnicos del prototipo. La matriz resultante permitió establecer relaciones de importancia entre los deseos de los cafecultores y las características de diseño, priorizando atributos como seguridad eléctrica, resistencia a la humedad, diseño desarmable, portabilidad y operación híbrida con energía eléctrica y solar (ver tabla 4).

Tabla 3. Diagrama de matriz (L) para niveles de importancia en demandas del cliente

Voz del cliente	Nivel de importancia
La máquina debe funcionar de forma natural y también eléctrica	4
La máquina debe resistir temperaturas extremas	2
Que la máquina esté expuesta a la humedad	3
Que no tenga cortocircuitos cuando varíe el voltaje	4
La máquina debe ser segura al tacto	3
Compatible con redes eléctricas sin requerir instalación costosa	4
Que sea desmontable para facilitar su traslado	4
Dimensiones adecuadas para espacios confinados	3
Capacidad de secado de hasta 50kg de café	4
Fácil de instalar sin asistencia técnica	3

Fuente: Elaborado por el equipo de investigación 2025

Tabla 4. Transformación de factores de control en calidades exigidas.

Factor de control	Calidad exigida
Calidad	Utilidad y funcionamiento
Cantidad	Capacidad
Tiempo	Instalación y transporte
Costo	Sistema eléctrico y manual para instalar

Fuente: Elaborado por el equipo de investigación 2025

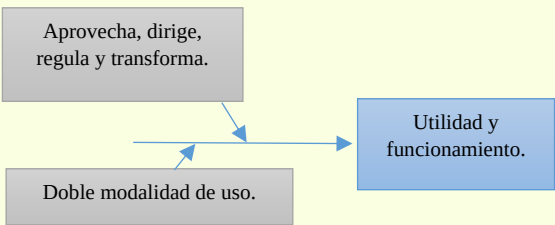
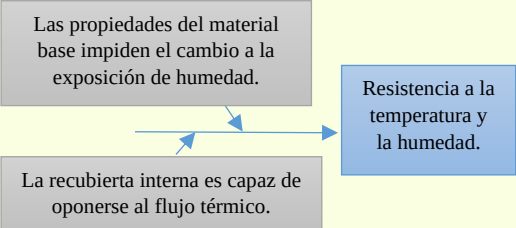
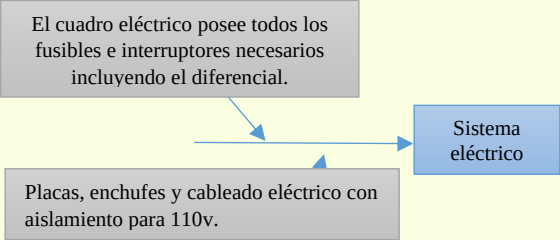
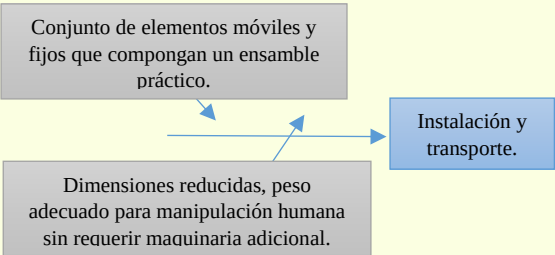
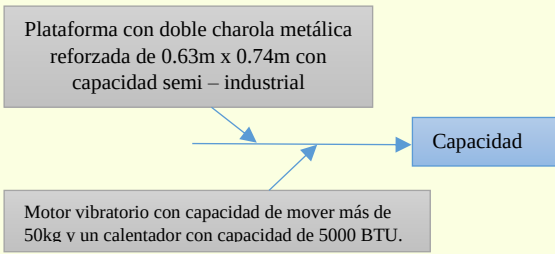
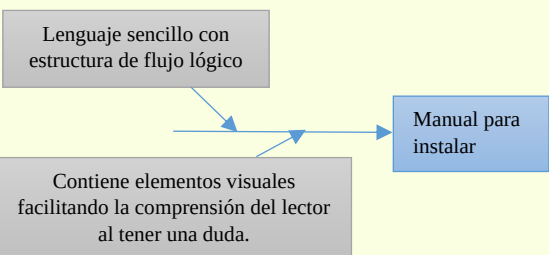
Finalmente, la interpretación de la Casa de la Calidad posibilitó la jerarquización de atributos críticos, lo que derivó en un conjunto concreto de especificaciones técnicas para el diseño conceptual del prototipo secador de semillas de café como se observa en la tabla 5. De esta manera, la metodología implementada no solo permitió dar respuesta a las preguntas de investigación, sino también garantizar que el desarrollo tecnológico propuesto estuviera sustentado directamente en las necesidades y expectativas de los productores locales.

RESULTADOS

El análisis realizado permitió confirmar que la principal problemática identificada en las comunidades cafetaleras de la Huasteca Potosina está relacionada con la deficiencia en los métodos tradicionales de secado, lo cual ocasiona pérdidas de calidad en las semillas y limita la viabilidad para la germinación. A partir de este punto se generaron los resultados que responden a las preguntas de investigación y orientan el desarrollo del prototipo secador.

En primer lugar, los datos obtenidos evidencian que más del 70 % de los productores encuestados señalaron como necesidad prioritaria la reducción de la humedad en las semillas, ya que los sistemas artesanales prolongan los tiempos de secado y elevan el riesgo de hongos y deterioro. Asimismo, una proporción considerable manifestó que la portabilidad y facilidad de uso del equipo son factores indispensables, dado que los cafetales suelen ubicarse en zonas de difícil acceso.

