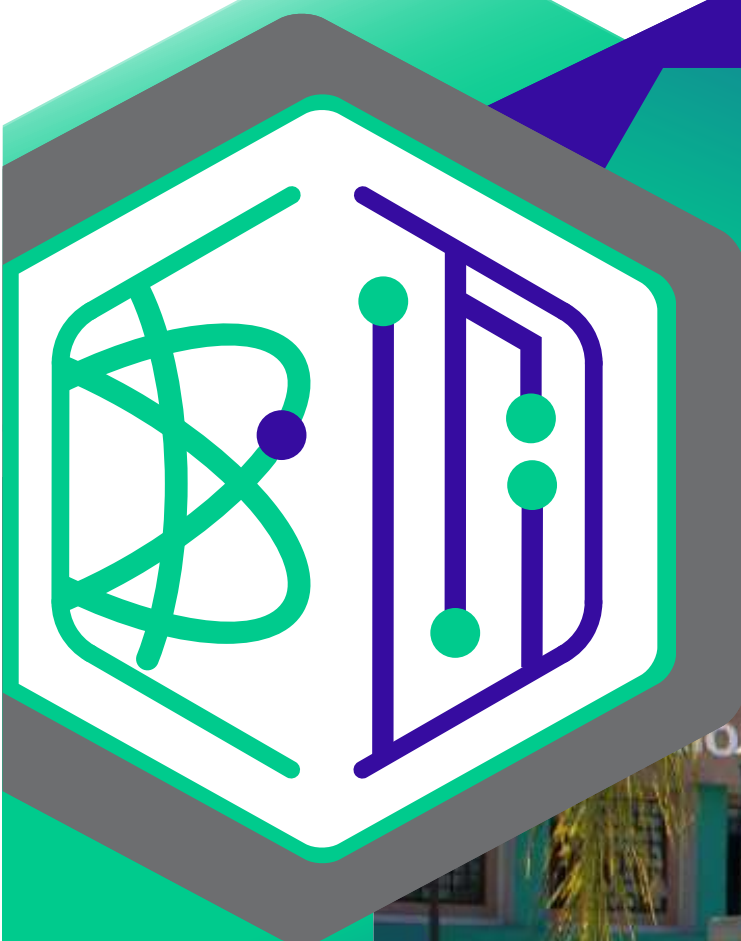


ScientiaTecnológica

ÁREAS DE CONOCIMIENTO

- 1 **Arquitectura y Desarrollo Urbano**
- 2 **Biotecnología y Alimentos**
- 3 **Computación y Electrónica**

- 4 **Gestión e Innovación Empresarial**
- 5 **Sustentabilidad y Medio Ambiente**



Vol. 1 No. 3
Julio-
Diciembre
2024

ESPECIAL



**Unidad Académica
LAGOS DE MORENO**



ScientiaTecnológica.

Volumen 1 - Número 3 Especial. Julio Diciembre 2024.

Publicación del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez
(Tecnológico Superior de Jalisco).

Editor General

Mtro. Elliot Jonathan Aguilar Contreras

D.R. ScientiaTecnológica, Zapopan, Jalisco. 18 de diciembre de 2024.

Hecho En México / Printed In México

La identificación de esta revista con el nombre de ScientiaTecnológica tiene como objetivos el acercar el conocimiento a la sociedad tecnológica de Jalisco y a la sociedad en general. Todos los artículos publicados son sometidos a arbitraje por especialistas en el tema mediante el sistema de "pares ciegos". El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

SCIENTIATECNOLÓGICA, año 1, núm. 3, julio-diciembre de 2024, es una publicación semestral editada por el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez (Tecnológico Superior de Jalisco), Camino Arenero 1101, Col. El Bajío, Zapopan, C.P. 45017, Jalisco, Teléfono 3338849470. Página electrónica de la revista: <https://revista.scientiatecnologica.com.mx> Correo electrónico: scientia.tecnologica@tecmm.edu.mx Editora responsable: Mtra. Gloria Luz Rodríguez Gil. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-072912262400-102, ISSN: (en trámite), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Mtra. Gloria Luz Rodríguez Gil, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Camino Arenero 1101, Col. El Bajío, Zapopan, C.P. 45017, Jalisco, fecha de última modificación: 23 de enero de 2026. Tamaño del archivo: 4725 KB

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0 México.

COMITÉ EDITORIAL

Mtra. Iliana Janett Hernández Partida
Directora General

Mtro. Elliot Jonathan Aguilar Contreras
Director de Área Académica, Investigación e Innovación

Dr. Luis Andrés Mejía González
Coordinador de Docencia e Investigación

Mtra. Erica Elizabeth Narváez Vargas
Jefa de Departamento de Investigación y Posgrado

DIRECTOR EDITORIAL

Mtro. Elliot Jonathan Aguilar Contreras

EDITOR TÉCNICO

Dr. Edgardo Martínez Orozco
Mtra. Gisela Ramírez Pimentel
Dr. Luis Escobar Hernández
Dr. Edgar Samid Limón Villegas

COMITÉS INDIVIDUALES

Arquitectura y Desarrollo Urbano
Alberto Reyes González
Jimena Vanina Odetti

Biotecnología y Alimentos
Giovanna Rossi Márquez
Cristian Aarón Dávalos Saucedo

Computación y Electrónica
Francisco Javier Luis Juan Barragán
Teth Azrael Cortés Aguilar

Gestión e Innovación Empresarial
Andrés Enrique Reyes González
Fabiola Guadalupe Arriaga López

Investigación Educativa
Irma Adriana Cantú Munguía
Carlos Miguel Amador Ortiz

Procesos Industriales
Jonás Michel Horta
Celerino de Jesús Mendoza Azuara

Sustentabilidad y Medio Ambiente
Laura Izascum Pérez Valencia
Rosaura Torres Moreno

COMITÉ CIENTÍFICO

Adelaida Bautista Arias Arias
Adolfo Vázquez Ruiz
Adriana Politrón Rodríguez
Alberto Reyes González
Altagracia Cárdenas Mendoza
Andrés Enrique Reyes González
Angélica del Rocío Amezcua Rodríguez
Angélica Gutiérrez Limón
Angelina Elena Velarde Díaz
Brandon Daniel Malagón Rodríguez
Carlos Ramírez Ángeles
Carmen Leticia Salcedo Quevedo
Celerino de Jesús Mendoza Azuara
Celina Beltrán Hernández
Cielo Lucina Salazar Treviño
Claudia Estela González López
Cristian Aarón Dávalos Saucedo
Edgar Samid Limón Villegas
Edgardo Martínez Orozco
Erika Eloiza Graciela Pérez García
Ernesto Ruiz Ángeles
Fabiola Guadalupe Arriaga López
Fernando Daniel Valdez Olmos
Francisco Javier García García
Francisco Javier Luis Juan Barragán
Francisco Miguel Hernández López
Gabino González Carrillo
Giovanna Rossi Márquez
Gisela Ramírez Pimentel
Guadalupe Ruiz Ibarra
Guillermo Isaac González Rodríguez
Israel Lozano Jiménez
J. Jesús Iniestra González
Javier Ireta Moreno
Jimena Vanina Odetti
Jonás Michel Horta
José de Jesús Llamas Medina
José Jorge Hernández Ochoa

José Luis Ceja Anaya
José Manuel Flores Curiel
Jose Martin Villalobos Salmeron
Juan José Contreras Pacheco
Juan Pablo Hernández Jiménez
Juan Pablo Mojica Sánchez
Juana Tapia Ruelas
Julián González González
Julio César Chavez Novoa
Laura Izascum Perez Valencia
Lorena Figueroa Ayala
Luis Escobar Hernández
Luis Humberto Rivera Cambero
Ma. Raquel Pérez Nuño
Marcia Rodríguez Palomera
Marco Antonio Celis Crisostomo
Marco Antonio Ordaz Celedón
María Lizbeth Martínez Mendoza
Martha Leticia Colmenares Zepeda
Martín Rojas Orozco
Mauricio Rojo Roa
Miguel Angel Delgado López
Moisés Rodríguez Morales
Myrna Tovar Vergara
Norberto Santiago Olivares
Omar Alonso López Zamora
Oscar García Guzmán
Osvaldo René Rojo Roa
Raúl Arzeta Flores
Rodrigo Oliver Delgado Arcega
Rosa Esthela Villalvazo Magallón
Salvador Barajas Aranda
Salvador González Palomares
Salvador Salazar Gómez
Verónica Judith Gómez Barbosa
Víctor González Villanueva
Víctor Manuel Langarica Rivera
Vidal Paz Robles

CONTENIDO / CONTENT

SECCIÓN 1 – ARQUITECTURA Y DESARROLLO URBANO /

SECTION 1 – ARCHITECTURE AND URBAN DEVELOPMENT

- 1 “Memoria Colectiva y Espacio Público en la Ciudad Turística: Periurbano de Puerto Vallarta”. A. Reyes González, F. D. Valdez Olmos, A. E. Reyes González, J. Odetti. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Puerto Vallarta, Jalisco, México.

SECCIÓN 2 – BIOTECNOLOGIA Y ALIMENTOS /

SECTION 2 - BIOTECHNOLOGY AND FOODS

- 7 “Natural Colorants Extracted from Microalgae with Potential Use in Food: Case Study of C-phyocyanins”. C. García Gómez, E. Garza Valverde, J. N. Armenta, R. A. De Hoyos Cantú. Autonomous University of Nuevo León, México.
- 11 “Caracterización Bromatológica y Sensorial de Barritas de Tapioca con Uso Potencial Como Energéticas”. J. J. Iniestra González, N. Castañeda Cuevas, A. I. Godínez Bernal. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Tamazula, Jalisco, México.

SECCIÓN 3 – COMPUTACIÓN Y ELECTRÓNICA /

SECTION 3 - COMPUTER AND ELECTRONICS

- 14 “Diseño y Desarrollo de un Prototipo de Máquina Universal para Pruebas Mecánicas de Tensión en Biopolímeros”. C. A. Dávalos Saucedo, G. Rossi Márquez, M. J. Briones Reyes. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Lagos de Moreno, Jalisco, México.
- 18 “Diseño de Circuito Secuencial para la Identificación de Cable de Red”. T. A. Cortes Aguilar, A. Tovar Arriaga. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Zapopan, Jalisco, México.
- 25 “Asistente Virtual para la Evaluación de Competencias Técnicas”. A. Aguilar Cornejo, M. Díaz Rodríguez, L. Ramos Corchado, M. Bernal Marín, N. Ruiz Monroy, J. Gómez González, A. Maytorena Ramírez. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Zapopan, Jalisco, México.

SECCIÓN 4 – GESTIÓN E INNOVACIÓN EMPRESARIAL /

SECTION 4 - ENTERPRISE MANAGEMENT AND INNOVATION

- 30 “Herramientas de Gestión Empresarial Implementadas en las Empresas de Arandas, Jalisco”. F. G. Arriaga López, Z. Castro Borunda, E. B. Coronado González. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Arandas, Jalisco, México.

- 34 “Evaluación del VPN en una unidad económica en los últimos seis sexenios”. C. Ramírez Ángeles, J. M. Gutiérrez Valdivia, L. Corona Rabelo, B. Robledo Ramos, J. Sánchez Rodríguez. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Chapala, Jalisco, México.

SECCIÓN 5 – SUSTENTABILIDAD Y MEDIO AMBIENTE /

SECTION 5 - ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY

- 38 “Hongos Micorrízicos Arbusculares como Alternativa para el Cultivo Sustentable de Agave Tequilana Weber Var. Azul”. L. I. Pérez Valencia, F. Ortega López y C. S. Magaña Martínez. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Arandas, Jalisco, México.
- 42 “Análisis comparativo entre sistema de zafra por parcela y por lote en el valle El Grullo – Autlán”. J. Michel Horta, M. L. Colmenares Zepeda. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica El Grullo, Jalisco, México.
- 46 “Evaluación del Proceso de Degradación Fotocatalítica con Radiación UV y Nanopartículas de TiO₂/ZnO en Aguas Residuales de la Industria Quesera de los Altos de Jalisco”. G. A. Torres Avalos, E. Martínez Orozco, L. C. López Ureta, G. Torres Gutiérrez. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Lagos de Moreno, Jalisco, México.
- 50 “Experimental mixture design for the recovery of residues from the food industry in the cultivation of *Scenedesmus acutus*”. C. García Gómez, E. Garza Valverde, J. Nápoles Armenta, R. A. De Hoyos Cantú. Autonomous University of Nuevo León, México.

Memoria Colectiva y Espacio Público en la Ciudad Turística: Periurbano de Puerto Vallarta

A. Reyes González^{#1}, F. D. Valdez Olmos^{#2}, A. E. Reyes González^{#3}, J. V. Odetti^{#4},

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Puerto Vallarta, Jalisco, México.

¹alberto.reyes@vallarta.tecmm.edu.mx, ²fernando.valdez@vallarta.tecmm.edu.mx,

³andres.reyes@vallarta.tecmm.edu.mx, ⁴jimena.odetti@vallarta.tecmm.edu.mx,

Resumen—Este artículo aborda el tema de la memoria colectiva y el espacio público en la ciudad turística de Puerto Vallarta. Los objetivos de esta investigación son analizar la relación entre la memoria colectiva y el espacio público en el contexto turístico, las preguntas de investigación se centran en comprender cómo se construye y se transmite la memoria colectiva en Puerto Vallarta, y cómo esta memoria influye en la configuración y el uso del espacio público en la ciudad turística.

La hipótesis plantea que la memoria colectiva desempeña un papel significativo en la configuración del espacio público en Puerto Vallarta, ya que influye en la representación de la identidad local y en las prácticas culturales de la comunidad.

Los métodos de investigación utilizados incluyen entrevistas semiestructuradas con residentes y turistas, observación participante en espacios públicos y revisión de documentos y material audiovisual relacionado.

Los hallazgos revelan que la memoria colectiva en Puerto Vallarta se construye a través de la preservación y promoción de la cultura local, las festividades y los eventos históricos. Además, se encontró que la memoria colectiva influye en la configuración del espacio público, ya que los residentes y turistas participan en prácticas sociales y culturales que refuerzan su identidad compartida. Comprender esta relación puede ser útil para la planificación urbana y el desarrollo sostenible de destinos turísticos, promoviendo una mayor participación de la comunidad local y una experiencia más enriquecedora para los visitantes.

Palabras clave—periurbano, patrimonio cultural, gestión de los espacios públicos, desarrollo urbano, prácticas socioespaciales

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la memoria colectiva y su relación con el espacio público es un tema relevante en el ámbito urbano, ya que influye en la construcción de identidades locales y en la configuración de la vida cotidiana de las comunidades. En el caso del periurbano de Puerto Vallarta, una ciudad turística en México, esta relación adquiere particular importancia debido a la interacción entre la memoria colectiva y el desarrollo del turismo.

