

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS PARA INCREMENTAR LA CADENA DE VALOR DE LA PAPA AGROECOLÓGICA EN LOS PESCADOS, VERACRUZ

Technological Innovations to Increase the Value Chain of Agroecological Potatoes in Los Pescados, Veracruz

María Salomé Alejandre Apolinar¹, Hugo Amores Pérez² *, Irma Angélica García González³, Juan Carlos Moreno Seceña⁴

*Autor de correspondencia

DOI: [10.56643/rcia.v5i1.239](https://doi.org/10.56643/rcia.v5i1.239)

Como citar este artículo: Alejandre Apolinar, M. S., Amores Pérez, H., García González, I. A. y Moreno Seceña, J. C. (2026). Innovaciones tecnológicas para incrementar la cadena de valor de la papa agroecológica en Los Pescados, Veracruz. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura. 5(1). 40-66. <https://doi.org/10.56643/rcia.v5i1.239>

Resumen

La comunidad de Los Pescados, localizada en el municipio de Perote, en el estado de Veracruz, se dedica principalmente a la agricultura, la ganadería y a actividades forestales en un clima templado de zona montañosa. Entre sus principales cultivos se encuentra la papa, que se ha consolidado como una fuente de ingresos. Sin embargo, los agricultores enfrentan serias dificultades para acceder a mercados que valoren y remuneren adecuadamente su producto, lo que los lleva a destinar una gran parte de la cosecha al autoconsumo o a su transformación artesanal en subproductos como harina o botanas. Las innovaciones tecnológicas para incrementar la cadena de valor de la papa agroecológica en Los Pescados, Veracruz, se desarrolla a partir de la aplicación de la metodología de I+D (Investigación y Desarrollo), que permite implementar estrategias didácticas de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para la adquisición de conocimientos por los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

1 Licenciada en Informática. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0232-8217>

2 Ingeniero Mecánico Electricista. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0260-4872>. Correo electrónico: hugo.ap@xalapa.tecnm.mx

3 Ingeniera en Electrónica. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0586-1785>

4 Doctor en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0251-7586>

Recibido: 06/01/2026 | Aceptado: 02/03/2026 | Publicado: 15/06/2026

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue financiada con recursos de los autores.

El objetivo de la investigación fue desarrollar habilidades para resolver el problema que supone la colocación de productos en el mercado enfrentado por los agricultores de la localidad. La misma se realizó en tres etapas: 1. investigación-documentación, 2. diseño y construcción de prototipos y 3. presentación de resultados. La aplicación de la metodología de I+D hizo posible que los estudiantes adquirieran conocimientos prácticos que les permitieran abordar la transformación y comercialización de productos. Así, se logró diseñar y construir cuatro prototipos automatizados, que representan soluciones innovadoras para la transformación y valorización de la papa, lo que abonó a conseguir mejores rendimientos en el procesamiento de esta materia prima y disminuir las mermas de residuos. Además, se redujeron los tiempos de procesamiento y de maquila homogénea del producto final.

Palabras clave: Agroindustria, automatización, transformación de los alimentos; educación Superior, tecnología aplicada.

Abstract

The community of Los Pescados, located in the municipality of Perote, in the state of Veracruz, is primarily dedicated to agriculture, livestock farming, and forestry in a temperate mountain climate. Among its main crops is the potato, which has become a significant source of income. However, farmers face serious difficulties accessing markets that value and adequately compensate their product, leading them to allocate a large portion of the harvest to self-consumption or artisanal processing into byproducts such as flour or snacks. Technological innovations to increase the value chain of agroecological potatoes in Los Pescados, Veracruz, are being developed through the application of R&D (Research and Development) methodology, which allows for the implementation of Project-Based Learning (PBL) strategies for knowledge acquisition by students of the Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

The objective of this research was to develop skills to address the problem of placing products in the market faced by local farmers. The project was carried out in three stages: 1. research and documentation, 2. design and construction of prototypes, and 3. presentation of results. The application of the R&D methodology enabled students to acquire practical knowledge that allowed them to address the transformation and commercialization of products. Thus, four automated prototypes were designed and built, representing innovative solutions for the transformation and valorization of potatoes. This contributed to

achieving better yields in the processing of this raw material and reducing waste. Furthermore, processing times and the homogeneous production of the final product were reduced.

Keywords: Agroindustry, automation, food processing; Higher Education, applied technology.

Introducción

En México, la educación superior demanda la formación de profesionales con sentido crítico, capaces de resolver los problemas reales con los que se encuentran. En este sentido, las instituciones necesitan un cambio profundo, que las encamine para brindar una educación superior más flexible, centrada en que el aprendizaje del estudiante esté alineado con el contexto social, económico y ambiental. La aplicación de metodologías que fomentan el trabajo en equipo, que permiten al docente y al alumno relacionar la teoría con la práctica mediante el desarrollo de proyectos reales que resuelven problemáticas y son útiles para la sociedad es una opción viable para promover el desarrollo de las competencias planteadas por Del Castillo (2019). El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología que fomenta las relaciones interpersonales, el trabajo colaborativo, la capacidad de organización y planificación, al tiempo que aumenta la motivación extrínseca, la autoeficacia y, por ende, el rendimiento académico (De La Reguera et al., 2019).

Como señalan Zambrano Briones et al. (2022), el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una estrategia metodológica didáctica que propicia un cambio de roles entre los principales actores del proceso de enseñanza-aprendizaje, que difiere de los roles que suelen desempeñar en la educación tradicional. La presente investigación considera el uso de dicha metodología para propiciar el trabajo colaborativo entre el sector productivo y los maestros y alumnos de diversas carreras impartidas en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, quienes desarrollan una tecnología innovadora con el propósito de apoyar a los agricultores de la localidad de Los Pescados, Veracruz.