Tabla 5. Despliegue de las funciones de calidad dado a la calidad exigida por el cafeticultor.

Voz del cliente (Calidad Exigida)	Despliegue de función de calidad exigida
La máquina debe funcionar de forma natural y también eléctrica	
La máquina debe resistir temperaturas extremas Que la máquina esté expuesta a la humedad	
Que no tenga cortocircuitos cuando varíe el voltaje La máquina debe ser segura al tacto Compatible con redes eléctricas sin requerir instalación costosa	
Que sea desmontable para facilitar su traslado Dimensiones adecuadas para espacios confinados	
Capacidad de secado de hasta 50kg de café	
Fácil de instalar sin asistencia técnica	

Fuente: Elaborado por el equipo de investigación 2025

En segundo lugar, se encontró que los cafeticultores demandan prototipos resistentes a la humedad ambiental y con bajo consumo energético. De hecho, cerca de la mitad de los encuestados mostró preferencia por equipos híbridos que combinen energía solar y eléctrica, lo que confirma la necesidad de soluciones adaptables a comunidades con limitada infraestructura. Finalmente, el despliegue de la función de calidad (QFD) permitió organizar estas necesidades en la Casa de la Calidad, donde se priorizaron como atributos críticos: la seguridad eléctrica, el diseño desarmable, la resistencia estructural y la operación híbrida. Estos elementos se jerarquizaron en función de su importancia relativa, constituyendo los parámetros técnicos más relevantes para el diseño del prototipo. En conjunto, los resultados muestran que los cafeticultores requieren una tecnología accesible, segura y sostenible, que permita disminuir la humedad de las semillas de café y asegurar su calidad postcosecha, respondiendo directamente a las preguntas planteadas en la investigación.

CONCLUSIONES

El estudio permitió responder a los objetivos planteados en la introducción, confirmando que los cafeticultores de la Huasteca Potosina enfrentan dificultades en el proceso de secado de semillas, lo cual afecta directamente la calidad postcosecha. El diagnóstico de la situación actual evidenció la dependencia de métodos tradicionales y la necesidad de contar con alternativas tecnológicas adaptadas a las condiciones locales.

En relación con el objetivo de identificar las necesidades de los productores, las encuestas y entrevistas revelaron que los principales requerimientos están asociados con la reducción de la humedad, la facilidad de uso, la portabilidad y la resistencia de los equipos. Asimismo, se constató una preferencia por soluciones energéticas híbridas que garanticen su funcionamiento en comunidades con limitaciones de infraestructura eléctrica.

Respecto al objetivo de traducir estas necesidades en requerimientos técnicos, la aplicación del QFD permitió priorizar atributos clave como la seguridad eléctrica, el diseño desarmable, la operación híbrida y la resistencia estructural. La Casa de la Calidad se consolidó como un instrumento que vinculó la voz del cafeticultor con especificaciones técnicas viables, generando un marco sólido para el diseño de un prototipo secador de semillas de café.

En conjunto, la investigación demostró que el QFD es una herramienta metodológica eficaz para responder a problemáticas agrícolas específicas, garantizando que el diseño del prototipo esté sustentado en la voz del cliente y en las condiciones reales de la región cafetalera de San Luis Potosí.

RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos obtenidos, se recomienda continuar con la fase de diseño, construcción y validación experimental del prototipo de secador de semillas, de modo que se compruebe su eficiencia en condiciones reales de uso.

Se sugiere ampliar el estudio a un mayor número de comunidades y regiones cafetaleras para fortalecer la representatividad de los resultados y explorar posibles variaciones en las necesidades de los productores. También se recomienda integrar el análisis del ciclo de vida del prototipo, considerando aspectos ambientales y de sostenibilidad, lo que permitiría alinear el diseño con los objetivos de producción responsable y sustentable.

Finalmente, futuras investigaciones podrían aplicar el QFD en otras etapas de la cadena de valor del café, como el beneficio húmedo, el tostado o la comercialización, con el fin de generar soluciones tecnológicas integrales que respondan a las necesidades del sector.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ginting, R., Silalahi, R., & Marunduri, M. (2025). The conceptual integration of quality function deployment and value engineering for product development: A case study of water dispenser. *International Journal of Technology*, 16(1).
- Hidalgo, F., Quiñones-Ruiz, X. F., Birkenberg, A., Daum, T., Bosch, C., Hirsch, P., & Birner, R. (2023). Digitalization, sustainability, and coffee. Opportunities and challenges for agricultural development. *Agricultural Systems*, 208, 103660.
- Martínez Torres, N. A. (2022). Análisis de la producción de café en la Huasteca potosina en el contexto nacional, 1989-2019. *Revista de El Colegio de San Luis*, 12(23).
<https://doi:10.21696/rcsl122320221370>
- Piasecki, A., Hożejowska, S., Masternak-Janus, A., & Piasecka, M. (2024). Using Quality Function Deployment to assess the efficiency of mini-channel heat exchangers. *Energies*, 17(10), 2436. <https://doi.org/10.3390/en17102436>
- Razali, N., & Imran, M. (2022). *Development of Liberica coffee roasting machine using Quality Function Deployment (QFD) method as the leading product of farmers of Meranti Islands Riau*. En Proceedings of the 5th International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science (iCAST-ES 2022) (pp. 857–862). SCITEPRESS.
<https://doi.org/10.5220/0011899300003575>
- Sosa Baldivia, A., & Ruíz Ibarra, G. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de población*, 23(93), 207-230.
- Tri Ummarta, I., Santoso, I., Pranowo, D., & Choirun, A. U. (2024). Utilizing coffee bean subgrade quality by designing product development using integrated kansei words and Fuzzy QFD. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2427319.
- Santoso, I., Rau, H., Choirun, A. U., Aprilianto, H. C., Lestari, K., A'yuniah, S., & Kusumaningtyas, O. W. (2024). Application of QFD in sustainable new product development in the agro-industrial sector: a systematic literature review. *International Journal of Sustainable Engineering*, 17(1), 926-944.
- Vázquez-López, P., Espinoza-Arellano, J. D. J., González-Mancilla, A., & Guerrero-Ramos, L. A. (2022). Características de productores y plantaciones de café en la zona norte de Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE28), 101-111.