El periurbano de Puerto Vallarta es un espacio que ha experimentado transformaciones significativas debido al

crecimiento urbano y a la influencia del turismo. El análisis de la memoria colectiva en este contexto permite comprender cómo las prácticas y representaciones del pasado influyen en la configuración del espacio público y en la forma en que las comunidades se relacionan con su entorno.

En este sentido, se han planteado diversas interrogantes de investigación que buscan explorar esta relación. ¿Cómo se construye y se transmite la memoria colectiva en el periurbano de Puerto Vallarta? ¿De qué manera la memoria colectiva influye en la configuración y el uso del espacio público en esta ciudad turística? Estas preguntas nos conducen a reflexionar sobre el papel de la memoria en la construcción de identidades locales, en la preservación del patrimonio cultural y en la gestión de los espacios públicos.

En el estudio realizado por Torre [1], se aborda el tema de la memoria y el espacio público a través del análisis de los monumentos a los detenidos y desaparecidos en la ciudad. Por su parte, Sánchez, Rodríguez y Hernández [2] investigan las estrategias para la revalorización de la memoria colectiva en los centros históricos mexicanos, como el caso de Puebla. Además, los trabajos de Álvarez [3], Borja [4] y Low [5] proporcionan un marco teórico sobre el espacio público y su relación con la memoria en contextos urbanos.

Por otro lado, Baños Francia [6] examina la intersección entre turismo, identidad y espacio público en Puerto Vallarta, enfocándose en tres intervenciones recientes. Delgadillo [7] analiza la política del espacio público y del patrimonio urbano en la ciudad de México, mientras que Crespi Vallbona [8] reflexiona sobre la gobernanza sostenible en los espacios públicos.

II. MÉTODOS E INSTRUMENTOS

Para abordar las preguntas de investigación y obtener información válida y confiable, se propone utilizar una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos. Se emplearon entrevistas semiestructuradas, observación participante y cuestionarios estructurados. Estos métodos permiten obtener una visión completa de la relación entre la memoria colectiva, el espacio público, la percepción del espacio público, la preservación del patrimonio cultural y la

construcción de identidad en el periurbano de Puerto Vallarta.

Se diseñó una entrevista semiestructurada a partir de cuatro variables: Memoria colectiva, espacio público, percepción del espacio público, preservación del patrimonio cultural, construcción de identidad. El instrumento se diseñó para ser aplicado con miembros de la comunidad. Estas entrevistas exploran los eventos o momentos históricos considerados importantes para la comunidad y los símbolos o elementos culturales que identifican como representativos de la identidad colectiva en Puerto Vallarta. Además, se indaga sobre cómo se transmiten y preservan las historias y tradiciones en la comunidad.

Dentro del análisis del espacio público, se llevó a cabo observación participante en diferentes lugares públicos del periurbano de Puerto Vallarta. Se registraron los lugares públicos más utilizados y valorados por los residentes, así como las características físicas que consideran importantes para un espacio público de calidad en su comunidad. Asimismo, se evaluará el nivel de interacción social y comunitaria que se experimenta en dichos espacios.

Para comprender la percepción del espacio público, se incluyó dentro del instrumento elementos de evaluación el grado de seguridad percibida al utilizar los espacios públicos, la accesibilidad para personas de todas las edades y habilidades, y la satisfacción con la calidad de los espacios públicos en términos de limpieza, mantenimiento y diseño.

Para investigar la preservación del patrimonio cultural, se incluyen preguntas sobre la importancia otorgada a la preservación de edificios históricos y monumentos, así como el valor del patrimonio cultural en la planificación y desarrollo de nuevos proyectos en la comunidad. Además, se indaga sobre las medidas que se están tomando para preservar y promover el patrimonio cultural en el espacio público.

Finalmente, para abordar la construcción de identidad, se realizarán entrevistas semi estructuradas que permitan comprender en qué medida la memoria colectiva influye en el sentido de pertenencia y conexión de los residentes con el periurbano de Puerto Vallarta.

Estos métodos e instrumentos de investigación permitirán recopilar datos sólidos y representativos para analizar la relación entre la memoria colectiva, el espacio público, la percepción del espacio público, la preservación del patrimonio cultural y la construcción de identidad en el periurbano de Puerto Vallarta, basándose en la validación teórica proporcionada por la literatura consultada.

TABLA I
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS INTEGRADAS EN EL DISEÑO DEL INSTRUMENTO

Variable	Escala de Medición	Referencias
Memoria colectiva	Cualitativa	Halbwachs (1980)
Espacio público	Cualitativa	Jacobs (1961)
Percepción del espacio público	Escala de Likert	Taylor (2019)
Preservación del patrimonio cultural	Escala de Likert	Méndez (2018)
Construcción de identidad	Cualitativa	Berg (2019)

TABLA I
INSTRUMENTO PARA IDENTIFICACIÓN DE CATEGORÍAS E INDICADORES

Variable	ITEMS
Memoria colectiva	a) ¿Cuáles son los eventos o momentos históricos que considera importantes para la comunidad del periurbano de Puerto Vallarta?
Memoria colectiva	b) ¿Qué símbolos o elementos culturales identifican como representativos de la identidad colectiva en Puerto Vallarta?
Memoria colectiva	c) ¿Cómo se transmiten y preservan las historias y tradiciones en la comunidad?
Espacio público	a) ¿Cuáles son los lugares públicos más utilizados y valorados en el periurbano de Puerto Vallarta?
Espacio público	b) ¿Qué características físicas considera importantes para un espacio público de calidad en su comunidad?
Espacio público	c) ¿Cuál es el nivel de interacción social y comunitaria que se experimenta en los espacios públicos?
Percepción del espacio público	a) En una escala del 1 al 5, ¿qué tan seguro se siente al utilizar los espacios públicos en el periurbano de Puerto Vallarta?
Percepción del espacio público	b) En una escala del 1 al 5, ¿qué tan accesibles considera los espacios públicos para personas de todas las edades y habilidades?

Percepción del espacio público	c) En una escala del 1 al 5, ¿qué tan satisfecho está con la calidad de los espacios públicos en términos de limpieza, mantenimiento y diseño?
Preservación del patrimonio cultural	a) En una escala del 1 al 5, ¿qué tan importante considera la preservación de los edificios históricos y monumentos en el periurbano de Puerto Vallarta?
Preservación del patrimonio cultural	b) En una escala del 1 al 5, ¿qué tan valorado es el patrimonio cultural en la planificación y desarrollo de nuevos proyectos en la comunidad?
Preservación del patrimonio cultural	c) ¿Qué medidas se están tomando para preservar y promover el patrimonio cultural en el espacio público?
Construcción de identidad	a) ¿En qué medida siente que la memoria colectiva influye en su sentido de pertenencia y conexión con el periurbano de Puerto Vallarta?
Construcción de identidad	b) ¿Cómo describiría la influencia de la memoria colectiva en la forma en que los residentes se identifican y relacionan con su entorno?
Construcción de identidad	c) ¿De qué manera la memoria colectiva se manifiesta en las prácticas y eventos comunitarios en el periurbano de Puerto Vallarta?

III. DESARROLLO

El presente estudio tiene como objetivo analizar y comprender la memoria colectiva, el espacio público, la percepción del espacio público, la preservación del patrimonio cultural y la construcción de identidad en el periurbano de Puerto Vallarta. Para ello, se realizará una investigación que integre referentes analizados y categorías de análisis que se han identificado a partir de la literatura consultada. Este apartado presenta el desarrollo de la investigación, destacando los referentes teóricos y la integración de categorías de análisis en el instrumento de investigación.

La memoria colectiva en el periurbano de Puerto Vallarta, se integra desde enfoques interdisciplinarios donde se toma en cuenta los eventos o momentos históricos considerados importantes para la comunidad, así como los símbolos o elementos culturales representativos de su identidad colectiva. La obra de Halbwachs [9] sobre la memoria colectiva proporciona una base teórica sólida para comprender cómo se construye y se transmite la memoria en una comunidad. Además, se recurre a la literatura de Taylor [10] y Méndez [11] para obtener una perspectiva específica sobre la memoria colectiva en el contexto urbano y su relación con la identidad.

En cuanto al espacio público, se explorarán los lugares públicos más utilizados y valorados en el periurbano de Puerto Vallarta, considerando las características físicas que los residentes consideran importantes para garantizar un espacio público de calidad. La teoría de Jacobs [12] sobre el diseño de espacios urbanos es fundamental para comprender cómo la configuración física de los espacios públicos influye en su uso y disfrute por parte de la comunidad. Se retoman conceptos de la obra de Berg [13] sobre la calidad del espacio público y su relación con la satisfacción de los usuarios, a partir de uso cotidiano.

La percepción del espacio público se aborda a través de la evaluación del nivel de seguridad percibido, la accesibilidad para personas de todas las edades y habilidades, y la satisfacción con la calidad en términos de limpieza, mantenimiento y diseño. En este sentido, la literatura de Jacobs [12] es altamente relevante para comprender la importancia de la seguridad en los espacios públicos, mientras que las obras de Taylor [10] y Méndez [11] aportan perspectivas sobre la accesibilidad y la satisfacción con la calidad del espacio público.

La preservación del patrimonio cultural analiza la importancia otorgada a la preservación de edificios históricos y monumentos, así como la valoración del patrimonio cultural en la planificación y desarrollo de nuevos proyectos en la comunidad. La obra de Halbwachs [9] y la literatura de patrimonio cultural de referencia, como la de Méndez [11], plantean elementos conceptuales dentro de la discusión de los límites de lo tangible e intangible para comprender la importancia y el valor atribuido al patrimonio cultural en la identidad y el sentido de pertenencia de la comunidad.

Por último, se integra la construcción de identidad a través de la influencia de la memoria colectiva en el sentido de pertenencia y conexión de los residentes con el periurbano de Puerto Vallarta. Se examina la influencia de la memoria colectiva en la forma en que los residentes se identifican y relacionan con su entorno, así como su manifestación en prácticas y eventos comunitarios. Las obras de Halbwachs [9] y Taylor [10] son cruciales para comprender la influencia de la memoria colectiva en la construcción de la identidad.

El periurbano de Puerto Vallarta está conformado por varias colonias que se extienden más allá del área central de la ciudad. Estas colonias se han desarrollado como resultado del crecimiento urbano y la expansión de la población.

El periurbano de Puerto Vallarta, según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el año 2020, se caracteriza por ser una zona en constante crecimiento demográfico y urbanización. Según el Censo de Población y Vivienda, se estima que la población en esta área ha experimentado un incremento significativo en los últimos años, alcanzando aproximadamente 150,000 habitantes. Esta

expansión poblacional ha generado un aumento en la demanda de servicios y espacios públicos para satisfacer las necesidades de la comunidad [14].

En resumen, la investigación plantea un enfoque multidisciplinario que integra la teoría de la memoria colectiva, la planificación urbana, la calidad del espacio público y el patrimonio cultural. La literatura consultada, incluyendo las obras de Halbwachs [9], Taylor [10], Méndez [11], Jacobs [12] y Berg [13], aporta un marco teórico sólido para comprender y analizar los diferentes aspectos que se abordarán en este estudio. A través de la integración de categorías de análisis en el instrumento de investigación, se recopilieron datos que permitirán profundizar en la comprensión de la memoria colectiva, el espacio público, la percepción del espacio público, la preservación del patrimonio cultural y la construcción de identidad en el periurbano de Puerto Vallarta.

IV. RESULTADOS

El diseño del instrumento de investigación se basó en una reflexión profunda sobre los conceptos clave y la literatura analizada. Al considerar la memoria colectiva, se tomó en cuenta la teoría de Maurice Halbwachs [9], quien enfatiza que la memoria no es un fenómeno individual, sino que está enraizada en la sociedad y se construye a través de la interacción social. Esta perspectiva resalta la importancia de identificar los eventos o momentos históricos significativos para la comunidad del periurbano de Puerto Vallarta, ya que son elementos que contribuyen a la formación de una identidad colectiva compartida.

En cuanto al espacio público, se recurrió a la obra de Jane Jacobs [12], quien destaca la importancia de la interacción social y la diversidad de usos en la configuración de espacios públicos vibrantes. Asimismo, se consideraron los aportes de David Harvey [15], quien sostiene que el espacio público es un lugar de encuentro y confrontación de diferentes identidades y perspectivas.

La percepción del espacio público y la preservación del patrimonio cultural fueron abordadas a través de la literatura de Taylor [10] y Méndez [11]. Taylor [10] plantea la importancia de garantizar la seguridad y accesibilidad de los espacios públicos para fomentar una mayor participación comunitaria. Por su parte, Méndez [11] resalta la necesidad de conservar los edificios históricos y monumentos como parte integral del patrimonio cultural de una comunidad.

La construcción de identidad se exploró desde la perspectiva de Berg [13], quien argumenta que la memoria colectiva influye en la forma en que las personas se relacionan con su entorno y desarrollan un sentido de pertenencia. Este enfoque permitió comprender cómo la

memoria colectiva se manifiesta en las prácticas y eventos comunitarios en el periurbano de Puerto Vallarta.

En conclusión, el diseño del instrumento de investigación se basó en una reflexión teórica, que integró conceptos clave y aportes de la literatura analizada. Esto permitió capturar de manera integral las dimensiones de la memoria colectiva, el espacio público, la percepción del espacio público, la preservación del patrimonio cultural y la construcción de identidad en el contexto del periurbano de Puerto Vallarta. Al considerar estos aspectos, se obtendrá una comprensión más profunda de la interrelación entre estos elementos y su influencia en la comunidad local.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, la investigación sobre la memoria colectiva y el espacio público en el periurbano de Puerto Vallarta ha brindado importantes conclusiones que contribuyen a comprender la relación entre estos dos aspectos en el contexto de esta ciudad turística. A través del análisis de la literatura y el diseño del instrumento de investigación, se han obtenido resultados significativos.

En primer lugar, se ha identificado que la comunidad del periurbano de Puerto Vallarta valora y reconoce ciertos eventos y momentos históricos como parte de su memoria colectiva. Estos eventos actúan como elementos unificadores que fortalecen la identidad colectiva de la comunidad y fomentan el sentido de pertenencia.

En cuanto al espacio público, se ha determinado que existen lugares específicos en el periurbano de Puerto Vallarta que son ampliamente utilizados y valorados por la comunidad. Estos espacios públicos cumplen con características físicas importantes, como la diversidad de usos, la accesibilidad y la seguridad, que contribuyen a su calidad y a la promoción de la interacción social y comunitaria.