La comunidad de Los Pescados, ubicada en el municipio de Perote, Veracruz posee una economía diversificada, que combina la pesca artesanal con la agri-cultura a pequeña escala. El clima de la zona es templado húmedo; su temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C; registra un alto nivel de precipitaciones que favorece el cultivo de papa, maíz y hortalizas, según lo reporta el

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020). A pesar de la riqueza natural del lugar, muchos habitantes enfrentan desafíos económicos ocasionados por los bajos costos de los productos agrícolas durante la temporada de cosecha. Esta situación vuelve crucial el desarrollo de tecnologías accesibles que agreguen valor a dichos productos y hagan posible el procesamiento de uno de los principales cultivos de la localidad, la papa, que en este caso es considerada agroecológica, pues en su producción se aplican principios y prácticas que priorizan la sostenibilidad ambiental y la salud del suelo. Se busca que con los prototipos diseñados sea posible procesar excedentes de papa, reduciendo pérdidas y evitando accidentes durante su manipulación, para lograr productos derivados, como harina, papas en rodajas deshidratadas, papas fritas, entre otros que poseen mayor vida útil y el valor comercial indicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021).

Las papas procesadas son un componente integral de la industria alimentaria. Para producirlas se requiere la transformación de la papa mediante el rebanado, un paso crítico en la elaboración de diversos productos alimenticios. Investigaciones recientes han mostrado un creciente interés en el desarrollo de prototipos automatizados que mejoren la eficiencia y la calidad de los procesos (Smith y Fressoli, 2021).

El diseño y desarrollo de peladores, rebanadores, deshidratadores y molinos de papa automatizados involucra una variedad de disciplinas de ingeniería, incluyendo la ingeniería mecánica, el diseño de sistemas, el control de procesos, a lo que se suman consideraciones de seguridad y normativas alimentarias establecidas por las autoridades sanitarias (Nestlé, 2025, 5 de noviembre). Aunado a ello, para el desarrollo de estos equipos es importante tener en cuenta la selección de materiales a utilizar, ya que estarán en contacto con los alimentos, como también que el diseño sea higiénico (Win et al., 2019).

Considerando lo anterior, hoy en día las instituciones de educación superior son escenarios propicios para desarrollar proyectos que sirvan de apoyo a la sociedad. Los mismos requieren trabajo colaborativo, que fomente las relaciones interpersonales, como lo hace la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Este trabajo tiene como objetivo describir la implementación del ABP en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, específicamente en el diseño de tecnologías innovadoras. Para ello se siguió un enfoque de ingeniería aplicada, cuyo propósito central fue abordar los desafíos productivos con que se encuentran los agricultores locales, por ejemplo, cuellos de botella, optimización de tiempo. Con ello se espera contribuir a la eficiencia de la cadena de valor y al fortalecimiento de la agricultura agroecológica en la región. La adopción de este enfoque reside en su capacidad para incrementar la productividad y la rentabilidad, optimizando recursos y reduciendo pérdidas. Así, estas intervenciones realizan un aporte directo a dos objetivos estratégicos: la optimización de la cadena de valor agroalimentaria, que se volverá más eficiente, y el fortalecimiento de la agricultura agroecológica de la región, proveyendo una tecnología innovadora que mejora la productividad y promueve la sostenibilidad ambiental.

MARCO TEÓRICO

La cadena de valor agroecológica enfrenta desafíos críticos en términos de pos-cosecha, lo que limita el acceso a tecnologías, al tiempo que se registra una baja comercialización de productos con valor agregado, como menciona la FAO (2021). Para el caso específico de la papa (*Solanum tuberosum*), cultivo clave en la comunidad de Los Pescados, Veracruz, las condiciones climáticas, que incluyen lluvias excesivas y granizo en un ambiente templado subhúmedo y relativamente fresco durante todo el año, generan dificultades (INEGI, 2020). Esto hace necesario conocer a profundidad dicha problemática, con el propósito de contribuir a su resolución mediante la implementación de tecnologías basadas en la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

1. Agroecología, desarrollo rural y prácticas agroecológicas

La agroecología, una perspectiva que integra sostenibilidad ambiental, equidad social y viabilidad económica, busca fortalecer los sistemas alimentarios locales, en el sentido en que son analizados por Nicholls y Altieri (2018). En comunidades como Los Pescados, la agroecología adquiere relevancia, pues promueve la soberanía alimentaria por medio del uso de técnicas agrícolas tradicionales, entre ellas, manejo de fertilidad del suelo, manejo de plagas, siembra y selección de cultivos que abonen a la sostenibilidad de los medios de subsistencia (Ávila et al., 2019).

El término “sostenibilidad”, que significa “durabilidad” de recursos, surgió para iniciar un movimiento de concientización que permitiera comprender la importancia del cuidado y el mantenimiento del medio ambiente (Benítez et al., 2021, p. 68).

Pachón (2007) define el “Desarrollo Rural como el conjunto de acciones o de propuestas que buscan mejorar las condiciones de producción y los ingresos de los campesinos para lograr mejores niveles de vida y participación, y superar la pobreza”. Claramente, el desarrollo rural fue diseñado para incrementar la producción y elevar la productividad.

Las prácticas agroecológicas, por ende, representan la aplicación de conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de sistemas alimentarios sostenibles (Wezel et al., 2020).

2. Pérdidas poscosecha y valor agregado

Según la FAO (2021), hasta 30% de la producción agrícola de los países en desarrollo se pierde por falta de infraestructura de procesamiento. En el caso de la papa, tecnologías que incluyen deshidratadores automatizados y equipos de pelado, rebanado y molinos automatizados han demostrado que sirven para reducir pérdidas y aumentar su vida útil (Romero, 2019).

Ceroli (2023) señala que uno de los principales problemas de los cultivos de papa es la alta velocidad con que se produce el pardeamiento enzimático. Esto hace necesario implementar procesos que permitan obtener productos o derivados mínimamente procesados cuya vida útil sea mayor a la del producto fresco, modificando de manera ínfima sus características sensoriales. En la actualidad, se agrega valor al producto a partir de la elaboración de nuevos subproductos, por ejemplo, harina, lo que da lugar a nuevas formas de producción y de comercialización de productos frescos, cortados, haciéndolos más atractivos y fáciles de preparar por el consumidor.