PLATAFORMA WEB PARA LA GESTIÓN Y EXPERIMENTACIÓN CON MODELOS DE APRENDIZAJE PROFUNDO EN LA DETECCIÓN DE ENFERMEDADES EN CULTIVOS

WEB PLATFORM FOR THE MANAGEMENT AND EXPERIMENTATION WITH DEEP LEARNING MODELS IN CROP DISEASE DETECTION



Dra. Deny L. Hernández Rabadán¹

Dr. Juan P. Sánchez Hernández²

Dra. Sandra E. León Sosa³

Dra. Irma Y. Hernández Báez⁴

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de una plataforma web para la detección y localización de enfermedades en cultivos, basada en las arquitecturas YOLOv5 y YOLOv7. La propuesta sigue una metodología que contempla el mejoramiento del conjunto de datos y el entrenamiento de los modelos mediante ajuste fino (fine-tuning). La aplicación permite identificar y ubicar tres enfermedades comunes en maíz: Gray Leaf Spot (GLS), Northern Leaf Spot (NLS) y Northern Leaf Blight (NLB). Para la experimentación se utilizó el CD&S Dataset, conformado por imágenes de cultivos de maíz con presencia de estas patologías. Los resultados evidencian que YOLOv7 ofrece un rendimiento superior respecto a YOLOv5 en las métricas mAP y F1 Score, lo que refuerza su potencial para tareas de diagnóstico en entornos agrícolas. Este desarrollo contribuye a optimizar procesos de monitoreo fitosanitario, favoreciendo la detección temprana de enfermedades y el uso de tecnologías de visión por computadora aplicadas a la agricultura de precisión.

ABSTRACT

This work presents the development of a web platform for the detection and localization of crop diseases, based on the implementation of two versions of the YOLO architecture: YOLOv5 and YOLOv7. The application follows a proposed methodology that includes dataset enhancement processes and model training using the fine-tuning technique. The proposed application facilitates the detection and localization of three distinct types of diseases in corn crop images. These leaf diseases are among the most prevalent, namely GLS (Gray Leaf Spot), NLS (Northern Leaf Spot), and NLB (Northern Leaf Blight). The experiment was conducted using the CD&S dataset, and the results show that YOLOv7 generally exhibits superior performance in detecting and localizing diseases in corn crops when evaluated using the mAP and F1 Score metrics in comparison to YOLOv5.

Palabras clave: Arquitectura YOLO, Aprendizaje profundo, detección de enfermedades en cultivos.

Key Words: YOLO architecture, deep learning, crop diseases detection.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales desafíos que enfrenta el sector agrícola es la propagación de enfermedades en cultivos, la cual impacta de manera directa en la productividad y calidad de

¹ Dra. Deny L. Hernández Rabadán – Docente de la Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos dhernandezr@upemor.edu.mx

² Dr. Juan P. Sánchez Hernández – Docente de la Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos juan.paulosh@upemor.edu.mx

³ Dra. Sandra E. León Sosa, – Docente de la Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos lsandra@upemor.edu.mx

⁴ Dra. Irma Y. Hernández Báez – Docente de la Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos ihernandez@upemor.edu.mx

los productos agrícolas, y representa una amenaza significativa para la seguridad alimentaria a nivel global. Este problema no solo compromete el abastecimiento de alimentos, sino que también repercute en el sustento económico de millones de agricultores, especialmente en regiones cuya economía depende en gran medida de la actividad agrícola [1].

Estas enfermedades, provocadas por diversos agentes patógenos tales como: hongos, bacterias, virus y nemátodos, generalmente presentan síntomas visuales en el follaje de las plantas desde su aparición que pueden ser monitoreados visualmente por los agricultores. Entre los síntomas más comunes se encuentran: cambios en la coloración, necrosis en las hojas, aparición de puntos con vellosidad, deformaciones estructurales, entre otros. Dichas características, cuando son identificadas oportunamente, permiten a los agricultores implementar medidas de control y mitigación de las enfermedades.

A pesar de que la detección de enfermedades en los cultivos continúa realizándose principalmente mediante observación visual, este método presenta limitaciones significativas en cuanto a su precisión, dado que depende en gran medida de la experiencia y el conocimiento técnico del agricultor para poder discernir entre enfermedades que comparten síntomas similares. La falta de formación especializada en fitopatología, así como factores subjetivos asociados al propio agricultor (nivel de atención del observador, cansancio físico, errores de interpretación, entre otros) pueden afectar de manera considerable la fiabilidad del diagnóstico. Esta imprecisión suele derivar en una atención tardía o en la aplicación de medidas de control inadecuadas, lo que favorece la propagación de la enfermedad y reduce de forma sustancial la productividad del cultivo.