La percepción del espacio público revela que, en general, la comunidad se siente segura al utilizar los espacios públicos en el periurbano de Puerto Vallarta. Sin embargo, se han identificado áreas de mejora en cuanto a la accesibilidad para todas las edades y habilidades, así como en la calidad de limpieza, mantenimiento y diseño de los espacios públicos.

En relación a la preservación del patrimonio cultural, se ha constatado que existe una conciencia colectiva sobre la importancia de conservar los edificios históricos y monumentos en el periurbano de Puerto Vallarta. No obstante, se requieren medidas más sólidas para garantizar su preservación y promoción, especialmente en el marco de nuevos proyectos de desarrollo.

Finalmente, se ha demostrado que la memoria colectiva desempeña un papel fundamental en la construcción de identidad en el periurbano de Puerto Vallarta. La comunidad se identifica y se relaciona con su entorno a través de la memoria compartida, y esta se manifiesta en las prácticas y eventos comunitarios.

En resumen, esta investigación ha permitido comprender la estrecha interrelación entre la memoria colectiva y el espacio público en el periurbano de Puerto Vallarta. Estos hallazgos pueden servir como base para la planificación y gestión urbana, promoviendo la preservación del patrimonio cultural, mejorando la calidad de los espacios públicos y fortaleciendo la identidad y la cohesión comunitaria. Es crucial que estas conclusiones sean consideradas en futuros proyectos y políticas, para garantizar un desarrollo sostenible y en armonía con la memoria y la identidad de la comunidad del periurbano de Puerto Vallarta.

VI. RECOMENDACIONES

Para dar continuidad a este estudio sobre la memoria colectiva y el espacio público en el periurbano de Puerto Vallarta, se sugieren las siguientes recomendaciones:

Ampliar la muestra y la diversidad de participantes: Para obtener resultados más representativos y comprensivos, se recomienda ampliar la muestra de participantes, incluyendo diferentes grupos etarios, géneros y sectores de la comunidad. Esto permitirá obtener una visión más completa de la relación entre la memoria colectiva y el espacio público en Puerto Vallarta.

Realizar estudios de caso en colonias específicas: Considerando la diversidad de colonias que conforman el periurbano de Puerto Vallarta, se sugiere realizar estudios de caso en colonias específicas para examinar las particularidades de cada una en términos de memoria colectiva y espacio público. Esto permitirá identificar los desafíos y oportunidades específicas de cada colonia y diseñar estrategias más adecuadas para la preservación de la memoria y la mejora de los espacios públicos.

Incluir enfoques participativos: Para enriquecer la investigación, se recomienda incorporar enfoques participativos que involucren a la comunidad en la identificación de eventos históricos relevantes, símbolos culturales y la planificación de mejoras en los espacios públicos. La participación activa de la comunidad fortalecerá la apropiación y el compromiso con el estudio, y permitirá obtener perspectivas más diversas y contextualizadas.

Evaluar la efectividad de las medidas de preservación y promoción del patrimonio cultural: Es importante evaluar la efectividad de las medidas que se están tomando para preservar y promover el patrimonio cultural en el espacio

público. Esto implica analizar la implementación de políticas, programas y acciones específicas, y su impacto en la comunidad. Se pueden utilizar indicadores de evaluación para medir el grado de preservación, participación comunitaria y valoración del patrimonio cultural.

Explorar la relación entre la memoria colectiva y el turismo: Dado que Puerto Vallarta es una ciudad turística, sería relevante investigar cómo la memoria colectiva influye en la experiencia de los turistas y en la relación entre la comunidad local y los visitantes. Esto permitirá entender cómo el turismo puede contribuir a la preservación y promoción de la memoria colectiva, así como identificar posibles tensiones o desafíos que puedan surgir.

Estas recomendaciones contribuirán a ampliar el conocimiento sobre la relación entre la memoria colectiva y el espacio público en el periurbano de Puerto Vallarta, y a orientar acciones concretas para la preservación del patrimonio cultural y la mejora de los espacios públicos en beneficio de la comunidad y los visitantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al área de investigación del Instituto Tecnológico Mario Molina en la unidad académica Puerto Vallarta por las facilidades para el desarrollo de la investigación y al Sistema Nacional de Investigadores.

REFERENCIAS

- [1] S. Torre, "Ciudad, memoria y espacio público: el caso de los monumentos a los detenidos y desaparecidos," *Memoria y sociedad*, vol. 10(20), pp. 17-24, 2006. [En línea] Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/memoy sociedad/article/view/8118/6456>
- [2] C. E. De La Torre Sánchez, M. E. Martínez Rodríguez y A. Hernández, "Estrategias para la revalorización de la memoria colectiva de sectores vulnerables: Itinerarios peatonales y ciclistas en los centros históricos mexicanos. El caso de Puebla, México." *On the w@ terfront. Public Art. Urban Design. Civic Participation. Urban Regeneration*, vol. 60(8), pp. 3-22, 2018. [En línea] Disponible en: <https://revistes.ub.edu/index.php/waterfront/article/view/21872>
- [3] J. G. Álvarez. *Lugares, paisajes y políticas de memoria. Una lectura geográfica*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 2009. [En línea] Disponible en: <https://www.bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/download/1137/1060>
- [4] J. Borja, "Espacio público y derecho a la ciudad," *Viento sur*, vol. 116(1), pp. 39-49, 2011. [En línea] Disponible en: https://cdn.vientosur.info/VScompletos/VS116_Borja_EspacioPublico.pdf
- [5] S. Low, "Transformaciones del espacio público en la ciudad latinoamericana," *Bifurcaciones*, vol. 5(5), pp. 1-14, 2005. [En línea] Disponible en: <http://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Tr>

- [ansformaciones del espacio publico en la ciudad latinoamericana.pdf](#)
- [6] J. A. Baños Francia, "Turismo, identidad y espacio público en Puerto Vallarta, México. Apuntes sobre tres intervenciones recientes," *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, vol. 12(2), pp. 491-498, 2014. [En línea] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/881/88130205001.pdf>
- [7] V. Delgadillo. *La política del espacio público y del patrimonio urbano en la ciudad de México*. Discurso progresista, negocios inmobiliarios y buen comportamiento social. xiii Coloquio internacional de Geocrítica 2, 2014. [En línea] Disponible en: https://www.academia.edu/download/44830790/Politica_espacio_publico_y_patrimonio_urbano.pdf
- [8] M. Crespi Vallbona, "Gobernanza sostenible en los espacios públicos. Cuadernos de Geografía," *Revista Colombiana de Geografía*, vol. 31(1), pp. 164-176, 2022. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.87168>
- [9] M. Halbwachs. *La memoria colectiva*. Ediciones Akal, 1980.
- [10] C. Taylor. *The Importance of Memory in Shaping Our Lives*. The New York Times, 2019.
- [11] A. Méndez, "Espacio público y memoria colectiva en la Villa 21-24 de Barracas," Buenos Aires. Universidad Nacional de Quilmes, 2018.
- [12] J. Jacobs. *The Death and Life of Great American Cities*. Random House, 1961.
- [13] L. Berg, "Urban Public Space as a Reflection of Collective Memory," *European Journal of Science and Theology*, vol. 15(4), pp. 245-254, 2019.
- [14] INEGI (2020) *Censo de población y vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- [15] D. Harvey. *Ciudades rebeldes. Del derecho de la ciudad a la revolución urbana*. Ediciones Akal, 2013.

Natural Colorants Extracted from Microalgae with Potential Use in Food: Case Study of C-phycoyanins

C. García Gómez^{#1}, E. Garza Valverde^{#2}, J. Nápoles Armenta^{#3}, R. A. De Hoyos Cantú^{#4}

[#]Autonomous University of Nuevo León, Campus of Agricultural Sciences, Faculty of Agronomy, Nuevo León, Mexico

¹celestino.garciagm@uanl.edu.mx, ²elizabeth.garzava@uanl.edu.mx, ³juan.napolesrm@uanl.edu.mx,

⁴ramon.dehoyos@alismty.com.

Abstract — The use of spirulina for the formulation of functional foods has increased in recent years due to its properties and health benefits. In addition, the use of spirulina phycocyanin is of interest for its functional properties in the human body, with health benefits ranging from anti-inflammatory action to its power as an anticancer agent. However, one of the problems with the use of phycocyanin in food is to optimize its extraction at maximum concentration and with good stability. In this work, a method of extraction and precipitation of phycocyanin with different salts was standardized, with the aim of optimizing the parameters of the extraction process (temperature, pH, agitation, amount of solvent and time) and precipitation (temperature of storage, precipitating salt concentration, and time) to maximize phycocyanin concentration, using the response surface method. The results of the proposed phycocyanin extraction and precipitation method managed to obtain concentrations of 0.378 mg/ mL and 0.47 mg/g of phycocyanins respectively, thus obtaining a natural pigment for incorporation into beverages.

Keywords — phycocyanin, spirulina, microalgae, food, natural colorant.

I. INTRODUCTION

Spirulina is a cyanobacterium, also known as Arthrospira, popularly recognized in the health food world as a high-protein supplement to the human diet. It is a photosynthetic organism that naturally grows in conditions of intense sunlight, high temperatures and a highly alkaline medium [1]. It is characterized by a high protein content, containing all the essential amino acids, although reduced amounts of methionine, cysteine and lysine, thus being inferior to animal proteins such as eggs and milk, but far superior to most vegetable proteins. In addition, it contains a high amount of polyunsaturated fatty acids (1.5-2%), vitamins B1, B2, B3, B6, B9, B12, C, D and E, and minerals such as potassium, calcium, chromium, iron, copper, magnesium, manganese, selenium and zinc [2]. Currently, the use of spirulina as an alternative source of protein enjoys great popularity, due in part to the increase in people in the world who follow diets free or reduced in consumption of animal protein. In Mexico, the percentage of people who follow vegetarian, flexitarian and vegan diets is 19%, 15% and 9%, respectively. Additionally, the functional foods

market worldwide has a value of 161.49 million USD, with a projected annual growth of 7.9% [3].

One of the disadvantages of using Spirulina for food formulation is the formation of off-flavors in it, which may be due to cyanobacterial metabolites, such as geosmin and 2-methylisoborneol, which create "earthy" aromas, as well as to the presence of eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids, which impart a certain "fishy" flavor. Therefore, the use of phycocyanin extracted from spirulina is of interest to avoid the unpleasant notes described above.

Phycocyanin is part of the family of phycobiliproteins, which are pigments present in cyanobacteria that form light-absorbing complexes. Phycobiliproteins are made up of a heterodimer of α and β units, each of which is made up of one, two, or three chromophores called bilins. Within the phycobiliproteins are the types phycoerythrins, phycocyanins, allophycocyanins and phycoerthrocyanins. In Spirulina, the most important type is phycocyanin, specifically the C-phycocyanin type, which is composed of two α and β subunits with a hexameric conformation. The phycocyanin extracted from spirulina can be used in the formulation of foods due to its functional properties, among which are anti-inflammatory, antioxidant and anticancer, acting directly in the reduction of oxidative stress, apoptosis and inflammatory processes in vivo models [4].

There are various extraction methods for phycocyanin from Spirulina or other cyanobacteria, but they mostly have disadvantages of low purity level and low storage stability [5]. Actually, it is interesting to evaluate a simple and economic method of extraction, evaluating the recovery of the pigment and its stability in storage for its use as a food ingredient. Therefore, the objective of the study was to validate an appropriate phosphate stirring extraction method to obtain stable phycocyanin and sufficient concentration, as well as an appropriate salt precipitation method to obtain phycocyanin in sufficient concentration for use as raw material in functional foods.

II. MATERIALS AND METHODS

A. phycocyanin extraction

For the extraction stage, dried spirulina (*S. maxima*) was used. The extraction procedure was based on the one described by Ying [6], using a phosphate buffer (pH 7.8), in this case KH_2PO_4 , adjusted to a certain pH (6, 8 or 10), and where a certain quantity of sample (dried spirulina) and was subjected to stirring, time and temperature (Table 1). Once the extract was obtained, absorbance was measured at 615 and 652 nm to determine the amount of phycoerythrocyanin (PE), C-phycocyanin (CPC) and allo-phycocyanin (APC), as well as the total phycocyanins (TPC) present in it. The amount of each one of them (mg/ml) was determined by means of the following formulas:

$$\text{CPC} = (A_{615\text{nm}} - 0.474A_{652\text{nm}})/5.34 \quad (1)$$

$$\text{APC} = (A_{652\text{nm}} - 0.208A_{615\text{nm}})/5.08 \quad (2)$$

$$\text{TPC} = \text{CPC} + \text{APC} \quad (3)$$

TABLE I
EXPERIMENTAL CONDITIONS FOR PHYCOCYANIN EXTRACTION

Variable	Experimental values		
	<i>min</i>	<i>central point</i>	<i>max</i>
T (°C)	10	25	40
Agitation (RPM)	0	100	200
Biomass:solvent ratio	1:1	1:3	1:5
Time (min)	5	15	25
pH	6	8	10

Once the phycocyanin was extracted under the optimal conditions determined in the previous stage, its stability was evaluated at storage conditions of different temperatures (-20, -4, 5, 25, 40°C) for a period of up to 4 days.

Additionally, the same procedure was carried out at a temperature of 72°C for a period of 15 minutes, with measurements at times 0, 1, 2, 5, 10 and 15 minutes.

B. Phycocyanin precipitation

This stage consisted of carrying out the precipitation of phycocyanin previously extracted with phosphate buffer (with the optimal conditions obtained in stage A) from spirulina, testing various salts (ammonium sulfate, ammonium phosphate and sodium citrate) to find the most efficient salt in precipitation.

To do this, we started with phycocyanin extracted with a method described by Ying [6], using a phosphate buffer, in this case KH_2PO_4 , adjusted to pH 7.8, and where a certain amount of sample (dry spirulina) was dispersed and subjected to at the following conditions, 40 °C, 150 rpm, sample/solvent ratio 1:5, 22 min and pH 7.8, which were validated in a previous experiment as the optimal point to maximize phycocyanin extraction from spirulina .

Subsequently, the following precipitating salts were added to the spirulina extract in different treatments and it was left to rest at refrigerated temperature for several hours.

- 65% ammonium sulfate
- 65% ammonium phosphate
- 10% sodium citrate

After that, the resulting product was centrifuged, the precipitate was separated, dried in an oven for 24 hours and dissolved in phosphate buffer to evaluate the sample at an absorbance of 615 nm and 652 nm and determine the amount of C-phycocyanin. (CPC) and allo-phycocyanin (APC), as well as the total phycocyanins (TPC) present therein as described in section A.

Subsequently, the salt that precipitated with the highest concentrations of phycocyanin was selected, as the one that presented fewer processing difficulties.