3. Innovación tecnológica

El diseño de prototipos automatizados y adaptados a zonas rurales es clave para escalar soluciones sin tener que depender de grandes industrias o de contar con enormes cantidades de recurso económico. En este caso, se propusieron iniciativas sustentadas en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP),

las cuales lograron implementar diversas tecnologías con la participación de estudiantes, profesores y comunidades (Ayala y Ayala, 2017).

La presente investigación empleó la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con un enfoque activo que integra conocimientos teóricos y habilidades técnicas para resolver problemas reales en contextos educativos en los que se busca vincular el aprendizaje colaborativo con el desarrollo de proyectos en el aula. El aula es el lugar en el que se construye el conocimiento a partir de los saberes previos (Cayambe et al., 2023).

Del Sol-Ávila y Tapia-Bernabé (2025) enfatizan en la articulación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la teoría del aprendizaje significativo, considerando que ambas perspectivas comparten un enfoque centrado en el aprendiente, en la contextualización del conocimiento y la conexión entre teoría y práctica.

Por su parte, Álvarez (2023) menciona que es necesario ampliar los entornos de aprendizaje mediante la vinculación con herramientas tecnológicas que satisfagan las expectativas de universalidad y que logren que el estudiante multitareas se sienta cómodo, prestando atención a cada conocimiento que se le comparta en el aula. Para esta investigación, se propusieron diversos proyectos a estudiantes de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa que realizarían sus residencias profesionales. El estudio se estructuró en cinco fases: 1) detección de necesidades de los agricultores, 2) presentación de propuestas tecnológicas con sus respectivos bocetos, 3) prototipado y pruebas, 4) validación de los prototipos propuestos para el preprocesamiento poscosecha de la papa agroecológica y 5) aprendizaje cooperativo del grupo de agricultores y su familia. Una vez definida la metodología que sería aplicada en este proyecto, se dio inicio a la primera etapa, esto es, la formulación del plan de trabajo. Entre las actividades se definió realizar entrevistas semiestructuradas, ideales para recopilar información detallada sobre prácticas, desafíos y percepciones respecto a la adopción de tecnología. Así, se efectuaron siete visitas de campo con el objetivo de determinar las necesidades (véase tabla 1) y plantear posibles soluciones a la problemática detectada.

Tabla 1.*Necesidades identificadas en las entrevistas*

Categoría de proceso	Necesidad identificada	Posible solución
Lavado de papa	Asegurar la limpieza de la papa con el menor consumo de agua	Prototipo automatizado con control de parámetros de temperatura y tiempo
Deshidratado de papa	Control preciso de temperatura y tiempo para un deshidratado uniforme que preserve la calidad	Prototipo automatizado con control de parámetros de temperatura y tiempo
Pelado de papa	Reducir el desperdicio, el pelado irregular, evitar accidente frecuentes	Diseño de un prototipo automatizado de alta velocidad
Molido de papa	Obtener una harina de textura uniforme para evitar contaminación	Prototipo de molino con control de velocidad y temperatura, con sensores de precisión ajustables

Se concluyó que era necesario crear tecnología automatizada que contribuyera a mejorar los procesos realizados de manera constante. Así, se propuso diseñar los siguientes prototipos automatizados:

- Un lavador y pelador de papas
- Un rebanador de papas
- Un deshidratador
- Un molino / pulverizador

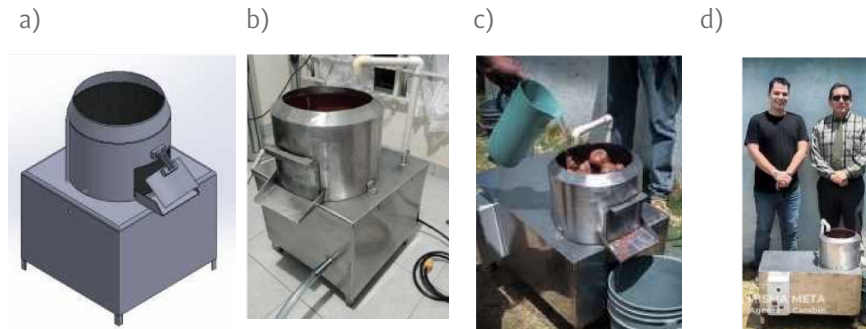
A continuación, se presentan las distintas técnicas utilizadas para el desarrollo de los prototipos automatizados.

1. Diseño y creación de un prototipo lavador y pelador de papas

Con el apoyo de un estudiante de residencias profesionales de la carrera de Ingeniería Mecatrónica se diseñó y construyó un prototipo lavador y pelador de papas (figura 1), con el objetivo de facilitar y agilizar estos procesos. Además, se identificó la necesidad de que este prototipo fuera automatizado. Para desarrollarlo, el estudiante aplicó conocimientos de diseño mecánico, automatización, programación, sistemas y máquinas de fluidos, entre otros; el prototipo se construyó con acero inoxidable de grado quirúrgico y permitió realizar el lavado y pelado de las papas de manera simultánea, empleando muy poca agua.

Figura 1.

Prototipo lavador / pelador de papa



Nota: Estas imágenes corresponden al proceso: a) boceto del lavador / pelador; b) prototipo concluido; c) prueba del prototipo; d) estudiante responsable.

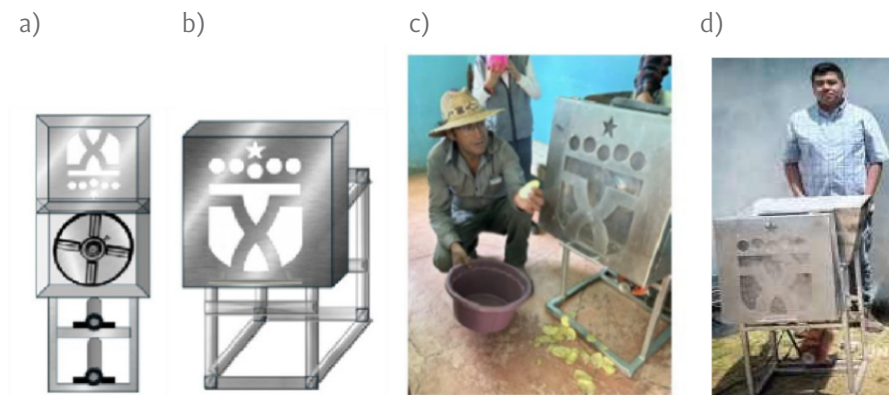
2. Diseño y creación de un rebanador de papas automatizado