En este contexto, la integración de tecnologías de información y el análisis de imágenes mediante modelos de aprendizaje supervisado, han surgido como alternativa eficiente y no intrusiva que apoya al agricultor en el diagnóstico de enfermedades. Existen una amplia cantidad de investigaciones que aplican diversos modelos de aprendizaje profundo para diagnóstico de enfermedades en cultivos [2],[3] algunas de estas investigaciones desarrollan sus metodologías sobre conjuntos de datos públicos [4]-[6], que se caracterizan por contener imágenes capturadas en condiciones controladas (iluminación homogénea, fondo uniforme, hojas aisladas y sin ruido visual), lo que facilita el entrenamiento de modelos, pero reduce su capacidad de generalización en entornos reales. Con respecto a los modelos de aprendizaje profundo, como son las redes neuronales convolucionales, han ganado preferencia en la investigación por su capacidad para extraer automáticamente características relevantes de las imágenes, manejar datos complejos y ofrecer alta precisión en tareas de clasificación comparada con métodos tradicionales [7]

Entre las aplicaciones más destacadas para el diagnóstico de enfermedades en cultivos se encuentran Plantix, Agrio, Leaf Doctor y PDD (Plant Disease Diagnosis). Estas herramientas utilizan modelos de inteligencia artificial para identificar síntomas visibles de plagas y enfermedades, ofreciendo a agricultores y técnicos agrícolas una referencia rápida para la toma de decisiones. Particularmente, Leaf Doctor se limita a aplicar técnicas de análisis de imágenes para medir y cuantificar áreas lesionadas en hojas, sin realizar clasificación basada en IA. Plantix y Agrio destacan por sus amplias bases de datos de imágenes y por proporcionar recomendaciones de manejo agrícola, mientras que Leaf Doctor se orienta a la cuantificación precisa del daño foliar en estudios científicos, y PDD busca ofrecer una

clasificación eficiente de enfermedades mediante aprendizaje profundo. Sin embargo, estas aplicaciones presentan limitaciones comunes: la mayoría restringe el acceso completo a sus funcionalidades en sus versiones gratuitas y no incluyen módulos interactivos que permitan a los usuarios entrenar y generar sus propios modelos de aprendizaje para nuevas enfermedades, lo que limita su potencial como plataformas abiertas para investigación y desarrollo.

En este artículo se presenta el desarrollo de una plataforma web diseñada para gestionar la información de cultivos y sus enfermedades asociadas, a través de la carga de un conjunto estructurado de imágenes del mismo dataset. El sistema facilita la experimentación y evaluación de modelos predictivos, empleando arquitecturas de redes neuronales convoluciones como son YOLO (You Only Look Once) en sus versiones YOLOv5 y YOLOv7, sobre un conjunto de imágenes utilizadas para entrenamiento, validación y prueba. En este trabajo se presenta resultados utilizando un conjunto de datos específico de imágenes de maíz con presencia de enfermedades.

METODOLOGÍA

El desarrollo de la plataforma web propuesta se llevó a cabo mediante un enfoque metodológico dual, combinando una metodología para desarrollo de software incremental con una metodología de inteligencia computacional para los módulos enfocados en el uso de los modelos de aprendizaje para el diagnóstico de la enfermedad. Se eligió una modelo incremental para el desarrollo del proyecto, debido a que este enfoque permite entregar versiones funcionales del sistema en etapas tempranas, aun cuando el alcance total del proyecto es complejo, el trabajar por incrementos permite incorporar de manera progresiva módulos, de manera que en un primer incremento se implementaron los módulos fundamentales, tales como: la gestión de cultivos, la gestión de enfermedades y la gestión de dataset, con el propósito de establecer una base funcional que permitiera la administración adecuada de la información necesaria para experimentación posterior. En incrementos sucesivos se incorporaron módulos de mayor complejidad técnica, entre ellos, el módulo de procesamiento de imágenes, el módulo de experimentación y entrenamiento de modelos y el módulo de evaluación de modelos entrenados. La elección de esta metodología se fundamentó en su capacidad para adaptarse a cambios y su enfoque en la validación continua de requisitos a través de entregas incrementales, lo que reduce la probabilidad de desviaciones respecto a las expectativas del proyecto y permite una retroalimentación temprana [8].

En cuanto a la experimentación con modelos de aprendizaje profundo, se empleó una metodología de inteligencia computacional orientada al entrenamiento y evaluación de arquitecturas de detección de objetos. Específicamente, se integró la arquitectura YOLO, debido a su eficiencia en la detección de objetos en imágenes y su capacidad para operar en escenarios de alta variabilidad [9]. El módulo de experimentación permitió configurar parámetros relevantes de entrenamiento, como el tamaño de batch y el número de épocas, mientras que el módulo de evaluación gestionó las métricas obtenidas de los modelos generados, con el fin de identificar aquel con el mejor desempeño frente a los datasets previamente cargados en la plataforma.

En la Figura 1 se muestra la metodología de inteligencia computacional propuesta y a continuación se detalla cada fase de la misma.

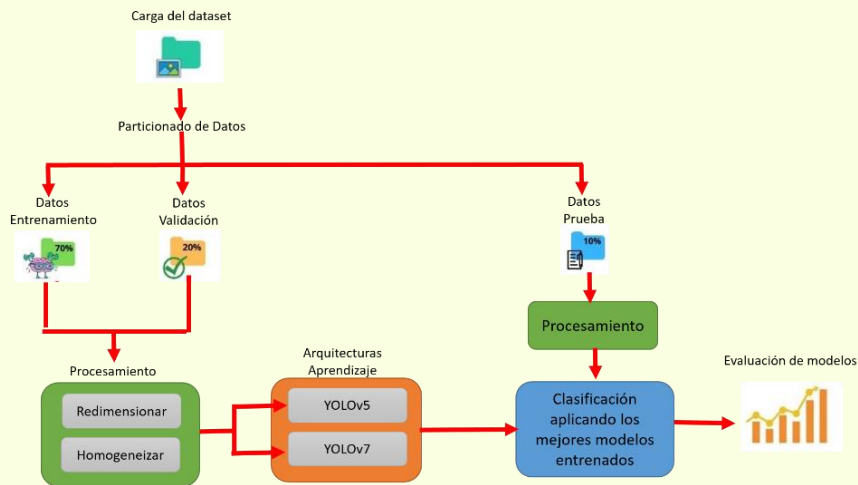


Figura 1. Metodología de Inteligencia computacional propuesta.