Finally, the optimization of the conditions (storage temperature, time and concentration of precipitating salt) was carried out to maximize the concentration of precipitated phycocyanin, with the selected salt (sodium citrate), see table 2. Once the phycocyanin was extracted with phosphate buffer, the resulting liquid was centrifuged, the precipitate was separated, dissolved in phosphate buffer and the absorbance was measured at 615 nm and 652 nm, with the procedure and equations described in the previous section to calculate the concentration of C-phycocyanin, allophycocyanin and total phycocyanins.

TABLE 2
CONDITIONS FOR PHYCOCYANIN PRECIPITATION

Variable	Values experimental		
	<i>min</i>	<i>Central point</i>	<i>max</i>
Storage time (h)	3	16	29
Storage temperature (°C)	5	15	25
Sodium citrate concentration (%)	5	10	15

All the data were analyzed by means of the response surface method through a Box- Behnken strategy, using the Design-Expert 13 software.

C. Beverage application

Once the optimal precipitation conditions were determined in the previous stage, we proceeded to use them to obtain a sufficient amount of phycocyanin and apply it in a dairy-based drink with the following formulations: 93.9% lactose-free whole milk, 0.1% xanthan gum, sugar 5%, phycocyanin 1, 2 and 5%. Subsequently, samples of each of the prepared beverages were taken and 15 people were tested (untrained panelists, consumers of milk-based products such as

drinkable yogurt or smoothies) to evaluate the sensory characteristics of the products in attributes such as appearance, texture, smell and taste by means of a 7-point hedonic test, in which 7 is the highest rating and 1 the lowest.

Subsequently, protein and fat determinations were made by the Kjeldahl ((NMX-f-608-NORMEX-2011) and Gerber butyrometric methods, respectively. (AOAC 2000.18), as well as $L^*a^*b^*$ color determination, using a Minolta CR410 colorimeter (Konica Minolta Co. Japan).

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Phycocyanin extraction

The optimal extraction point of C-phycocyanin was at 40°C, 151 rpm, 24.8 min, pH 7.7 and a sample-solvent ratio of 1:5, with a predicted concentration of 0.249 mg/mL. The model obtained managed to explain to a large extent the concentration of phycocyanin based on the mentioned variables ($R^2=0.8671$), where the data obtained in the experimentation fit the predicted data well and remain close to it. According to ANOVA results, the temperature variables and the sample:solvent ratio were statistically significant with $p<0.05$. In the relationship between the temperature and the amount of solvent, the concentration of phycocyanin extracted increases as the temperature and the amount of solvent increase, leaving the maximum point of the interaction at the maximum temperature and the maximum amount of solvent, as can be seen in Fig. 1.

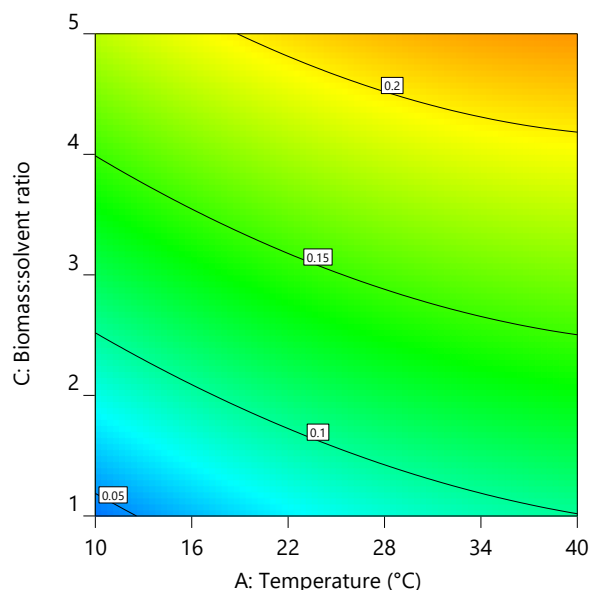


Fig. 1. Contour plot with the interaction of temperature and amount of solvent.

B. Phycocyanin precipitation

Sodium citrate was selected as the precipitating salt with the best performance in the precipitating salt evaluation system. The point at which the concentration of total

phycocyanins was maximized coincided with the previous one, being 29 h, 25°C and 5% sodium citrate, a predicted maximum concentration of 0.470 mg/g of C-phycocyanin, 0.275 mg/g of allophycocyanin and 0.745 mg/g of total phycocyanins. In this case, the effect of temperature and storage time on the concentration of precipitated phycocyanin was notorious. The higher the storage temperature and time, the higher the concentration obtained at the end of phycocyanin. The effect of temperature on the speed of the reaction is notorious, as it has a directly proportional relationship with the precipitation of phycocyanin. In addition, a longer time also allowed a greater reaction of the precipitating salt with the dissolved phycocyanin, thus increasing its concentration in the final product. However, in the case of the sodium citrate concentration, an effect totally opposite to that of the other parameters was noted. The highest concentration of precipitated phycocyanin was obtained at the lowest citrate concentration, the former decreasing as the latter increases. This may be due to a supersaturation effect on the solution and a diluting effect on the precipitate. Since the highest concentration of phycocyanin obtained is achieved at 5% sodium citrate, increasing this does not have an effect on a greater precipitation of phycocyanin, but it does reduce its amount in the resulting product, as it has a higher concentration of phycocyanin. higher proportion of sodium citrate in the material. According to the ANOVA results, the citrate concentration has statistical significance in the phycocyanin precipitation. The model was able to explain to a large extent the phycocyanin concentration based on the mentioned variables ($R^2=0.8069$). The fit of the model can be observed in the residual graphs and the comparison of these with the data predicted by the system (Fig. 2).

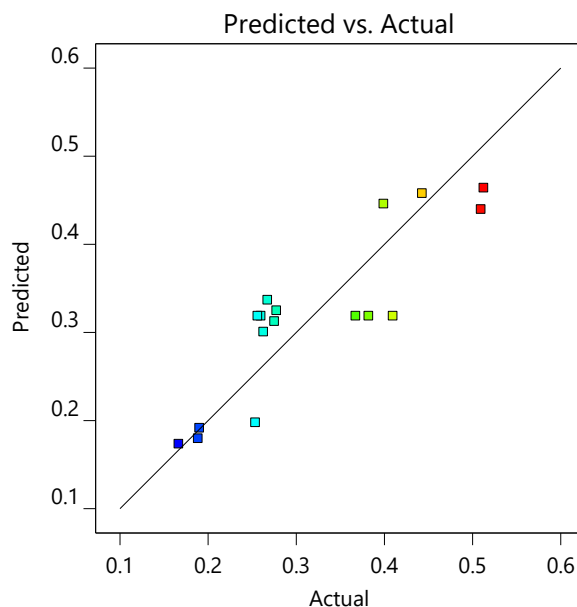


Fig. 2. Residual graph.

C. beverage application

The sensory analysis showed that the scores of all the attributes decreased as the level of use of phycocyanin in the beverage increased, impacting especially on appearance and aroma attributes. Therefore, the level of use of powdered phycocyanin should be between 1 and 2% in order to have a good level of acceptance by consumers and avoid defects in the appearance and taste of the beverage.

IV. CONCLUSION

It was possible to determine the conditions under which the concentration of extracted phycocyanin is maximized. The precipitation process managed to increase the concentration of phycocyanin from spirulina extract by 89% for C-phycocyanin and 97% for total phycocyanins. Taking into account that the concentration of phycocyanin increased, and therefore, the impurities decreased, this step manages to better adapt the material to be used as a functional ingredient in foods that seek an improved nutritional profile with functional properties in the organism. The application in a beverage allowed us to place the levels of use of the extract obtained in a specific range where there is a good acceptance by the consumer, thus avoiding higher levels where defects in the product may occur, focused mainly on the flavor and generating rejection by the market.

REFERENCES

- [1] D. Wan, Q. Wu, and K. Kuca. *Spirulina*. Nutraceuticals. 569–583. 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802147-7.00042-5>
- [2] M. A. B. Habib, M. Parvin, T.C. Huntington, and M. Hasan, “A Review on Culture, Production and Use of Spirulina as Food for Humans and Feeds for Domestic Animals and Fish,” *FAO Fisheries and Aquaculture Circular* No. 1034, Rome, 2008. [On line] Available: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i0424e>
- [3] Grand View Research (2019). *Functional foods market size, share and trend analysis report*. [On line] Available: www.grandviewresearch.com
- [4] Z. Zhang, S. Cho, Y. Dadmohammadi, Y. Li, and A. Abbaspourad, “Improvement of the storage stability of C-phycocyanin in beverages by high-pressure processing,” *Food Hydrocolloids*, vol. 110, pp. 106055, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106055>
- [5] D. Pez Jaeschke, and I. Rocha Teixeira, L. Damasceno Ferreira Marczak, & G. Domeneghini Mercali, “Phycocyanin from Spirulina: A review of extraction methods and stability,” *Food Research International*, vol. 143, pp. 110314, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110314>
- [6] Y. Li, Z. Zhang, M. Paciulli, and A. Abbaspourad, “Extraction of phycocyanin —A natural blue colorant from dried spirulina biomass: Influence of processing parameters and extraction techniques,” *Food Engineering, Materials Science, & Nanotechnology*, vol. 85(3), pp. 727-735, 2020. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14842>

Caracterización Bromatológica y Sensorial de Barritas de Tapioca con Uso Potencial como Energéticas

J. J. Iniestra González^{#1}, N. Castañeda Cuevas^{#2}, A. I. Godínez Bernal^{#3}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Tamazula, Jalisco, México

¹jesus.iniestra@tamazula.tecmm.edu.mx, ²mnayeli.castaneda@tamazula.tecmm.edu.mx,

³daxr21@hotmail.com

Resumen—Se realizaron dos barras energéticas a partir de tapioca, chocolate y frutos secos. Se desarrolló dicho alimento en búsqueda de otorgarle a atletas de diferentes disciplinas un aporte de calorías extra que se suplemente con la dieta diaria permitiéndole obtener una fuente energética adicional y saludable requerida que no se encuentra presente en marcas comerciales comunes y sea un producto innovador dando hincapié a ayudar a la nutrición de la población. La investigación fue de corte transversal, con énfasis descriptiva para dos formulaciones distintas, de las cuales se les hicieron pruebas fisicoquímicas y sensoriales al igual una comparación de las mismas con una barra de arroz de marca comercial. Algunos de los valores nutricionales más relevantes como proteína total con 0.332% y 0.1666%, carbohidratos totales con 77.30% y 75 %, grasas totales 10% y 6.6% respectivos a la barra de tapioca y de arroz.

Palabras clave—Tapioca, barra, energética, mandioca

I. INTRODUCCIÓN

La tapioca también es llamada mandioca, casabe o guacamota, es un almidón extraído directamente de la raíz de la yuca y es utilizado como alimento básico en muchas partes del mundo. La tapioca es 100% libre de gluten, nueces y granos, lo que lo hace perfecto para las personas que tengan alergia a este tipo de alimentos. Un estudio de la Universidad de Newcastle [1] hizo uso de la tapioca como auxiliar en el tratamiento de tumores cancerígenos.

La tapioca es un alimento altamente nutritivo, ya que una taza de sus perlas aporta 1.5 gramos de fibra, 30 miligramos de calcio y 0 gramos de colesterol. La tapioca es una estupenda fuente de folatos, componentes necesarios para el proceso de división celular, así como de minerales como el hierro y el manganeso, de los cuales aporta 8% y 13% del respectivo valor diario recomendado [1].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Elaboración de barras de tapioca.

En la Fig.1 se muestra el proceso general de elaboración de las barras de tapioca.

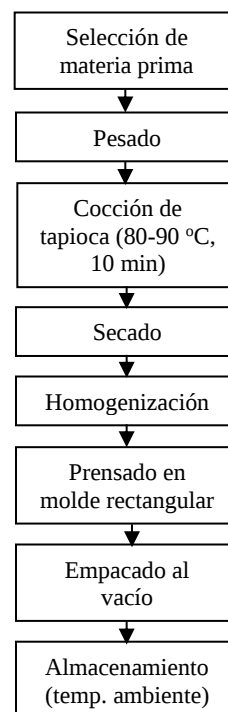


Fig. 1. Elaboración de barra de tapioca

B. Determinación de grasa por método de Randall.

El método Randall [2] consiste en la modificación del método estándar Soxhlet el cual sumerge la muestra en el disolvente en ebullición, reduciendo el tiempo necesario para la extracción. Se utilizó el equipo Extractor solvente Ser 148/6 (extractor de disolventes).

C. Determinación de proteínas por el Método de Kjeldahl

Desde hace más de 100 años se está utilizando el método Kjeldahl para la determinación del nitrógeno en una amplia gama de muestras (alimentos y bebidas, piensos, forrajes, fertilizantes) para el cálculo del contenido en proteína. Es un método oficial descrito en múltiples normativas: AOAC, USEPA, ISO, Farmacopeas y distintas Directivas Comunitarias. La convención general es que la totalidad del nitrógeno de la muestra está en forma proteica, aún cuando la

realidad es que, según la naturaleza del producto, una fracción considerable del nitrógeno procede de otros compuestos nitrogenados (bases púricas y pirimidínicas, creatina y creatinina, urea, amoníaco, etc.), por ello se denomina “proteína bruta” o “proteína total” a la obtenida por este método. Su utilizó el método 981.10 del AOAC [3].

D. Determinación de fibra cruda, según la norma ISO 15598: 1999.

Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda [4].

E. Determinación de actividad de agua (aw).

Se utilizó el equipo AQUA LAB 4TE, siguiendo las indicaciones del manual. A cada capsula se colocaron 3 gramos. Las muestras se introdujeron al equipo y automáticamente en un tiempo determinado proporciona el resultado.

F. Determinación de cenizas.

Se utilizó el método de cenizas totales de Kirk y col. [5] que se basa en dejar calcinar la muestra en un crisol, utilizando una mufla a 600 °C.

G. Determinación de azúcares totales por el método del etanol-ácido sulfúrico por Barampama y Simard [6].

A 0.25 gramos de muestra se le agregaron 4 ml de etanol (al 80%) caliente a 50 °C; se agitaron durante 5 min. y fueron centrifugadas a 4000 rpm durante 15 minutos. El sobrenadante fue recuperado y al precipitado se le dio, nuevamente, el tratamiento antes mencionado.

El sobrenadante total recuperado fue aforado a 10 mL con etanol al 80%. Se tomó 1 mL del sobrenadante, se le añadió 1 mL de fenol al 5% p/v en agua y fue agitado manualmente durante 1 min. Posteriormente se adicionó, lentamente, 5 mL de H₂SO₄ concentrado. La mezcla se dejó en reposo 10 min. a temperatura ambiente y fue colocada en baño María a 25-30 °C durante 15 min. La absorbancia fue leída a 560 nm en un espectrofotómetro lineal.