Este equipo complementa al lavador y pelador de papas. Fue elaborado por un estudiante de residencias profesionales de la carrera de Ingeniería Mecatrónica. Algunos de los problemas que se presentan con frecuencia al rebanar papa son los accidentes, el remanente y los tiempos de rebanado. Por este motivo se optó por desarrollar un rebanador automatizado, con el que se obtuvieron rodajas uniformes para fritura. El rebanador fue construido con materiales de alta calidad, como se muestra en la figura 2; se elaboró con acero inoxidable de grado alimenticio, que garantiza su durabilidad y resistencia en el tiempo y cumple con la norma NMX-FF-109/1-SCFI-2016. El diseño logrado lo hace ideal

para ser usado en cualquier ambiente de producción. El rebanador automatizado permite cortar grandes cantidades de papas en poco tiempo, aumentando la eficiencia del proceso de producción. Además, el corte uniforme de las papas posibilita una cocción más homogénea y una presentación más atractiva del producto final.

Figura 2.

Prototipo rebanador de papa



Notas: Estas imágenes corresponden al proceso: a) boceto del rebanador abierto; b) boceto del rebanador cerrado; c) prueba del prototipo; d) estudiante responsable.

Al rebanar la papa agroecológica, se detectó que era posible aprovechar el desperdicio o merma resultante. Por eso, con apoyo de un estudiante de Ingeniería Mecatrónica en residencias profesionales se decidió crear un prototipo deshidratador completamente automatizado. Para hacerlo, el estudiante aplicó sus conocimientos de termodinámica, automatización, diseño mecánico, programación, transferencia de calor, entre otros (figura 3b). El prototipo construido permite aprovechar la merma de papa deshidratada, destinándola a la elaboración de otros productos. La deshidratación, esto es, la eliminación de agua de la merma, la transforma en un producto seco, que puede ser molido en polvo, procedimiento que posibilita la preservación de los alimentos por un periodo prolongado. Dicho procedimiento reduce significativamente el peso y el volumen de las papas. La eficiencia de deshidratación determina la cantidad de polvo disponible.

Considerando que la eficiencia de deshidratación de la papa corresponde al porcentaje del peso original retenido tras eliminar el agua, la cantidad de polvo disponible depende del contenido de agua de la papa y del método de deshidratación utilizado. Habitualmente, el contenido de agua de las papas frescas es de 75 a 80%. El peso final de la papa después de deshidratarla estará dado, principalmente, por el peso de los sólidos secos. Si una papa fresca tiene 80% de agua, el restante 20% es sólido seco. Por lo tanto, la eficiencia de la deshidratación tras aplicar el procedimiento es de aproximadamente 20%. Esto significa que habrá alrededor de 20 gramos de papa deshidratada por cada 100 gramos de papa fresca. Sin embargo, este valor puede variar ligeramente dependiendo de varios factores, a saber: el tipo de papa y la forma en que se deshidrata. En este caso se utilizó papa fresca y para deshidratarla se colocó su merma directamente en el prototipo automatizado, como se muestra en la figura 3.

Figura 3.

Prototipo deshidratador



Notas: Estas imágenes corresponden al proceso: a) boceto del deshidratador; b) prototipo concluido; c) prueba del prototipo; d) estudiante responsable.

4. Diseño y creación de un molino / pulverizador automatizado

Una vez construido el deshidratador se platicó con los agricultores sobre la posibilidad de aprovechar la merma o residuo para agregar valor al producto deshidratado. Así, se planteó que sería posible transformar la papa en harina, lo que supuso el desarrollo de un prototipo especializado para su molienda. Con este propósito, se estableció una colaboración interdisciplinaria con los estudiantes residentes de Ingeniería Mecatrónica.

Una encuesta realizada por López et al. (2025) indica que la mayor parte de residuo que genera la población rural responde a la merma ocasionada por la descomposición de cosechas / productos cuya vida de anaquel es reducida. Considerando esta información, el desarrollo del prototipo se fundamentó en la aplicación de conocimientos de diseño mecánico, automatización, programación avanzada y control para la selección de materiales, mecanizado de componentes y cálculo estructural, a fin de asegurar la robustez y eficiencia del prototipo que permitiría reutilizar ese residuo. Asimismo, se integraron principios de automatización y control para la implementación de componentes electrónicos, como Arduino, y se diseñaron la interfaz de operación y algoritmos de control que fueron desarrollados en el software Arduino IDE.

El prototipo se construyó con acero inoxidable, para asegurar su estabilidad y durabilidad. Se le incorporaron aspas para el molido, también de acero inoxidable (figura 4), que permitieran un pulverizado eficiente, haciendo polvo todo lo que se requiriera, como se muestra en la figura 4c. A la par se definió que debía ser portátil y ligero, para permitir su fácil traslado hacia el lugar en que sería utilizado y pudiera adaptarse a cualquier entorno.

Figura 4. Prototipo molino pulverizador



Notas: Estas imágenes corresponden al proceso: a) boceto del deshidratador; b) prototipo concluido; c) prueba del prototipo.

Resultados y discusión

El aprendizaje cooperativo del grupo de agricultores y su familia

En este proyecto participaron activamente habitantes de la localidad de Los Pescados, Veracruz, incluyendo a todos los integrantes de un hogar de emprendedores —padres, hijo, nuera, nietos— y a vecinos. La historia de esta familia agricultora evidencia que el trabajo en equipo ha sido fundamental para el logro de las metas y objetivos que se propusieron alcanzar. En este sentido, cada miembro de esta familia desempeña un papel crucial en el desarrollo y éxito de su emprendimiento. Su labor se enfoca en la producción de papas fritas, un producto que ha ganado popularidad en la región gracias a su sabor y calidad.