- A) Carga del dataset. La fase inicial de sistema es la carga del conjunto de imágenes representativas de cultivos que presentan síntomas visuales de enfermedad en su follaje. El dataset fue dividido en tres subconjuntos: imágenes para entrenamiento (70%), imágenes para validación (20%) e imágenes para pruebas (10%). Esta partición permite garantizar la generalización y evitar el sobreajuste de los modelos de aprendizaje [10].
- B) Procesamiento: En esta fase todas las imágenes del conjunto de datos se redimensionan a un tamaño uniforme de 304x304 píxeles, con el objetivo de que tengan el mismo formato para facilitar el procesamiento por la arquitectura de red neuronal convolucional. Debido a que la metodología será aplicada a imágenes complejas sujetas a variabilidad de iluminación, en esta misma fase, las imágenes se someten a un proceso de homogeneización que implica la normalización de la intensidad del color y brillo utilizando el modelo de color YIQ. En la Figura 2, se presenta el proceso a seguir para realizar la normalización, donde una imagen de referencia que muestre visualmente mejor estabilidad en brillo y color es elegida.

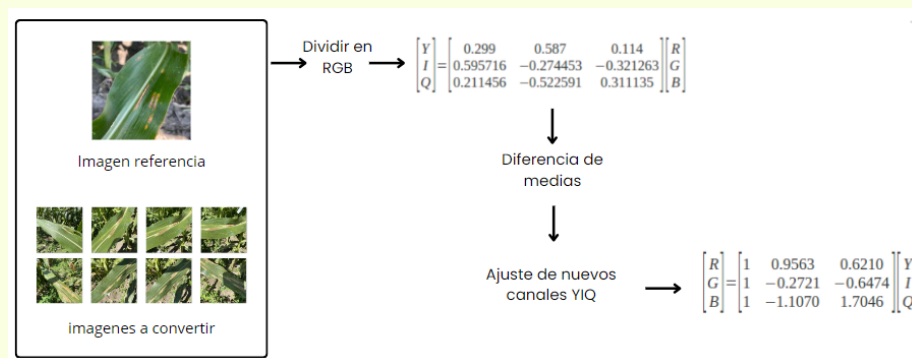


Figura 2 Metodología de Inteligencia computacional propuesta.

C) Entrenamiento con las Arquitecturas: En esta etapa, se utilizan dos modelos de detección de objetos basados en arquitecturas de redes neuronales convolucionales: YOLOv5 y YOLOv7. Ambos modelos se eligieron por ser capaces de realizar detección de múltiples objetos en una sola pasada a través de la red, ofreciendo resultados de alta precisión y eficiencia. Para el proceso de entrenamiento, se utilizó la técnica de fine-tuning, la cual consiste en partir de modelos previamente entrenados (checkpoints) y ajustar sus pesos con datos específicos del dominio de interés. Esta técnica permite optimizar el rendimiento del modelo, reduciendo el tiempo de entrenamiento y los recursos computacionales necesarios, al aprovechar características previamente aprendidas por el modelo base.

En el caso de YOLOv5x, se utilizó el checkpoint yolov5x.pt, que ofrece una precisión promedio del 50%–90% (AP50 de 50.7), con una velocidad de inferencia en CPU de 766 FPS y un costo computacional de 205.7 GFLOPS. Por otro lado, para YOLOv7 se utilizó el checkpoint yolov7.pt, el cual alcanza una precisión promedio del 50%–95% (AP50–95 de 51.4 a 51.2), con una velocidad de inferencia de 161 FPS y un costo de 104.7 GFLOPS. Ambas arquitecturas requieren del uso de cajas delimitadoras para resaltar las áreas de interés en las imágenes mediante etiquetas, lo que facilita la identificación y localización de regiones afectadas por enfermedades en los cultivos.

D) Evaluación de los Modelos: Tras el proceso de entrenamiento, se realiza una evaluación de cada arquitectura (YOLOv5 y YOLOv7) utilizando el subconjunto de prueba (10% del dataset), el cual permanece completamente aislado durante el entrenamiento para garantizar una medición objetiva del desempeño. La evaluación se llevó a cabo aplicando métricas estándar en sistemas de detección de objetos, como Precision, Recall, F1-Score y mAP (Mean Average Precision) en los rangos AP50 y AP50–95.

RESULTADOS

Los resultados de esta investigación incluyen el desarrollo de una plataforma web diseñada bajo una metodología incremental, lo que permitió construir el sistema en fases sucesivas, validando y ajustando cada funcionalidad antes de avanzar a la siguiente. La plataforma fue implementada en el lenguaje de programación Python, seleccionado por su flexibilidad y la amplia disponibilidad de bibliotecas especializadas para el procesamiento, análisis y visualización de imágenes. Entre las bibliotecas destacadas se encuentran:

- OpenCV-python: utilizada para el procesamiento y manipulación de imágenes.
- Pytorch: Biblioteca principal para construir, entrenar y evaluar modelos YOLOv5 y YOLOv7. Ofrece soporte para GPU, optimización y redes neuronales profundas.
- Numpy: Operaciones numéricas y manipulación de tensores, base para el flujo de datos del modelo.
- Matplotlib: que facilitó la representación gráfica y el análisis visual de resultados.
- PyYAML : Lectura de archivos de configuración .yaml para definir hiperparámetros, rutas de datos y configuraciones específicas de YOLO.