Antes de realizar la determinación de azúcares totales, se realizó una curva estándar empleando glucosa anhidra (grado analítico) en un rango de concentración de 60 a 1000 µg/mL.

H. Determinación de carbohidratos totales

Se utilizó el método de fenol-sulfúrico [7]. Todos los carbohidratos bajo hidrólisis ácida producen monosacáridos. La adición de ácido sulfúrico al igual que el fosfórico y el clorhídrico, provoca la deshidratación de los carbohidratos con la eliminación de agua. Con esta reacción se forman derivados del furfural, y el 5-hidroximetilfurfural (HMF). Con las pentosas se produce furfural y las hexosas a HMF [7, 8]. La presencia del fenol y su interacción con el HMF facilita la formación de complejos que permiten la coloración de la

solución y con ello la cuantificación de los carbohidratos a través de la espectrofotometría. Se realizó una curva estándar de hasta 1000 µg/mL con glucosa, midiendo la absorbancia a 490 nm.

I. Análisis sensorial

Se realizó en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez con 28 participantes.

J. Análisis estadístico

El experimento fue completamente al azar con tres repeticiones y analizados con el software Minitab 20.3

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla I concentra la información obtenida de los análisis realizados a la barrita de tapioca. También se realizaron análisis a una barrita comercial (Rice crispies).

TABLA I
ANÁLISIS REALIZADOS A BARRITAS, CON DOS FORMULACIONES
(% EN PRODUCTO)

Análisis	Tipo de barrita	
	Ch/M/F	M/F
Grasa	0.1±0.0	0.1±0.05
Humedad relativa	3.33±1.15	4.66±1.15
Cenizas	3.01±0.68	3.45±0.17
Fibra	4.37±1.02	4.01±1.6
Proteína	0.33±0.0	0.17±0.0
Actividad de agua (Aw)	0.64±0.0	0.65±0.0
Azúcares totales	0.173±0.0	0.166±0.0
Carbohidratos	77.3±1.82	77.0±1.78

Ch/M/F= Chocolate, mermelada, frutos secos.

M/F= Mermelada, frutos secos.

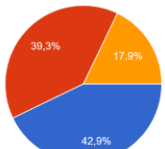
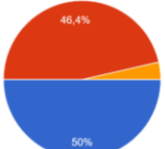
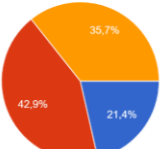
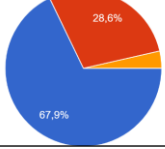
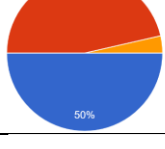
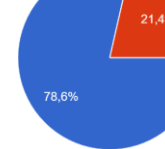
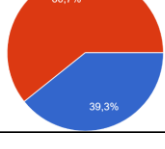
La concentración de proteína indicada en la barrita comercial es relativamente alta respecto a las analizadas en este trabajo, sin embargo, a las barritas de tapioca no se les adicionó proteína. El contenido de fibra es mayor en la barrita de tapioca (4.37 y 4.01%) que en la comercial (0.1%). Los demás componentes analizados son similares en concentraciones a la barrita comercial.

Respecto al análisis sensorial (Tabla II), 75% de los encuestados eran mujeres y el resto hombres.

El 98% de los evaluadores opinaron que comprarían el producto una vez este a la venta. El producto que agrado más fue el que contenía chocolate (formulación A), indicando que alrededor del 60.7% consumen de vez en cuando el producto que actualmente se presenta en el mercado debido a que consumen en su casa un cereal similar.

También expresaron su deseo de consumir el producto base tapioca ya que no conocen un producto (cereal) de este tipo en el mercado.

TABLA II
ANÁLISIS SENSORIAL REALIZADOS A BARRITAS DE TAPIOCA

Característica evaluada	% de respuesta
Aspecto	 - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta - Me disgusta - Me disgusta mucho
Sabor	 - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta - Me disgusta - Me disgusta mucho
Consistencia/textura	 - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta - Me disgusta - Me disgusta mucho
Aroma	 - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta - Me disgusta - Me disgusta mucho
Color	 - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta - Me disgusta - Me disgusta mucho
Formulación con más agrado	 - Formula A - Formula B
Evaluación general	 - Me gusta mucho - Me gusta - No me gusta ni me disgusta - Me disgusta - Me disgusta mucho

IV. CONCLUSIÓN

La realización de una barrita base tapioca presenta características nutricionales similares a una comercial base arroz, con excepción en el contenido de fibra y proteína, sin embargo, sensorialmente fue mas del agrado de los participantes debido a que no hay en el mercado producto similar de tapioca.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México y al ITJMMPyH por el apoyo para la realización del trabajo.

REFERENCIAS

- [1] N. K. Morgan, and M. Choct, "Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets," *Animal Nutrition*, vol. 2(4), pp. 253-261, Aug. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.010>
- [2] E. Randall, "Improved method for fat and oil analysis by a new process of extraction," *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, vol. 57(5), pp. 1165-1168, 1974. [En línea] Disponible en: <https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/57/5/1165/5711494>
- [3] Association of Official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis*. 16Th ed. Pub. B and AOAC, Washington, D. C., 1997.
- [4] ISO. Tea - Determination of crude fibre content. First edition, 15598, 1999.
- [5] R. S. Kirk, R. Sawyer y H. Egan. *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. 2a edición; Compañía editorial continental SA de CV, México. 1996.
- [6] J. Barampama, and I. Simard, "Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing," *Journal of Food Science*, vol. 59(4), pp. 833-837, 1994. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb08139.x>
- [7] S. Nielsen, Ed, *Food Science Texts Series: Phenol-Sulfuric Acid Method for Total Carbohydrates*. Food Analysis Laboratory Manual, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, USA, 2009. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1463-7_6
- [8] X. López Legarda, A. Taramuel Gallardo, C. Arboleda Echavarría, F. Segura Sánchez y L. F. Restrepo Betancur, "Comparación de métodos que utilizan ácido sulfúrico para la determinación de azúcares totales," *Rev. Cubana Quím.*, vol. 29(2), pp. 180-198, May, 2017. [En línea] Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s2224-54212017000200002&script=sci_arttext

Diseño y Desarrollo de un Prototipo de Máquina Universal para Pruebas Mecánicas de Tensión en Biopolímeros

C. A. Dávalos Saucedo^{#1}, G. Rossi Márquez^{#2}, M. J. Briones Reyes^{#3}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Academia de Investigación, Unidad Académica Lagos de Moreno, Jalisco, México.

¹cristian.davalos@lagos.tecmm.edu.mx ²giovanna.rossi@lagos.tecmm.edu.mx ,

³manuel.briones@lagos.tecmm.edu.mx

Resumen—En este artículo, se describe el diseño y desarrollo de un prototipo de máquina universal para realizar pruebas mecánicas de tensión en biopolímeros. Los biopolímeros son materiales poliméricos derivados de fuentes naturales y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la industria de los alimentos y de empaques. Las características de las propiedades mecánicas de los biopolímeros, como su resistencia a la tracción, es fundamental para conocer su comportamiento en diferentes condiciones de carga principalmente. El diseño de la máquina se basó en las normas establecidas por la ASTM International y se realizaron pruebas preliminares en muestras de biopolímeros para evaluar la funcionalidad y la precisión de la máquina. Los resultados de las pruebas demostraron la capacidad de la máquina para aplicar cargas controladas y medir la relación esfuerzo-deformación en las muestras de biopolímeros. Este estudio es importante porque establece los cimientos para futuras investigaciones sobre el desarrollo de equipo de laboratorio asequible para la medición de propiedades mecánicas de biopolímeros y su aplicación en diferentes sectores industriales.

Palabras clave— Máquina Universal, Biopolímeros, Pruebas Mecánicas, Tensión.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de materiales plásticos está ampliamente difundido a nivel mundial, pero tienen el problema de no ser biodegradables y, por lo tanto, tienen un fuerte impacto ambiental. En los últimos años, se ha reportado un incremento en el desarrollo de películas biodegradables, que puedan ser producidas de manera sustentable y que no sean obtenidos de derivados de petróleo como el plástico [1]. Estos biomateriales pueden ser preparados a partir de proteínas, carbohidratos o una mezcla de ellos, facilitando su diseño y producción con base al tipo de alimento o producto para el que van a ser realizados [2-4].

Los biopolímeros han ganado atención considerable en los últimos años debido a su origen renovable y su potencial para reemplazar materiales poliméricos tradicionales derivados del petróleo. Estos materiales poliméricos derivados de fuentes naturales ofrecen una serie de ventajas, como una menor huella ambiental y una mayor biodegradabilidad. Sin embargo, la comprensión de las propiedades mecánicas de los biopolímeros es esencial para garantizar su adecuado rendimiento en aplicaciones específicas. Una de las

principales pruebas mecánicas para determinar la factibilidad de uso de un biopolímero es la resistencia. Esta propiedad determina la capacidad de un material para soportar una carga aplicada sin romperse o deformarse excesivamente [5]. Para llevar a cabo pruebas precisas de resistencia a la tracción, es necesario contar con una máquina universal capaz de aplicar cargas controladas y medir las deformaciones en las muestras de biopolímeros.

En este artículo, presentamos el diseño y las pruebas preliminares de una máquina universal para pruebas mecánicas de tensión en biopolímeros. El diseño de la máquina se basó en las normas establecidas por la ASTM International para garantizar la consistencia y la comparabilidad de los resultados obtenidos. Además, se realizaron pruebas preliminares en muestras de biopolímeros para evaluar la funcionalidad y la precisión de la máquina.

II. DISEÑO DE LA MÁQUINA

El diseño de la máquina universal para pruebas mecánicas de tensión en biopolímeros se basó en los estándares de la ASTM International, en particular la norma ASTM D882 que establece los procedimientos para la prueba de resistencia a la tracción en películas delgadas [6], específicamente para probar plásticos de menos de 1 mm de espesor y se puede usar para probar cualquier tipo de muestra de plástico dentro de este rango de espesor definido. La máquina consta de 3 partes esenciales:

1. Diseño mecánico: se diseñaron (Fusion 360 y CURA) e imprimieron (Ender3 v2) en Acido Poliláctico (PLA) 2 mordazas para sujetar las muestras de biopolímeros considerando las medidas de las probetas según lo establecido en la norma ASTM. A las mordazas se les adhirieron superficies antideslizantes y se utilizaron pernos de ajuste para la sujeción de la muestra. Una de ellas (Fig. 3) se diseñó para estar sujeta a una plataforma con husillo de bolas de 200 mm accionada por un motor a pasos (Fig. 1), mientras que la segunda (Fig. 2) se fija y sujeta a la celda de carga.

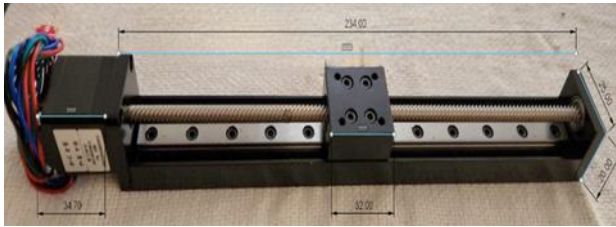


Fig. 1 Bastidor de aluminio anodizado modelo 28H30H0604A2 con plataforma, husillo y motor a pasos.

A continuación, se realizó el diseño e impresión de una base que permita dar estabilidad al prototipo (Fig. 4): La base fue diseñada para ser colocada con el bastidor de forma vertical y sujetar la celda de carga por el extremo contrario a la mordaza, permitiendo el correcto deslizamiento a través del eje.

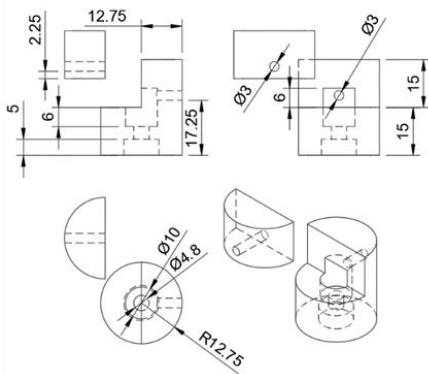


Fig. 2 Mordaza fija a celda de carga. Todas las medidas son en milímetros.

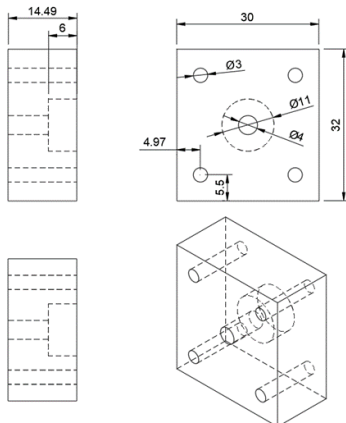


Fig. 3 Mordaza sujeta a plataforma móvil. Se requieren dos piezas iguales. Todas las medidas son en milímetros.

La base estará alojando los elementos de control por la parte posterior del diseño, para que pueda tener un arreglo

ordenado de las conexiones y alimentación de energía incluyendo los botones para acceder a las funciones previamente programadas.

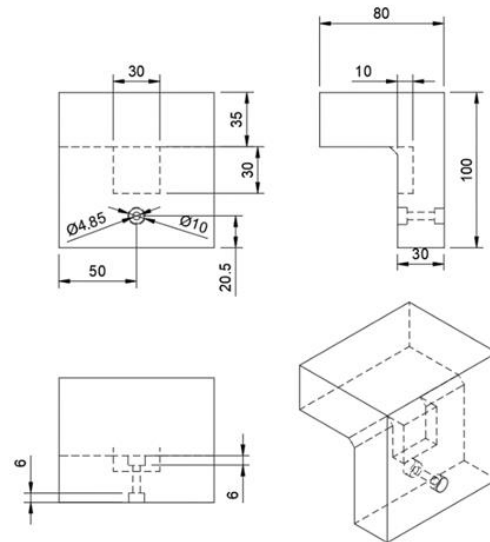


Fig. 4 Base para la máquina universal de pruebas. Todas las medidas son en milímetros.

2. Sistema electrónico: se utilizó una Raspberry Pi Pico W para el control de la máquina universal de pruebas. A este microcontrolador se le conectó un driver A4988 para el motor a pasos funcionando con pasos completos y un amplificador hx711 para la lectura de la celda de carga. Además, se incluyeron dos botones (continue y break) para controlar el flujo del proceso durante las pruebas. El diagrama electrónico completo se observa en la Fig. 5. Cabe destacar que se requiere de una fuente de alimentación de 5-9 v adicional para suministrar energía al motor a pasos.