Distribución de las actividades agrícolas y comerciales

Cada integrante de la familia conoce el rol que desempeña en cada uno de los procesos, a saber: siembra, cosecha, lavado, pelado, corte, freído y empaquetado. El papel de cada miembro de la familia es relevante para el funcionamiento de este pequeño negocio. Los padres, a pesar de su avanzada edad, siguen siendo la columna vertebral de la finca; supervisan las labores y aconsejan a su hijo en la toma de decisiones importantes. El hijo, por su parte, se encarga de las tareas más exigentes, desde la siembra y el cuidado del ganado hasta la cosecha y el procesamiento de las papas. La nuera, por su lado, es una pieza clave en la elaboración de las papas fritas. Dada su habilidad en la cocina, se encarga de la cocción y el sazonamiento, asegurándose de que cada bolsa de papas tenga el sabor característico que las ha hecho tan populares. La hija también aporta al negocio, ayudando en el empaquetado y en otras tareas menores. Los nietos colaboran de igual manera, contribuyendo al funcionamiento general del emprendimiento familiar.

A pesar de las dificultades que enfrenta a diario, esta familia ha logrado consolidar su negocio gracias a su esfuerzo y dedicación. Cada día trabajan juntos para ofrecer un producto de calidad y asegurar el bienestar de su hogar y de su comunidad. Su historia es un ejemplo inspirador de cómo el trabajo en equipo y la colaboración pueden hacer la diferencia en cualquier proyecto. Ahora, con el apoyo de la tecnología, podrán generar mayores ingresos, su tarea será más eficiente y tendrán más tiempo para realizar otras actividades.

En la educación superior, el ABP prepara a los futuros profesionales para desa- fíos laborales, ya que simula entornos como los de esta propuesta, en los que deben tomar decisiones y comunicar los resultados esperados por una comu- nidad para hacer más eficientes sus procesos.

La inclusión de estudiantes de Ingeniería Mecatrónica que desarrollaron distin- tos prototipos de innovación tecnológica está dirigida a optimizar el procesa- miento de la papa agroecológica poscosecha en Los Pescados, Veracruz.

El apoyo a esta comunidad con innovaciones tecnológicas que contribuyen al procesamiento de este tubérculo no sólo mejoró sus ingresos; además, promo- vió la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible, aspectos alineados con los objetivos de desarrollo sostenible.

El diseño y la puesta en marcha del lavador y pelador de papas benefició de manera significativa a los agricultores de la localidad de Los Pescados, ya que permitió optimizar estos procesos brindando una solución eficiente y mejo- rando las condiciones en que realizan su trabajo en la región. En la tabla 2 se comparan los resultados del lavado y el pelado manual con los obtenidos en el proceso automatizado:

Tabla 2.
Proceso de lavado manual versus automatizado

Proceso	Tiempo lavado	Tiempo Pelado	Tiempo total (pelado y lavado)	Masa inicial
Manual	4.92 minutos	6.50	11.42 minutos	2 kg
Automatizado	1 minuto	1 minuto	2 minutos	2Kg

De acuerdo con los resultados consignados en la tabla 2, el desempeño del prototipo superó las expectativas iniciales. El pelado y lavado para obtener dos kilogramos de papa tomó 11.42 minutos, que representan el tiempo acumula- do medido en una muestra real, 4.92 minutos dedicados al lavado y 6.50 al pelado. El proceso manual de lavado y pelado de 10 kilogramos de papa requ- ría dedicar aproximadamente 56 minutos. Con la implementación del sistema automatizado, el tiempo destinado a estas tareas se redujo a sólo cinco minu- tos, utilizando únicamente un litro de agua. Ello representa una reducción de

91.07% en el tiempo de procesamiento, atribuible a la ejecución simultánea de ambas actividades a la vez (lavado y pelado). Consecuentemente, la capacidad de procesamiento experimentó un incremento sustancial, pasando de 10 kg / hora a 120 kg / hora. Para calcular la reducción del tiempo de procesamiento, en este caso 91.07%, primero se calcula el tiempo de ahorro, es decir, 56 - 5 minutos = 51 minutos. Posteriormente, se obtiene el porcentaje que representa ese ahorro: $51 / 56 \times 100\% = 91.07\%$.

Este dispositivo fue diseñado específicamente para hacer frente a los desafíos enfrentados por los agricultores al producir frituras de papa en la región de Los Pescados. El pelador de papas automatizado, con capacidad para pelar y lavar hasta dos kilogramos de papas por minuto, se posiciona como una herramienta invaluable para agilizar estos procesos y mejorar la eficiencia. En el ámbito industrial, la eficiencia y la automatización desempeñan un papel crucial en el aumento de la productividad y la optimización de los procesos. En este caso, el dispositivo fue diseñado para agilizar y simplificar los procesos de pelado y lavado de papas en entornos comerciales y de producción a pequeña escala.

Por otra parte, cabe señalar que los peladores deben contar con sistemas de drenaje que faciliten el flujo de agua y de residuos hacia los puntos de recolección y eliminación (Pantoja, 2020). Los residuos generados durante el lavado de las papas pueden contener partículas de suciedad, piel, sedimentos y otros elementos indeseables (Chancy et al., 2021). El prototipo desarrollado atendió este importante aspecto, con un diseño apropiado que posibilita la eficiente evacuación de los desechos generados durante el lavado. Aunado a ello, se logró implementar un mecanismo que permite recolectar los residuos provenientes de ese desagüe.

El rebanador de papa automatizado es capaz de cortar las papas en rebanadas uniformes, ajustando el espesor deseado con gran precisión y rapidez. Su diseño ergonómico hace sencilla y segura la manipulación del producto. Además, este diseño evita el contacto directo entre el usuario y los alimentos, garantizando la higiene y seguridad de los productos finales. El rebanador automatizado opera a una velocidad de 2 kg / min, permitiendo cortar 30 kilogramos de papas en tan sólo 15 minutos. En contraste, el método manual, cuya velocidad de operación alcanza 0.25 kg / min, supone dedicar 120 minutos para cortar la misma cantidad de papas. De manera que el uso del prototipo automatizado redujo el tiempo de procesamiento en 88%. Para obtener la reducción del tiempo de procesamiento, se calcula primero el tiempo ahorrado, es decir,

120 - 15 minutos = 105 minutos; posteriormente se obtiene el porcentaje que representa dicho ahorro:

$$(105/120) \times 100\% = 87.5\%$$

El espesor y peso del producto final son importantes y deben ser uniformes. Como se observa en la tabla 3, el uso del prototipo permitió una eficiencia mayor; en tanto el grosor fue inferior y de menor peso, aumentó la cantidad de producto obtenido.