Para el desarrollo web, se optó por el framework Django, debido a su robustez, escalabilidad y soporte para aplicaciones de alto rendimiento. Django implementa una arquitectura lógica Modelo-Vista-Template (MVT) que permite separar claramente los datos (Modelo), la lógica del negocio (Vista) y la presentación de la información (Template). Esta organización favorece la modularidad del código, facilitando su mantenimiento, la corrección de errores, la incorporación de nuevas funcionalidades y la escalabilidad futura de la plataforma. En la Figura 3 se muestran capturas de pantalla de la vista principal de la plataforma para un usuario de tipo administrador, donde se puede observar la vista principal y el módulo para gestión del conjunto de imágenes de cultivos (dataset).



Figura 3 Capturas de pantalla de la plataforma Web. A) Vista principal, b) Módulo Gestión de cultivos.

El entrenamiento se realizó con el "CD&S Dataset", un conjunto de imágenes de cultivo de maíz que se distingue por ser adquirido en un ambiente no controlado. Este dataset se enfoca en la detección de tres enfermedades foliares comunes del maíz:

GLS (Gray Leaf Spot): Causada por *Cercospora zeae-maydis*, presenta lesiones necróticas marrones. Su detección es difícil debido a su semejanza con NLS y la variabilidad en el tamaño y color de las lesiones.

- NLS (Northern Leaf Spot): Causada por *Bipolaris zeicola*, se manifiesta con lesiones en las hojas bajas rodeadas por un borde oscuro.
- NLB (Northern Leaf Blight): Causada por *Exserohilum turcicum*, presenta lesiones largas en forma de canoa con bordes verdes y marrones, siendo más fácil de reconocer que las otras dos.

Originalmente, el dataset, creado por Aanis Ahmad [11], contenía 724 imágenes (GLS: 262, NLS: 213, NLB: 249). Sin embargo, se realizó un tratamiento de imágenes, para estandarizar la cantidad de imágenes por clase. El número final de imágenes en el dataset es de 428 (GLS: 148, NLS: 122, NLB: 158).

En la figura 4 se presenta una muestra de las imágenes para cada clase de enfermedad.

Figura 4 Ejemplos de imágenes que forman parte del dataset

El dataset original contenía imágenes con dimensión 3024x3024 píxeles, por lo que se optó por redimensionar a 304x304 píxeles. Este proceso de redimensionado de imágenes forma parte de la etapa de procesamiento en la metodología propuesta y se realiza con el fin de consumir menos recursos de la memoria en la GPU.

Una vez redimensionadas las imágenes, el siguiente paso fue realizar el proceso de normalización de color y brillo, en la Figura 5 se muestra el resultado de la normalización en un ejemplo de imagen.



Figura 5 Normalización de color y brillo en una imagen

Para evaluar el desempeño de los modelos YOLOv5 y YOLOv7 se aplicó un esquema de validación cruzada con 5 particiones (5-fold cross-validation). Este enfoque consistió en dividir el conjunto de datos en cinco subconjuntos de igual tamaño, utilizando iterativamente cuatro de ellos para entrenamiento y el restante para validación. Este procedimiento permitió obtener métricas de desempeño promedio (Precisión, Recall, F1 Score, mAP) más estables y representativas.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las métricas de rendimiento del entrenamiento de YOLOv5 y en la Tabla 2 los resultados de YOLOv7.

Tabla 1 Resultados de las métricas de rendimiento utilizando YOLOv5

YOLOv5									
Dataset	No.	Nombre modelo	Precisión	mAP@0.5	mAP@50-95	Recall	F1 Score	Error cuadrático medio	Tiempo (Hr)
Corn_Resized_YIQ	1	Corn_Resized_YIQ – Sub1	0.466	0.421	0.234	0.462	0.464	NLB: 0.025 NLS: 0.095 GLS: 0.035	0.371
	2	Corn_Resized_YIQ – Sub2	0.705	0.574	0.291	0.558	0.623	NLB: 0.037 NLS: 0.05 GLS: 0.063	0.375
	3	Corn_Resized_YIQ – Sub3	0.744	0.572	0.303	0.529	0.618	NLB: 0.092 NLS: 0 GLS: 0.034	0.400
	4	Corn_Resized_YIQ – Sub4	0.625	0.537	0.258	0.524	0.570	NLB: 0.041 NLS: 0.037 GLS: 0.023	0.400
	5	Corn_Resized_YIQ – Sub5	0.655	0.633	0.305	0.617	0.635	NLB: 0 NLS: 0.029 GLS: 0.054	0.399