3. Código: Se optó por controlar la Raspberry Pi Pico W con micro Python, una versión ligera de Python3 que funciona con microcontroladores de diversas marcas y modelos. El diagrama de flujo del código se puede observar en la Fig. 6, donde el proceso se encarga de forma automática de guiar al usuario en el procedimiento para realizar la prueba, desde la configuración, tara, calibración y prueba mecánica. Durante la puesta en marcha, el código permite utilizar los datos calculados de calibración para la celda de carga, o calibrarla antes de iniciar la prueba.

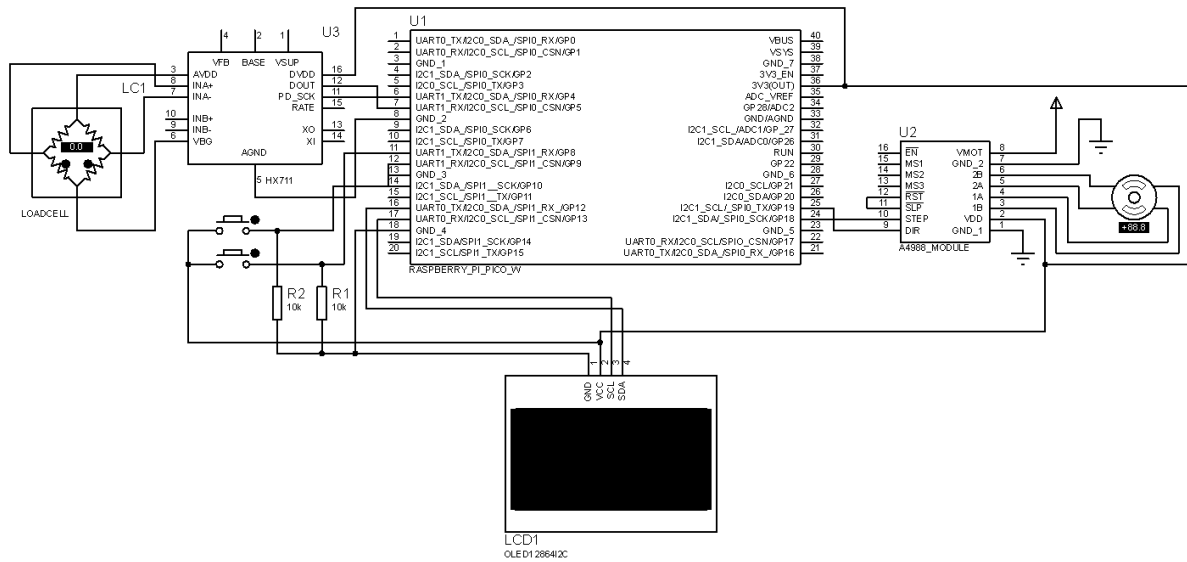


Fig. 5 Diagrama electrónico.

Además, almacena los resultados en el microcontrolador dentro de un archivo con nombre provisional aleatorio que se indica en la pantalla OLED. Los resultados almacenados contienen la información en formato json con unidades Newton (N) vs milímetros (mm). Estos datos pueden ser

graficados posteriormente con otro script creado en Python3 utilizando la biblioteca matplotlib, o en cualquier editor de hojas de cálculo haciendo la conversión del archivo json a csv.



Fig. 6 Diagrama de flujo de algoritmo de control para máquina universal de pruebas.

III. PRUEBAS PRELIMINARES

La calibración de la máquina universal se realizó con un dinamómetro con escala 0-250 gr con un error máximo de ± 1 gr. Los valores obtenidos fueron almacenados en memoria en el microcontrolador y son cargados de forma automática. No obstante, es posible utilizar una calibración personalizada si así se requiere. Durante las pruebas, se aplicó carga de tensión a velocidad constante, midiendo la carga en tiempo real.

Posteriormente, se realizaron pruebas preliminares en muestras de biopolímero comercial para uso en laboratorio (Parafilm) como demostración de principio y para evaluar la funcionalidad y pertinencia de la máquina (Fig. 7); las muestras se prepararon siguiendo lo indicado por la norma ASTM D882.

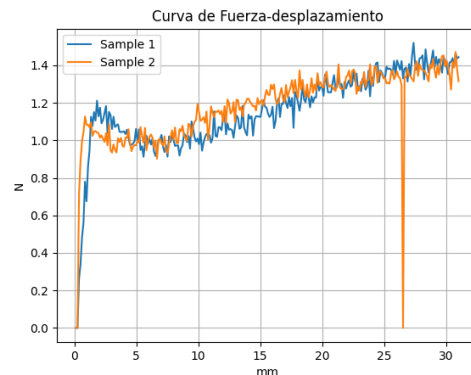


Fig. 7 Gráfica de fuerza-desplazamiento para muestras de plástico parafilm.

Además, se hicieron pruebas con películas comestibles con formulación a base de proteínas de suero con espesor de

46 $\mu\text{m} \pm 0.5$ cuyos resultados para dos muestras de 4x1 cm puede observarse en la Fig. 8.

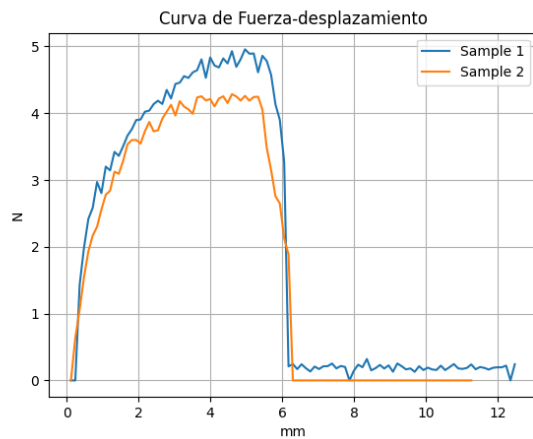


Fig. 8 Curva de fuerza-desplazamiento de películas comestibles de 4x1 cm.

Los resultados de las pruebas preliminares demostraron la capacidad de la máquina para aplicar cargas controladas y medir la fuerza aplicada en las muestras de biopolímeros con un error de ± 0.5 N.

IV. CONCLUSIÓN

En este artículo, presentamos el diseño y las pruebas preliminares de una máquina universal para pruebas mecánicas de tensión en biopolímeros. El diseño de la máquina se basó en las normas establecidas por la ASTM International para garantizar la consistencia y la repetibilidad con un bajo error de reproducibilidad en los resultados obtenidos.

Las pruebas preliminares demostraron la funcionalidad y pertinencia de la máquina en la aplicación de cargas controladas y la medición de desplazamientos en muestras de biopolímeros. Estos resultados son importantes para futuras investigaciones sobre las propiedades mecánicas de los biopolímeros y su aplicación en diferentes sectores industriales, como las industrias farmacéuticas, alimenticia, y el embalaje.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico José Mario Pasquel y Henríquez por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] C. Otoni, R. J. Avena Bustillos, H. M. Aceredo, M. V. Lorevice, M.R. Moura, L. H. Mattoso, and T.H. McHugh, "Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 16(5), pp. 1151-1169, 2017. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281>
- [2] S. Galus, and A. Lenart, "Optical, mechanical, and moisture sorption properties of whey protein edible films," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 42(6), pp. e13245, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13245>
- [3] D. Bernhardt, C. Pérez, E. Fissore, M. De'Nobili, and A. Rojas, "Pectin-based composite film: Effect of corn husk fiber concentration on their properties," *Carbohydrate Polymers.*, vol. 164, pp. 13–22, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.031>
- [4] H. Zhang, X. Li, and H. Kang, "Chitosan coatings incorporated with free or nano-encapsulated Paulownia Tomentosa essential oil to improve shelf-life of ready-to-cook pork chops," *LWT*, vol. 116, pp. 108580, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108580>
- [5] R. Dhawan, B. S. Bisht, R. Kumar, S. Kumari, and S. Dhawan, "Recycling of plastic waste into tiles with reduced flammability and improved tensile strength," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 124, pp. 299-307, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.02.018>
- [6] (2018) ASTM International website. [Online]. Available: <https://www.astm.org/d0882-18.html>
- [7] ASTM, "Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM D882-18," International, ASTM, 2018. [On line]. Available: <https://www.astm.org/d0882-18.html>
- [8] C. Pryor, "The Definitive Guide to ASTM D882 - Tensile Testing of Thin Plastic Film," INSTRON. [En línea]. Available: <https://www.instron.com/en/testing-solutions/astm-standards/astm-d882#:~:text=Specimens%20need%20to%20be%20between,for%20testing%20is%20250%20mm>

Diseño de Circuito Secuencial para la Identificación de Cable de Red

T. A. Cortes Aguilar^{#1}, A. Tovar Arriaga^{*2}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Zapopan, México. Ingeniería Electrónica.

^{*}Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Zapopan, México. Ingeniería en Sistemas Computacionales.

¹teth.cortes@zapopan.tecmm.edu.mx, ²adriana.tovar@zapopan.tecmm.edu.mx

Resumen—Los cables de red contruidos con hilos conductores en pares trenzados, son uno de los medios de comunicación más usados en las telecomunicaciones. Sin embargo, muchos de los circuitos y aparatos utilizados para la detección del tipo de cable de red, directo o cruzado, dejan esta tarea en el usuario, lo cual consume mucho tiempo y puede dar lugar a errores de apreciación. Por el contrario, un circuito secuencial, conformado por una memoria y un circuito de lógica combinatoria, basado en el modelo de Mealy, es capaz de realizar la detección de forma automática, agilizando y facilitando el trabajo para el usuario. En este artículo se describe con detalle la metodología para la obtención de las ecuaciones del circuito de lógica combinatoria. La memoria del circuito secuencial se implementó con un flip-flop JK y los resultados de simulación muestran que las ecuaciones de detección del tipo de cable son mutuamente excluyentes, además, el circuito también es capaz de detectar una falla en el cable red.

Palabras clave—Telecomunicaciones, circuitos lógicos.

I. INTRODUCCIÓN

Los cables de red se utilizan en muchos sistemas de telecomunicaciones y en entornos tan distintos como residencias, industrias, vehículos, trenes, barcos, centrales eléctricas, minería y aeronáutica [1]. Es normal que las condiciones operativas y ambientales de algunos entornos, como temperaturas elevadas, alta concentración de humedad y vibraciones muy intensas provoquen anomalías en los cables, afectando la funcionalidad de los sistemas y derivar en algunos casos en eventos catastróficos [2]. El cable de red de par trenzado es el medio de comunicación más usado; por lo que el diseño de sistemas capaces de diagnosticar y predecir la degradación de los cables y conectores tiene gran una importancia práctica [3].

El rendimiento de los cables de red es afectado, para enviar y recibir paquetes de datos, debido a daños en la capa física, por defectos de fabricación, degradación en los conectores RJ45, conexiones incorrectas y cables averiados, provocando retrasos en la transmisión de datos, o incluso la interrupción de las comunicaciones. Por ejemplo, uno de los problemas que presentan los cables de red a causa de su degradación, es la diafonía, que surge debido a la interferencia de señales por el acoplamiento electromagnético entre pares adyacentes de hilos conductores y que es más grave a medida que aumenta

la frecuencia de la señal. La diafonía provoca un tráfico excesivo de paquetes como resultado de la congestión y sobrecarga de datos en la red [4].

A. Tipos de cables de red

En los enlaces de red se utilizan dos tipos de cables. El *cable cruzado* se utiliza para conectar dos aparatos del mismo tipo, por ejemplo, una computadora a otra computadora o un switch a otro switch. Por el contrario, el *cable directo* se utiliza para conectar dos aparatos diferentes, por ejemplo, una computadora y un switch. En un cable directo, la disposición en los extremos está de acuerdo a un solo estándar T-568A ó T568B. Por el contrario, en un cable cruzado, un extremo tiene el estándar T-568A y el otro el extremo tiene el estándar T568B.

B. Trabajos relacionados

Gro & Pizziti [5] construyeron para una empresa de telecomunicaciones, un dispositivo portátil que facilita la identificación del cliente en tiempo real y el tipo de servicio (ISDN *Integrated Service Digital Network*, ADSL *Asynchronous Digital Subscriber Line*, PCM *Pulse-Code Modulation*, TGN *General Telecommunication Network*) activado para una línea de par trenzado. Este dispositivo también realizaba mediciones de voltaje y resistencia, así como coordenadas, de longitud y latitud de acuerdo a los datos generados por un sensor GPS. Sin embargo, este dispositivo no aporta datos sobre averías en el cable.

Lita et al. [6] diseñaron un sistema para probar cables automotrices, utilizando una tarjeta de adquisición de datos NI USB 6212. Desarrollaron una aplicación visual en LabVIEW y a través de una plantilla de conexión definida por el usuario, la aplicación permite probar hasta 9 cables de un mismo conector. La aplicación muestra como resultado si la prueba del cable fue exitosa o no. Los autores mencionan utilizar señales de baja frecuencia o corriente directa y recomiendan ajustar la velocidad de la señal lo más bajo posible, entre 10ms y 1000ms, para evitar interferencias o distorsiones, provocadas por elementos parásitos que se asocian a cables de gran longitud.

Sapkota et al. [7] diseñaron un circuito probador de cables RJ45 construido con un multivibrador astable NE555 que

envía un pulso de reloj de 1 Hz hacia un contador de décadas CD4017B, donde las salidas Q0-Q3 están conectadas a través de una resistencia hacia las terminales 1, 3, 5 y 7 del conector RJ45 mientras que las terminales 2,4, 6 y 8 tienen diodos emisores de luz, LED1 a LED4 conectados a tierra. El otro extremo del cable de red se acopla a un conector con la terminal 1 unida con 2, la 3 con 4, 5 con 6 y 7 con 8. Si el cable de red es de tipo directo los LED encenderán con la secuencia LED1, LED2, LED3, LED4, Si el cable de red es de tipo cruzado, entonces los LED encenderán con la secuencia LED2, LED3, LED1, LED4. Este diseño, además de identificar el tipo de conexión del cable de red, también identifica si el cable no es funcional, en caso de que no encienda uno o varios de los diodos emisores de luz.

Hussin et al. [8] diseñaron un probador de cable RJ45, que utilizaron para identificar cables defectuosos antes o después de la instalación de red, así como, para solucionar problemas durante la instalación. Reportan resultados para cables de 10 a 100 metros de longitud en segmentos de 10 metros. Conectaron las terminales de un conector RJ45 a una tarjeta Arduino uno, que a su vez se conecta por USB con un teléfono móvil. La tarjeta Arduino aplica voltajes en algunas terminales del conector que regresan a la tarjeta a través de otras terminales y generan los códigos alfanuméricos *10325476# y *34501276# que permiten identificar el tipo conexión directa y cruzada del cable red, respectivamente. Una aplicación en el teléfono móvil recibe el código y muestra en pantalla el tipo de cable de red y si existe una avería por ruptura del cable o falla por tipo de conexión no identificada. Al igual que en el diseño de Sapkota et al. [7] el otro extremo del cable de red se acopla a un conector con la terminal 1 unida con 2, la 3 con 4, 5 con 6 y 7 con 8.