Tabla 3.

Comparativa de grosor y peso (manual versus automatizado)

N°	Grosor (mm)	Peso (g)	Peso acumulado (g)			
			Manual	Automatizado	Manual	Automatizado
Roda-ja						
1	3.2	1.5	8	4	8	4
2	4.1	1.2	10	3	18	7
3	3.8	2	9	5	27	12
4	4.5	1.8	11	4	38	16
5	3.3	2.3	8	6	46	22

El análisis comparativo entre los procesos manual y automatizado revela la clara superioridad de este último. El corte manual muestra alta variabilidad en el grosor (de 3.2 a 4.5 milímetros) y en el peso (de 8 a 11 gramos); el sistema automatizado ofrece una precisión excepcional en el grosor (de 1.2 a 2.3 milímetros) y en el peso (de 3 a 6 gramos), los cuales son notablemente menores y consistentes. Esta eficiencia se traduce en que el material utilizado se reduce a menos de la mitad (22 gramos versus 46 gramos acumulados), lo que, a su vez, disminuye costos y desechos. Por lo que, la automatización garantiza un producto uniforme y un proceso significativamente más eficiente y económico.

La producción de papas es una importante fuente de ingreso para los agricultores de la región de Los Pescados. Por esta razón, es esencial aprovechar al máximo cada papa, minimizando el desecho y asegurando que el producto final sea de alta calidad. Los agricultores elaboran sus papas fritas siguiendo

un proceso cuidadoso y tradicional, que maximiza el rendimiento y la calidad del producto final.

Controlar de manera precisa el grosor y el peso al cortar la papa es determinante en la producción de papas fritas. Un corte preciso asegura una cocción homogénea y mejora la aceptación del producto. Los agricultores señalan que el espesor ideal es de 1 a 3 milímetros.

Como se puede observar en la tabla 3, el espesor obtenido al emplear el prototipo automatizado cumple lo solicitado, al tiempo que el peso disminuye en 50%. Ello supone un mayor rendimiento del producto. Leyva et al. (2023) consideran que una porción de 175 gramos de papa proporciona: 126 kilocalorías de energía, 27 gramos de carbohidratos, 0.17 gramos de grasa, 3.15 gramos de proteínas, 2.1 gramos de fibra, 0.5 miligramos de vitamina C y 0.43 miligramos de vitamina B6. Romero (2019) valora que la papa seca proporciona 322 kilocalorías, 8.2% de proteína, 72.8% de carbohidratos, 0.7% de grasa y 47 miligramos de calcio, siendo un producto nutritivo.

Los datos aportados por Leyva et al. (2023) y Romero (2019) resaltan el alto valor nutricional de la papa, tanto en su estado fresco como deshidratado, lo que refuerza la importancia de implementar un deshidratador automatizado. Mientras la papa fresca aporta energía, fibra y vitaminas esenciales, el proceso de deshidratación concentra sus nutrientes, incrementando su aporte de proteínas (8.2%) y carbohidratos (72.8%), lo que la convierte en un alimento ideal para hacer frente a la desnutrición, al mismo tiempo que se prolonga su vida útil. Además de reducir las pérdidas, el proceso de deshidratación y la tecnología utilizada para llevarlo a cabo transforman un producto perecedero en uno estable, nutritivo y con mayor valor comercial.

La deshidratación de la papa agroecológica cumple con los parámetros estipulados por Balbuena y Díaz (2021), a saber: la deshidratación básica se realiza a una temperatura de 55-65°C; insume un tiempo de 6-10 horas (dependiendo del corte), con una humedad final $\leq 10\%$. En el caso de la producción de harina, los parámetros contemplan una temperatura de 60-70°C, un tiempo de 4-8 horas (dependiendo del corte) con una granulometría ideal de 80-150 micrómetros.

Al realizar seis pruebas del deshidratador automatizado, se obtuvieron resultados favorables que respaldan su eficacia y su rendimiento. Durante el proceso

de deshidratación se logró mantener una temperatura constante y adecuada, que favoreció la deshidratación efectiva de los alimentos sin comprometer su calidad. El deshidratador automatizado redujo significativamente el contenido de agua, prolongando la vida útil de la papa sin comprometer sus propiedades nutricionales y organolépticas. Durante el deshidratado de la merma de la papa se mantuvo un umbral de humedad de entre 15% y 20% en el prototipo (véase tablas 4 y 5).

Tabla 4.
Merma obtenida

Muestra (kg)	Merma (g)	Merma (kg)
1	98	0.098
2	80	0.080
3	66	0.066
4	78	0.078
5	36	0.036
6	68	0.068
Total	426	0.426

La fórmula utilizada para calcular la producción de harina a partir de la merma es:

Peso de la harina (kg) = Merma (kg) * Eficiencia de deshidratación

Tabla 5.
Peso final de la merma para cada muestra

Muestra	Peso de la Merma (kg)
1	0.098
2	0.080
3	0.066
4	0.078
5	0.036
6	0.068

Eficiencia de deshidratación: se considera una eficiencia de deshidratación de 20%, esto es, 20% del peso del desecho se convierte en harina. Para su cálculo se debe convertir el porcentaje a número decimal, conversión crucial cuando se utilizan porcentajes en cálculos matemáticos.