Tabla 2. Resultados de las métricas de rendimiento utilizando YOLOv7

YOLOv7									
Dataset	No.	Nombre Modelo	Precisión	mAP@0.5	mAP@50-95	Recall	F1 Score	Error cuadrático medio	Tiempo (Hr)
Corn_Resized_YIQ	1	Corn_Resized_YIQ – Sub1	0.512	0.568	0.264	0.626	0.563	- NLB: 0.043 - NLS: 0.064 - GLS: 0.041	0.292
	2	Corn_Resized_YIQ – Sub2	0.607	0.536	0.28	0.563	0.584	- NLB: 0.05 - NLS: 0.04 - GLS: 0.073	0.293
	3	Corn_Resized_YIQ – Sub3	0.645	0.566	0.305	0.546	0.591	- NLB: 0.034 - NLS: 0.056 - GLS: 0.046	0.294
	4	Corn_Resized_YIQ – Sub4	0.528	0.586	0.302	0.661	0.587	- NLB: 0.001 - NLS: 0.047 - GLS: 0.023	0.295
	5	Corn_Resized_YIQ – Sub5	0.701	0.699	0.348	0.647	0.673	- NLB: 0 - NLS: 0.052 - GLS: 0.095	0.302

A partir de los resultados mostrados, en términos generales se puede decir que YOLOv7 demuestra ser una arquitectura superior a YOLOv5 en la tarea de detección de enfermedades en cultivos en el conjunto de datos utilizados. YOLOv7 muestra un rendimiento ligeramente superior en métricas clave como mAP y F1 Score; además, también ofrece una ventaja significativa en términos de eficiencia computacional, con tiempos de entrenamiento considerablemente más cortos. La capacidad de YOLOv7 para lograr un equilibrio más favorable entre precisión y recall, junto con su mayor velocidad de entrenamiento, lo posiciona como la opción preferente para la detección de enfermedades en cultivos que requieren tanto alta precisión como eficiencia operativa.

CONCLUSIONES

En esta investigación se desarrolló una plataforma web para la detección y localización de enfermedades en cultivos de maíz, la cual se implementó bajo una metodología incremental que permitió la construcción del sistema en fases sucesivas. La plataforma integró módulos que permitían la gestión de los conjuntos de imágenes, el procesamiento de las mismas y el entrenamiento y evaluación de modelos de aprendizaje, específicamente YOLOv5 y YOLOv7.

Los resultados obtenidos muestran que YOLOv7 supera ligeramente a YOLOv5 en métricas clave como mAP y F1 Score, evidenciando un equilibrio entre las métricas de precisión y recall lo cual significa que no pasa por alto enfermedades (recall) y no etiqueta erróneamente partes sanas como enfermas (precision). Además, YOLOv7 presenta tiempos de entrenamiento significativamente menores, lo que representa una ventaja en términos de eficiencia computacional. Estos hallazgos indican que YOLOv7 es la opción más adecuada para aplicaciones de detección de enfermedades en cultivos que requieren tanto alta precisión como eficiencia operativa.

En conjunto, esta investigación valida la eficacia de las arquitecturas YOLOv5 y YOLOv7 en el diagnóstico de enfermedades, incluso considerando la limitada cantidad de datos disponibles para el entrenamiento. Además, demuestra la utilidad de integrar estas arquitecturas en plataformas web modulares y escalables, sentando las bases para futuras mejoras, así como para la incorporación de conjuntos de datos más amplios y diversos que incrementen la robustez del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Y. Gai and H. Wang, "Plant disease: A growing threat to global food security," *Agronomy*, vol. 14, no. 8, p. 1615, 2024.
- [2] A. Ahmad, D. Saraswat, A. E. Gamal, and G. Johal, "CD&S dataset: Handheld imagery dataset acquired under field conditions for corn disease identification and severity estimation," *arXiv*, 2021. [Online]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2110.12084>
- [3] C. Jackulin and S. J. M. S. Murugavalli, "A comprehensive review on detection of plant disease using machine learning and deep learning approaches," *Measurement: Sensors*, vol. 24, p. 100441, 2022.
- [4] M. E. Chowdhury, T. Rahman, A. Khandakar, M. A. Ayari, A. U. Khan, M. S. Khan, et al., "Automatic and reliable leaf disease detection using deep learning techniques," *AgriEngineering*, vol. 3, no. 2, pp. 294–312, 2021.

- [5] Ü. Atila, M. Uçar, K. Akyol, and E. Uçar, "Plant leaf disease classification using EfficientNet deep learning model," *Ecological Informatics*, vol. 61, p. 101182, 2021.
- [6] K. Zhang, Q. Wu, A. Liu, and X. Meng, "Can deep learning identify tomato leaf disease?," *Advances in Multimedia*, vol. 2018, no. 1, p. 6710865, 2018.
- [7] L. Li, S. Zhang, and B. Wang, "Plant disease detection and classification by deep learning—a review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 56683–56698, 2021.
- [8] R. S. Pressman, *Ingeniería del software: un enfoque práctico*. Colombia: McGraw-Hill, 2006.
- [9] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," *arXiv:1506.02640*, 2015.
- [10] O. Wilson, D. Schoeman, A. Bradley, and C. Clemente, "Practical guidelines for validation of supervised machine learning models in accelerometer-based animal behaviour classification," *The Journal of Animal Ecology*, vol. 94, no. 7, pp. 1322–1334, 2025. [Online]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.70054>
- [11] A. Ahmad, D. Saraswat, and A. El Gamal, "A survey on using deep learning techniques for plant disease diagnosis and recommendations for development of appropriate tools," *Smart Agricultural Technology*, vol. 3, p. 100083, 2023.

3er CONGRESO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINARIO: SUSTENTABILIDAD Y DESARROLLO ALIMENTARIO

Desde México: el Cuerpo Académico de la Maestría en Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO); el Cuerpo Académico en Consolidación ITPAC-CA-3 del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Pachuca (ITP); la Universidad de Guadalajara Red Universitaria de Jalisco (UdeG); el Centro Universitario de la Ciénega a través del Cuerpo Académico CA-UDG-562 y la Federación Global de Profesiones A.C. (FGDP).
Desde Argentina: la Federación de Cooperativas Federadas Ltda. (FECOFE); la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) a través del Programa de Gestión de la Tecnología y la Innovación en el Medio Socioproductivo.