Sun & Jia [9] diseñaron un probador de cables de telecomunicaciones de múltiples interfaces para conectores DB25, DB15 y DB9 el cual consta de un módulo maestro que utiliza un circuito NE555 y un contador de décadas CD4017 para enviar un sólo pulso en alto a la vez, a través de las terminales de los conectores. En el otro extremo del cable, un módulo esclavo, muestra las señales en cada terminal mediante diodos emisores de luz. Los autores de este trabajo mencionan que la conexión se puede evaluar por la secuencia en el encendido de los diodos emisores de luz y que además la calidad del cable se puede evaluar según la intensidad lumínica del LED. Sin embargo, verificar la continuidad en cada cable, uno por uno, es una tarea difícil y que consume mucho tiempo. Kunaraj et al. [10] proponen simplificar esta tarea para cables RJ45 a través de un dispositivo que denominaron probador multifunción portátil. El cual envía una señal a cada uno de los cables del conector de entrada, usando los circuitos CD4017 y NE555. En el otro extremo, unos diodos emisores de luz permiten identificar visualmente, cual cable está averiado comparando si el LED de salida enciende a la par que el LED de entrada. Este dispositivo, tiene como desventaja principal, que los extremos del cable

se deben conectar al dispositivo, por lo que no puede ser usado fácilmente en cables instalados.

C. Circuito secuencial

Para mejorar la detección de fallas y del tipo de cable de red de manera más rápida. En el presente trabajo, se diseñó un circuito secuencial basado en el modelo de Mealy para la detección de un cable de red directo a partir de la secuencia $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4$ y un cable de red cruzado a partir de la secuencia $x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_2$. Cabe señalar, que un circuito secuencial síncrono está controlado por una señal de reloj y por lo general, la memoria se realiza mediante *flip-flops* disparados por transición o pulsos, Fig. 1.

El modelo de Mealy es un tipo de circuito secuencial, asignado a transiciones, donde las salidas son funciones del estado actual y de las entradas, es decir a los arcos del diagrama de estados, ver Fig. 2 y Fig. 3. Por el contrario, el modelo de Moore, identifica las salidas sólo en términos del estado actual del dispositivo [11]. Esta es la razón, por la cual se decidió usar el modelo de Mealy en lugar del modelo de Moore, en el presente trabajo.

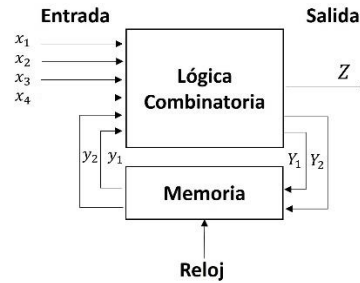


Fig. 1. Modelo de circuito secuencial síncrono.

II. MÉTODO

En esta sección se describe con detalle el procedimiento para el cálculo de las ecuaciones lógicas. El primer paso para el diseño del circuito secuencial, consiste en trazar el diagrama de estado de la Fig. 2, donde la activación de la salida, sólo ocurre cuando se detecta la secuencia $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4$, para un cable de red directo. En el segundo paso se completa la TABLA II de estados y la TABLA III de transición/salida. Los mapas de estado siguiente para Y_1 de la TABLA IV y Y_2 de la TABLA V se deducen a partir de la TABLA I para el circuito de memoria de tipo *flip-flop* JK.

TABLA I
TABLA DE ENTRADA PARA UN FLIP FLOP JK

Transiciones de estado		Entradas Flip Flop JK	
$Q(t)$	$Q(t + \varepsilon)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

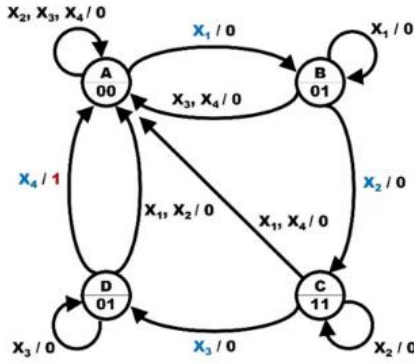


Fig. 2. Diagrama de estados de acuerdo al modelo de Mealy para la detección de cable de red directo.

TABLA II

TABLA DE ESTADOS PARA DETECCIÓN DE CABLE DIRECTO

Estado Actual	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
A	B/0	A/0	A/0	A/0
B	B/0	C/0	A/0	A/0
C	A/0	C/0	D/0	A/0
D	A/0	A/0	D/0	A/1

TABLA III

TABLA DE TRANSICIÓN/SALIDA PARA CABLE DIRECTO

Estado Actual	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
00	01/0	00/0	00/0	00/0
01	01/0	11/0	00/0	00/0
11	00/0	11/0	10/0	00/0
10	00/0	00/0	10/0	00/1

TABLA IV

MAPA DEL ESTADO SIGUIENTE Y₁ PARA CABLE DIRECTO

Y ₁	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	0	0	1	0

TABLA V

MAPA DEL ESTADO SIGUIENTE Y₂ PARA CABLE DIRECTO

Y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	1	0	0	0
1	1	1	0	0
1	0	1	0	0
0	0	0	0	0

Después se establecen los mapas de Karnaugh para deducir las ecuaciones lógicas para las entradas de los *flip-flop*. Las cubiertas de los mapas de Karnaugh se establecen sin abarcar más de una columna de entrada. La ecuación lógica (1) es la solución de J₁ al mapa de la TABLA VI. La ecuación lógica (2) es la solución de K₁ al mapa de la TABLA VII.

$$J_1 = \overline{y_1}y_2x_2 \quad (1)$$

$$K_1 = y_1x_1 + y_1\overline{y_2}x_2 + y_1x_4 \quad (2)$$

La ecuación lógica (3) es la solución de J₂ al mapa de la TABLA VIII. La ecuación lógica (4) es la solución de K₂ al mapa de la TABLA IX.

$$J_2 = \overline{y_1}y_2x_1 \quad (3)$$

$$K_2 = y_1x_1 + y_2x_3 + y_2x_4 \quad (4)$$

TABLA VI

MAPA DE KARNAUGH DE J₁ PARA CABLE DIRECTO

y ₁	y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	1	d	d	d	d
1	0	d	d	d	d

TABLA VII

MAPA DE KARNAUGH DE K₁ PARA CABLE DIRECTO

y ₁	y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	0	d	d	d	d
0	1	d	d	d	d
1	1	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1

TABLA VIII

MAPA DE KARNAUGH DE J₂ PARA CABLE DIRECTO

y ₁	y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	0	1	0	0	0
0	1	d	d	d	d
1	1	d	d	d	d
1	0	0	0	0	0

TABLA IX

MAPA DE KARNAUGH DE K₂ PARA CABLE DIRECTO

y ₁	y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	0	d	d	d	d
0	1	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1
1	0	d	d	d	d

TABLA X

MAPA DE KARNAUGH DE Z_{OD} PARA CABLE DIRECTO

y ₁	y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1

La solución (5) al mapa de Karnaugh de la TABLA X señala la activación de Z_{OD}, cuando el circuito detecta un cable de red directo.

$$Z_{OD} = y_1\overline{y_2}x_4 \quad (5)$$

Para el cable red cruzado se sigue un proceso similar, iniciando con el trazo del diagrama de estado, Fig. 3, para la detección de la secuencia x₁→x₃→x₄→x₂.

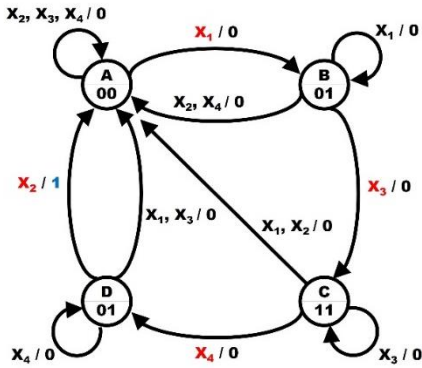


Fig. 3. Diagrama de estados de acuerdo al modelo de Mealy para la detección de cable de red cruzado.

Después de completar la TABLA XI de estados y la TABLA XII de transición/salida. Se establecen los mapas de estado siguiente para Y_3 en la TABLA XIII y Y_4 en la TABLA XIV que se deducen a partir de la TABLA I.

TABLA XI

TABLA DE ESTADOS PARA DETECCIÓN DE CABLE CRUZADO

Estado Actual	X_1	X_2	X_3	X_4
A	B/0	A/0	A/0	A/0
B	B/0	A/0	C/0	A/0
C	A/0	A/0	C/0	D/0
D	A/0	A/1	A/0	D/0

TABLA XII

TABLA DE TRANSICIÓN/SALIDA PARA CABLE CRUZADO

Estado Actual	X_1	X_2	X_3	X_4
00	01/0	00/0	00/0	00/0
01	01/0	00/0	11/0	00/0
11	00/0	00/0	11/0	10/0
10	00/0	00/1	00/0	10/0

TABLA XIII

MAPA DEL ESTADO SIGUIENTE Y_3 PARA CABLE CRUZADO

Y_3	X_1	X_2	X_3	X_4
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
1	0	0	1	1
1	0	0	0	1

TABLA XIV

MAPA DEL ESTADO SIGUIENTE Y_4 PARA CABLE CRUZADO

Y_4	X_1	X_2	X_3	X_4
0	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	0	0	1	0
0	0	0	1	0

La ecuación lógica (6) es la solución de J_3 al mapa de la TABLA XV y la ecuación lógica (7) es la solución de K_3 al mapa de la TABLA VII.

$$J_3 = y_4 x_3 \quad (6)$$

$$K_3 = y_3 x_1 + y_3 x_2 + y_3 \bar{y}_4 x_3 \quad (7)$$

La ecuación lógica (7) es la solución de J_4 al mapa de la TABLA XVII. La ecuación lógica (9) es la solución de K_4 al mapa de la TABLA XVIII.

$$J_4 = \bar{y}_3 \bar{y}_4 x_1 \quad (8)$$

$$K_4 = y_4 x_2 + y_4 x_4 + y_3 y_4 x_1 \quad (9)$$

TABLA XV

MAPA DE KARNAUGH DE J_3 PARA CABLE CRUZADO

y_3	y_4	X_1	X_2	X_3	X_4
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
1	1	d	d	d	d
1	0	d	d	d	d

TABLA XVI

MAPA DE KARNAUGH DE K_3 PARA CABLE CRUZADO

y_3	y_4	X_1	X_2	X_3	X_4
0	0	d	d	d	d
0	1	d	d	d	d
1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	1	0

TABLA XVII

MAPA DE KARNAUGH DE J_4 PARA CABLE CRUZADO

y_3	y_4	X_1	X_2	X_3	X_4
0	0	1	0	0	0
0	1	d	d	d	d
1	1	d	d	d	d
1	0	0	0	0	0

TABLA XVIII

MAPA DE KARNAUGH DE K_4 PARA CABLE CRUZADO

y_3	y_4	X_1	X_2	X_3	X_4
0	0	d	d	d	d
0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1
1	0	d	d	d	d

TABLA XIX

MAPA DE KARNAUGH DE Z PARA CABLE CRUZADO

y_3	y_4	X_1	X_2	X_3	X_4
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0

La solución (10) al mapa de Karnaugh de la TABLA XIX señala la activación de Z_{OC} , cuando el circuito detecta un cable de red cruzado.

$$Z_{OC} = y_3 \bar{y}_4 x_2 \quad (10)$$

III. RESULTADOS

En la Fig. 4 se muestra el circuito de memoria con los *flip-flops* JK, 1 y 2, y el circuito de lógica combinatoria, diseñado de acuerdo a las ecuaciones (1), (2), (3) y (4), para detección del cable de red directo.

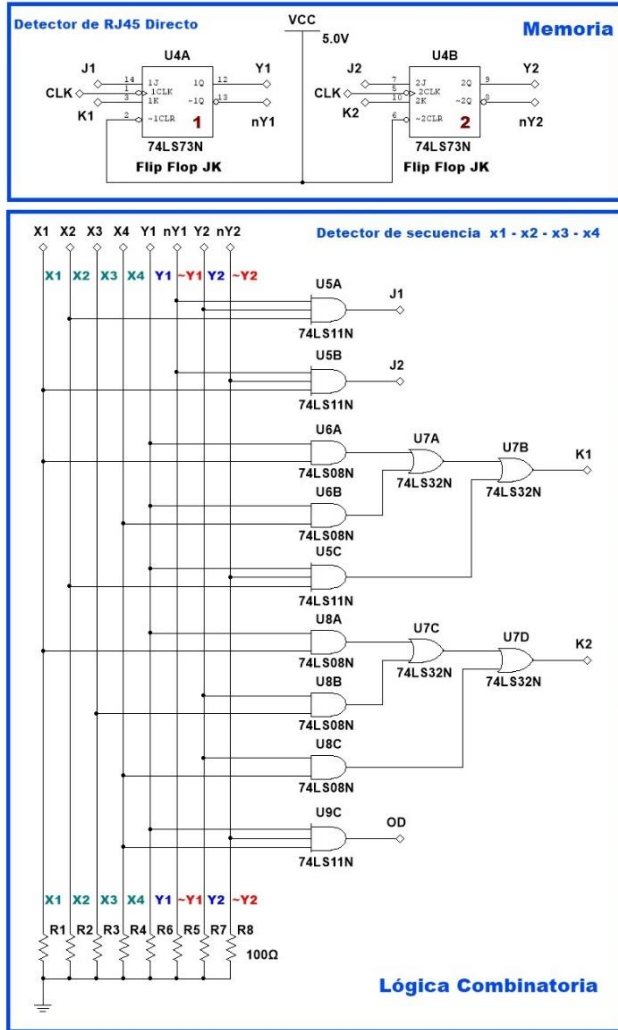


Fig. 4. Circuito de memoria y de lógica combinatoria para la detección de cable de red directo.

En la Fig. 5 se muestra el circuito de memoria con los *flip-flops* JK, 3 y 4, y el circuito de lógica combinatoria, diseñado de acuerdo a las ecuaciones (6), (7), (8) y (9) para la detección del cable de red cruzado. La señal de reloj de los cuatro *flip-flops* JK se diseñó a 20.9 kHz de frecuencia y 60% de ciclo de trabajo, utilizando el integrado LM555 como oscilador estable, ver Fig. 6.

La detección de una falla en el cable de red ocurrirá cuando no se detecte una salida en alto para Z_{OC} ó Z_{OD} , por lo tanto, a través de una compuerta lógica NOR se puede activar un LED para indicar la presencia de una avería en el cable de red.