Porcentaje = 20%

Para convertir esto en un número decimal:

$$\text{Número decimal} = \% / 100 = 20 / 100 = 0.20$$

Aplicación de la fórmula a cada muestra

Peso de la harina = $0.098 \text{ kg} \times 0.20 = 0.0196 \text{ kg}$

Peso de la harina = $0.080 \text{ kg} \times 0.20 = 0.0160 \text{ kg}$

Peso de la harina = $0.066 \text{ kg} \times 0.20 = 0.0132 \text{ kg}$

Peso de la harina = $0.078 \text{ kg} \times 0.20 = 0.0156 \text{ kg}$

Peso de la harina = $0.036 \text{ kg} \times 0.20 = 0.0072 \text{ kg}$

Peso de la harina = $0.068 \text{ kg} \times 0.20 = 0.0136 \text{ kg}$

Figura 5.

Aplicación de la fórmula a cada muestra



Nota: Este gráfico representa las seis muestras, aplicando fórmula.

Suma de porcentajes:

$$1.96 + 1.60 + 1.32 + 1.56 + 0.72 + 1.36 = 85.2$$

Por lo tanto, el porcentaje promedio total de harina por cada kilogramo es:

$$\text{Porcentaje total de Harina (\%)} = \frac{\text{Suma de Porcentajes Muestras}}{\text{Muestras}}$$

Sustituyendo:

$$\text{Porcentaje total de harina (\%)} = 85.2/6$$

$$\text{Porcentaje total de harina (\%)} = 1.42$$

Tabla 6.

Porcentaje total de harina de papa

Muestra (kg)	Merma (g)	Merma (kg)	Merma (%)	Merma (kg)	Peso final después de merma (kg)	Peso de la harina (g)	Peso de la harina (%)
1	98	0.098	9.8%	0.902	0.0196	19.6	1.96%
2	80	0.080	8.0%	0.920	0.0160	16.0	1.60%
3	66	0.066	6.6%	0.934	0.0132	13.2	1.32%
4	78	0.078	7.8%	0.922	0.0156	15.6	1.56%
5	36	0.036	3.6%	0.964	0.0072	7.2	0.72%
6	68	0.068	6.8%	0.932	0.0136	13.6	1.36%
Total	426	0.426	7.1%	5.574	0.0852	85.2	1.42%

Nota: Estos datos representan el porcentaje de harina de seis muestras.

Además de ser eficaz para la deshidratación de la papa, como muestra la tabla 6, el prototipo deshidratador automatizado representa una solución innovadora para procesar diversos productos agroecológicos. Su diseño permite conservar frutas, hierbas aromáticas, hortalizas, entre otros productos, manteniendo sus propiedades nutricionales y reduciendo el desperdicio poscosecha.

Este prototipo optimiza el procesamiento de papa e impulsa la innovación en la agroecología, beneficiando a múltiples sectores de la cadena alimentaria.

Molino / pulverizador automatizado

Como muestran los datos recogidos en la tabla 7, se obtuvieron mejores resultados al utilizar el molino automatizado. Esto se refleja claramente en tres parámetros: 1) tiempo, 2) calidad de triturado / pulverizado y 3) esfuerzo físico.

Tabla 7.

Molido manual versus automatizado

Proceso	Tiempo molienda	Masa inicial (g)	Masa final (g)
Manual	1.46 minutos	200 g	190g
Automatizado	1 minuto	200 g	194g

El molino / pulverizador automático demostró ser netamente superior en términos de eficiencia, tiempo y calidad de molienda en comparación con el molino manual. El proceso de pulverizado se completó en menos tiempo, consiguiendo un producto más uniforme con menor esfuerzo físico del operador. Asimismo, el molino automatizado permitió mantener una mayor consistencia en la calidad del producto final, lo que resulta fundamental en procesos que requieren precisión, como la producción de harina.

Conclusiones

El proyecto presentado, desarrollado con base en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), logró implementar cuatro prototipos automatizados — lavador / pelador, rebanador, deshidratador y molino de papa— en la comunidad de Los Pescados en Perote, Veracruz. En este sentido se destaca la participación activa de las familias, pues cada uno de sus integrantes colaboró en el proceso, demostrando que el uso e implementación de innovaciones tecnológicas en el campo pueden ser posibles cuando existe un esfuerzo colectivo e intergeneracional.

La incorporación de los prototipos a las tareas cotidianas permitió a los agricultores reducir pérdidas, evitar accidentes, optimizar tiempos de trabajo, reducir el esfuerzo físico humano y generar productos con mayor valor agregado.

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) supuso un aprendizaje práctico y colaborativo, a partir del cual se propusieron soluciones adaptadas a las necesidades reales de los agricultores. Los prototipos diseñados demostraron ser versátiles y escalables, con potencial para procesar otros cultivos, lo que puede ampliar su impacto en la seguridad alimentaria y los ingresos. Además de mejorar el procesamiento de la papa, este proyecto fortaleció los lazos comunitarios y familiares como deriva de las jornadas de trabajo realizadas en conjunto, mostrando que la tecnología y el aprendizaje colaborativo son herramientas útiles para el desarrollo sostenible.

Agradecimientos

Un sincero agradecimiento a los agricultores de Los Pescados, Veracruz; a la Asociación Aroma de la Montaña de esa misma localidad y a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica participantes en este proyecto por el apoyo en el diseño y la creación de los prototipos automatizados, así como por las pruebas realizadas a los mismos.