CONVOCAN

A investigadores y docentes, a la comunidad estudiantil, a los especialistas en Innovación, Economía, Sustentabilidad, a los colaboradores en empresas privadas, gobierno municipal, estatal o federal, órganos no gubernamentales y a todos aquellos interesados en formar parte del desarrollo sustentable y alimentario de las naciones al:

3er Congreso Internacional Multidisciplinario: Sustentabilidad y Desarrollo Alimentario -InMuSDA 2026-

Objetivo del Congreso: Generar una participación activa en el desarrollo sustentable y la seguridad alimentaria a nivel global, compartiendo las experiencias obtenidas en la investigación científica y el emprendimiento dado en colaboración institucional, administración empresarial, la gestión pública y/o la sociedad en general.

El congreso se desarrollará los días 26 y 27 de febrero del 2026, con actividades virtuales y presenciales, siendo la **SEDE el Instituto Tecnológico de Pachuca**.

Actividades a desarrollar: Conferencias Magistrales, talleres y presentación de trabajos de investigación científica, proyectos empresariales y/o administrativos, la totalidad de los trabajos presentados durante el congreso podrán ser considerados para publicarlos a través de la FGDP. Los trabajos deberán estar orientados en la temática del congreso y se clasificarán en las siguientes mesas:

Mesa 1: Procesos Industriales

Mesa 2: Agronomía

Mesa 3: Sustentabilidad Ambiental

Mesa 4: Innovación

Recepción de los trabajos en extenso	Fecha inicial	Fecha final
	01 de octubre del 2025	15 de enero del 2026

En ningún caso y por ningún motivo se aceptarán trabajos después del 15 de enero del 2026.

Para conocer más sobre el congreso y para el registro de los trabajos ir a: <https://congresointernacional.com/InMuSDA/2026.html> y/o a través de los códigos QR abajo mostrados. Todos los trabajos registrados podrán participar en la modalidad de "ponencia" con una duración máxima de 10 minutos para desarrollar el tema y 5 minutos para preguntas y respuestas.

La totalidad de los trabajos que concluyan con el proceso de registro se enviarán a revisión por par ciego en el comité arbitral para su aprobación y posible recomendación para ser publicados. Los trabajos aceptados serán notificados por correo electrónico y se darán a conocer en la agenda general del congreso. La publicación podrá ser en la revista científica FEGLININ, ISSN 2594-2298 e indexada en Latindex y en Crossref (las publicaciones incluyen código DOI), o en la revista electrónica GoEL (las publicaciones no incluyen código DOI), la elección de la revista se encuentra a consideración de los autores por lo que se comparten a continuación ligas electrónicas de cada una de ellas para su valoración: <https://federacionglobal.com/FEGLININ.html>; <https://goelpro.com/>, los lineamientos que deben cumplir cada uno de los trabajos se encuentran publicado en la pág. web del congreso.

La asistencia al evento se podrá registrar a partir del 01 de octubre del 2025 hasta el 31 de enero del 2026.



Registro de ponencia

Donativo:		
Autores	Revista GoEL	Revista FEGLININ
Estudiante	\$900.00 por trabajo presentado	\$4,500.00 por trabajo presentado
Docente, Investigador, profesionalista independiente.	\$1,200.00 por trabajo presentado	\$5,100.00 por trabajo presentado
ASISTENTE		
Estudiante	Acceso libre	
Público en general		

1 el donativo está indicado en pesos mexicanos
2 de necesitarse una constancia de asistencia, tendrán un costo de \$350.00 y la deberá solicitar por correo electrónico el interesado.

Los pagos se habrán de realizar en:

BBVA (Bancomer)
Titular de la cuenta: FEDERACIÓN GLOBAL DE PROFESIONES A.C.
Tipo de moneda: pesos mexicanos
Número de Cuenta: 0111752650
Cuenta Clabe: 012261001117526504
Código SWIFT: BCMRMXMPYM para transferencias internacionales.

Para mayores informes sobre el evento:

*ITP

Dra. Katia Lorena Avilés Coyoli
katia.ac@pachuca.tecnm.mx
Mtra. Norma López Pérez
norma.lp@pachuca.tecnm.mx
Dra. Rosa Irene Rojas Rauda
rosa.rr@pachuca.tecnm.mx
Dra. Elisa Monterrubio Cabrera
elisa.mc@pachuca.tecnm.mx

*ITO

Dra. María Eloísa de la Asunción
Gurruchaga Rodríguez
eloisa.gr@orizaba.tecnm.mx
Dr. Fernando Ortiz Flores

*FECOFE

Ing. Eduardo Aranzábal
eduardo.aranzabal@gmail.com

*UNAJ

Dr. Federico Walas Mateo
fwalas@unaj.edu.ar
Ing. Industrial Sonia Fretes
sonia.fretes7@gmail.com

*U de G

Dra. Ma. Soledad Castellanos Villarruel
ma.castellanos@academicos.udg.mx
Dr. Lucio Guzmán Mares
lucio.guzman@academicos.udg.mx

*FGDP

Mtro. Juan Pablo Díaz Moreno
congreso@federacionglobal.com
Para el seguimiento administrativo:
Lic. Sandra Patricia V. H.
Secretaría General FGDP Tel.
7221473150
administracion@federacionglobal.com



Registro de asistencia