- Maximiliano Tirado Cagnant – Lavador / Pelador
- Erik Gaona San Gabriel – Deshidratador
- Gustavo Ángel Roldán Jiménez- Rebanador
- Elías Ramsés Guevara Guzmán- Molino/Pulverizador

Referencias

- Álvarez, R. L. J. (2023). Utilización e impacto de simuladores en la enseñanza de electrónica [Use and impact of simulators in electronics teaching]. Anuario de Investigación: Universidad Católica de El Salvador, 12, 81–94. <https://cam-jol.info/index.php/aiunicaes/issue/view/1801>
- Ávila, R. L. E., Cordero, O. E. I., Ledezma, R. J., Galvis, A. C. y Ávila, R. A. (2019). La agroecología como alternativa: movimiento, ciencia y práctica para la justicia y soberanía alimentaria [Agroecology as an alternative: movement, science and practice for food justice and sovereignty]. Revista Inter Disciplinaria, 7(19), 195–218. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70293>
- Ayala, M. y Ayala, S. (2017). Aprendizaje basado en problemas (ABP) como técnica didáctica en extensión: construcción de conocimientos entre integrantes de cooperativas “Ellas Hacen” en la Universidad Nacional de Formosa [Problem-based learning (PBL) as a teaching technique in extension: Knowledge construction among members of “Ellas Hacen” cooperatives at the National University of Formosa]. Revista de la Facultad de Agronomía, 116(3), 121–132. <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/6151/5100>
- Balbuena López, H. L. y Díaz Valencia, Y. R. (2021). Análisis de deshidratado de papa y malanga a través de secadores solares [Dehydration analysis of potato and malanga using solar dryers] [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio INICACH. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4113>
- Benítez, A. A., Espinoza, E. A. y Márquez, O. M. (2021). Teoría y educación ambiental. Reflexiones en tiempo de pandemia [Theory and environmental education. Reflections in pandemic times]. En J. M. Rivera Ramírez y H. Becerra Espinoza (Eds.), Revisión documental: Implementación de estrategias educativas medioambientales a favor del desarrollo sustentable en IES (pp. 67–83).
- Ceroli, P. (2023). Calidad y tecnología de postcosecha de papa y agregado de valor [Postharvest quality and technology of potato and value addition] [Mesa redonda]. IV Congreso Argentino de Biología y Tecnología Postcose-

cha, Balcarce, Buenos Aires, Argentina. <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/16072/15341>

Cayambe Gordillo, J. K., Lucero Bolaños, F. N. y Vargas Naranjo, M. del R. (2023). El aprendizaje colaborativo para el desarrollo e implementación de un proyecto de aula vinculado a la asignatura de Emprendimiento y Gestión en estudiantes de bachillerato [Collaborative learning for development and implementation of a classroom project linked to Entrepreneurship and Management]. *Ciencias Latinas Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 434–453. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8699

Chancy, M. V., Lozano, H. C. A. y Palma, C. D. (2021). Proceso de tratamiento para mitigar la contaminación del agua generada en el proceso del lavado de la papa en el municipio de Pasca, Cundinamarca [Treatment process to mitigate water contamination from potato washing in Pasca, Cundinamarca] [Tesis de licenciatura, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio institucional UMNG. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/a71241e0-1447-4840-944d-23020d0a8eb4/content>

Del Castillo, A. L. Z. (2019). Capital intelectual en instituciones de educación superior en México [Intellectual capital in higher education institutions in Mexico]. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(86), 489–505. <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistavenezolanadegerencia/2019/Vol.%2024/No.%2086/10.pdf>

Del Sol-Ávila, Y. y Tapia-Bernabé, I. R. (2025). El impacto de los proyectos de intervención pedagógica en el aprendizaje significativo en estudiantes de pedagogía [The impact of pedagogical intervention projects on meaningful learning in pedagogy students]. *Revista Eduscientia. Divulgación de la ciencia educativa*, 8(16), 67–86. <https://eduscientia.com/index.php/journal/article/download/635/296>

De La Reguera, J. a. P. F., Cabezas, M. F. y Esparrell, J. F. (2019). Innovación metodológica en posgrado: aprendizaje basado en proyectos desde la interdisciplinariedad [Methodological innovation in postgraduate studies: Project-based learning from interdisciplinarity]. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 23(3), 113–128. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.9497>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Anuario estadístico de Veracruz [Statistical yearbook of Veracruz]. <https://www.inegi.org.mx>
- Leyva, G. A., López, R. Y., Salomón, D. J. L. y Terry, A. E. (2023). Producción agroecológica de papa (*Solanum tuberosum* L.) con semilla sexual y uso de alternativas nutritivas [Agroecological production of potato (*Solanum tuberosum* L.) with sexual seed and use of nutritional alternatives]. *Revista Cultivos Tropicales-INCA*, 44(3), 1–5. https://www.redalyc.org/journal/1932/193279250008/193279250008_2.pdf
- López-Hernández, V., Limón-Hernández, R. y Morales-Moguel, O. (2025). Diagnóstico de la generación de residuos en municipios del norte de Veracruz [Diagnosis of waste generation in municipalities of northern Veracruz]. *Revista Investigium IRE: Ciencias Sociales y Humanas*, 16(1), 136–158. <https://doi.org/10.15658/INVESTIGIUMIRE.251601.06>
- Nestlé. (2025, 5 de noviembre). Tipos de cuchillos de cocina: guía profesional para chefs [Types of kitchen knives: professional guide for chefs]. <https://www.nestleprofessional-latam.com/ve/tendencias-e-ideas/tipos-cuchillos-cocina-profesional>
- Nicholls, C. I. y Altieri, M. A. (2018). Vías para la ampliación de la agroecología [Pathways for the amplification of agroecology]. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10), 1170–1193. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>
- Smith, A. y Fressoli, M. (2021). Desarrollo de un cortador automático de papa para aplicaciones en la industria alimentaria [Development of an automatic potato slicer for food industry applications]. *Journal of Food Engineering*, 132, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102778>
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Rodríguez, G. A. L. y Sinclair, F. (2020). Principios y elementos agroecológicos y sus implicaciones para la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles: una revisión [Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems: A review]. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>

- Win, H. H., Thein, M. y Aung, C. M. (2019). Diseño y evaluación de desempeño de un cortador de papa usando ingeniería asistida por computadora [Design and performance evaluation of a potato slicer using computer-aided engineering]. *International Journal of Mechanical Engineering*, 3(2), 379–383. <https://www.irejournals.com/formatedpaper/1701544.pdf>
- Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A. y Mendoza Bravo, K. L. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica [Project-based learning as a teaching strategy]. *Revista Conrado*, 18(84), 172–182. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v18n84/1990-8644-rc-18-84-172.pdf>

Derechos de Autor© 2026 Alejandro Apolinar, María Salomé; Amores Pérez, Hugo; García González, Irma Angélica; Moreno Seceña, Carlos.



Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0, Attribution 4.0 International. Usted es libre para Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de: Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.