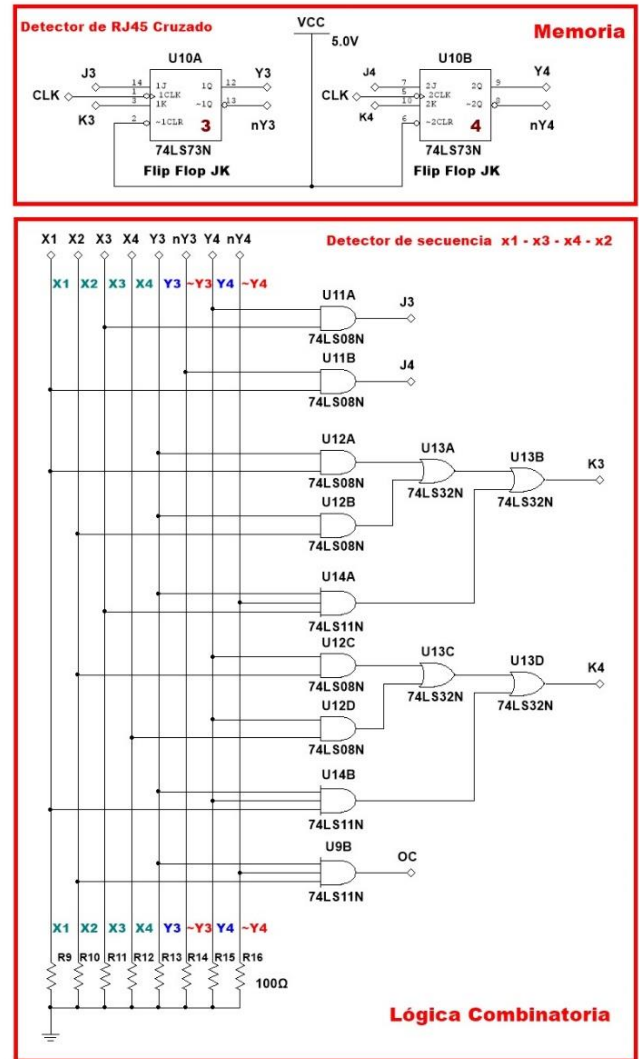


Fig. 5. Circuito de memoria y de lógica combinatoria para la detección de cable de red cruzado.

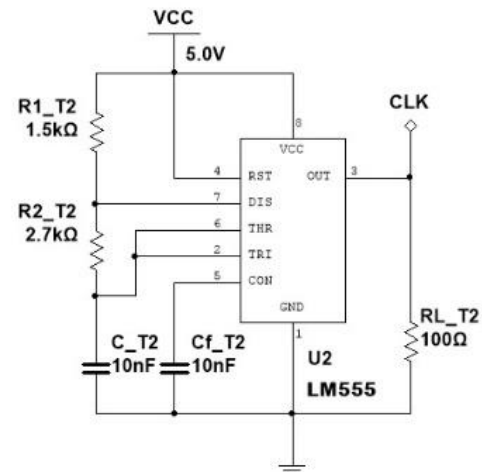


Fig. 6. Diseño del circuito astable para señal de reloj de los *flip-flops*.

D. Simulación

En la Fig. 7 se muestra el circuito secuencial implementado en MULTISIM, para la simulación de la detección del tipo de cable de red. Se utiliza un multivibrador astable de 1 kHz de frecuencia para conmutar el estado de un circuito contador de décadas CD4017, que se usa para generar las señales de entrada X1, X2, X3 y X4 del detector de secuencia. En la Fig. 7 PC representa el conector de

entrada para los 8 hilos de par trenzado y SW representa el conector de salida con la terminal 1 conectada a la 2, 3 a 4, 5 a 6 y 7 a 8. Entre el conector PC y SW se conecta al cable de red. En el circuito si los interruptores S1, S2, S3 y S4 están en la posición NC (*Normally Closed*) se simula un cable de red directo, pero si los interruptores están en la posición NO (*Normally Open*), entonces se simula un cable de red cruzado.

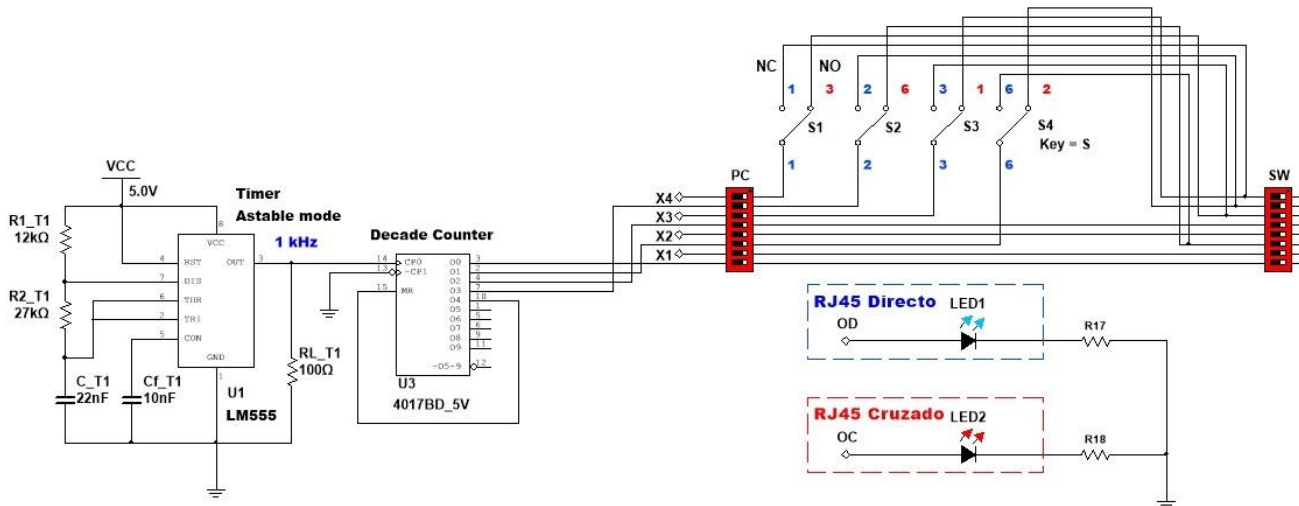


Fig. 7. Circuito de simulación para la prueba de detección del tipo de cable de red.

IV. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se diseñó un circuito secuencial basado en el modelo de Mealy para la detección de un cable de red de tipo directo o de tipo cruzado. Mediante un circuito contador de décadas CD4017 controlado por una señal de reloj, se genera una secuencia $Q_0 \rightarrow Q_1 \rightarrow Q_2 \rightarrow Q_3$ que llega a las entradas intercalada de un conector, en el cual se conecta uno de los extremos del cable red. Si el cable es de tipo directo entonces la secuencia de salida es $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4$, pero si el cable de red es de tipo cruzado, entonces la secuencia de salida cambia a $x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_2$.

A diferencia de otros circuitos y dispositivos relacionados, donde la identificación del tipo de cable, la realiza el usuario observando y siguiendo visualmente la secuencia mediante el encendido de diodos emisores de luz. El circuito secuencial basado en el modelo de Mealy realiza de forma automática la detección del tipo de cable de red, agilizando y facilitando el trabajo para el usuario. Además, si el circuito no identifica el cable, de tipo directo o cruzado, entonces se puede encender un LED indicador que avisa de una falla en el cable de red. Consideramos que no es importante que el circuito indique el hilo de par trenzado donde se localiza la falla, porque en este caso el usuario debe reemplazar el todo el cable o los conectores RJ45.

En el presente artículo se describió la metodología de diseño a partir de los diagramas de estado y mapas de

Karnaugh para la obtención de las ecuaciones lógicas de las entradas de los *flip-flop* JK.

Se simuló el circuito secuencial en MULTISIM, comprobando que los circuitos de memoria y de lógica combinatoria, llevan a cabo de forma automática la detección del tipo de cable de red, de acuerdo a la activación en alto de las ecuaciones lógicas Z_{OC} y Z_{OD} , demostrando que son mutuamente excluyentes.

Como trabajo futuro se considera la implementación física del circuito a través del diseño de una tarjeta de circuito impreso y la programación de las ecuaciones lógicas en un dispositivo PLD (*Programmable Logic Device*) como el GAL22V10. Cabe señalar que el presente trabajo es parte de un proyecto más amplio, donde se abordan otras problemáticas de los cables y conectores de red.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Unidad Académica Zapopan del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez (TecMM) y al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el apoyo recibido para la realización del presente proyecto.

REFERENCIAS

- [1] G. Shirkoohi, "Modelling and simulation of fault detection in Shielded Twisted Pair cables," *IEEE Int. Conference on*

- Industrial Technology (ICIT)*, Taipei, Taiwan, 2016, pp. 1039-1044. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2016.7474897>
- [2] W. Ben Hasan, and M. Kafal, "A Damaged Twisted Pair Cable Modeling for Fault Detection and Characterization using OMTDR and Particle Swarm Algorithm," *Sensors & Transducers*, vol. 236(8), pp. 7-15, 2019. [En línea] Disponible en: www.sensorsportal.com/HTML/DIGEST/P_3100.htm
- [3] D. Grzechca, D. Zieliński, and W. Filipowski, "What Is the Effect of Outer Jacket Degradation on the Communication Parameters? A Case Study of the Twisted Pair Cable Applied in the Railway Industry," *Energies*, vol. 14(4), pp. 972, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14040972>
- [4] A. A. Zúñiga, A. Baleia, J. Fernandes, and P. J. D. C. Branco. "Classical Failure Modes and Effects Analysis in the Context of Smart Grid Cyber-Physical Systems," *Energies*, vol. 13(5), pp. 1215, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13051215>
- [5] F. Gro, and F. Pizzuti. "Tester pen to analyze twisted pairs". *International telecommunications energy conference*, Orlando, Florida, USA, pp. 1-4, 2010, <https://doi.org/10.1109/INTLEC.2010.5525687>
- [6] A. I. Lita, D. A. Visan, L. M. Ionescu, and A. G. Mazare. "Automated Testing System for Cable Assemblies Used in Automotive Industry," *2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, Iasi, Romania, 2018, pp. 276-279, <https://doi.org/10.1109/SIITME.2018.8599232>
- [7] K. Sapkota, K. K. Chaudhary, R. P. Paudel, and J. Karki, "Electronics Tester," *1st KEC Conference Proceedings*, Lalitpur, Nepal. 2018, pp. 43-47.
- [8] Z. M. Hussin, M. R. Amit, L. A. Tiron, M. R. Abdul Razak, and S. Mohammad. "Automated portable RJ45 tester system," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2129(1), pp. 020107, 2019. <https://doi.org/10.1063/1.5118115>
- [9] H. Sun, and C. Jia, "Design of a Multi-interface Telecommunication Cable Tester," *International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*, Changsha, China, 2019, pp. 188-190, <https://doi.org/10.1109/ICITBS.2019.00051>
- [10] A. Kunaraj, J. Mathavan, and K. G. D. R. Jayasekara, "Portable Multifunction Tester Design to Check the Continuity of Wires and to Measure the Electrical Parameters". In: A.P. Pandian, R. Palanisamy, K. Ntalianis, K. (eds) *Proceedings of International Conference on Intelligent Computing, Information and Control Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1272. Springer, Singapore. 2021, https://doi.org/10.1007/978-981-15-8443-5_73
- [11] V. P. Nelson, H. T. Nagle, B. D. Carroll y J. D. Irwin. *Análisis y diseño de circuitos lógicos digitales*. Prentice Hall, 1996.

Asistente Virtual para la Evaluación de Competencias Técnicas

A. Aguilar Cornejo^{#1}, M. Díaz Rodríguez^{#2}, L. Ramos Corchado^{#3}, M. Bernal Marín^{#4},
N. Ruiz Monroy^{#5}, J. Gómez González^{#6}, A. Maytorena Ramírez^{#7}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez,
Unidad Académica Zapopan, México. Ingeniería Electrónica. Departamento de Investigación.

¹alejandro.aguilar@zapopan.tecmm.edu.mx, ²miriam.diaz@zapopan.tecmm.edu.mx,

³leon.ramos@zapopan.tecmm.edu.mx, ⁴miguel.bernal@zapopan.tecmm.edu.mx,

⁵nancy.ruiz@zapopan.tecmm.edu.mx, ⁶za16011064@zapopan.tecmm.edu.mx,

⁷za16011491@zapopan.tecmm.edu.mx

Resumen—Este artículo presenta una plataforma que apoya la evaluación de competencias técnicas cuya implementación permite la generación y evaluación automática de ejercicios matemáticos en una dinámica académica que proporciona recursos de apoyo en materias de fundamentos computacionales.

Palabras clave—fórmulas, generadores automáticos, intérpretes, asistente.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la educación requiere diversas transformaciones para adaptarse a las necesidades de los alumnos, nuevos modelos educativos son probados con el objetivo de lograr transmitir el conocimiento en las diversas áreas, diversas propuestas se muestran en [1-4].

Vivimos en una época en la que las Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) están integradas cada vez más en todas las actividades de la educación, de acuerdo con los nuevos modelos educativos. El día de hoy es común enviar y recibir información mediante canales virtuales haciendo uso de una computadora o de aplicaciones móviles de mensajería. En este contexto, el surgimiento de las plataformas educativas ha constituido un avance importante. Sitios como Edmodo, Schoology y Google Classroom permiten generar aulas virtuales, haciendo posible reunir en un solo sitio todos estos beneficios, además del acceso a recursos educativos, de evaluación y de seguimiento del curso. Algunos cursos se ofrecen, incluso, de manera virtual a través de la publicación de MOOC (Massive Open Online Curses) en sitios como edX, Coursera, Udacity, Khan Academy, Udemy y las plataformas virtuales de las universidades de Stanford, Harvard y Yale, entre muchas más.

Por otro lado, la atención personalizada en el aula es compleja y exige mucho tiempo y esfuerzo por parte del docente, particularmente cuando se trata de proveer y evaluar la resolución de ejercicios. Esto ocurre de manera específica y natural en las materias de contenido abstracto, en las cuales es necesario que el estudiante se incorpore frecuentemente a actividades de práctica. Por ejemplo, en el área de la

computación se encuentran la lógica, la matemática discreta, la teoría de la computación y el modelado formal de procesadores de lenguajes.

Dadas las ventajas que proveen el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y la automatización de estas tareas, se propone el desarrollo de esta plataforma que permita a los estudiantes contar con una fuente virtualmente inagotable de ejercicios de complejidad configurable y que esté disponible en todo momento, y a los profesores generar recursos, evidencias y resultados de evaluación de una manera completamente automática. Se prevé que esta herramienta sea desarrollada en distintas etapas. En este artículo se expone la primera de ellas, en la cual se desarrollará la plataforma con un sistema de cuentas de usuario y generación de cursos que se pondrá en línea, y se proveerá una colección inicial de algoritmos sobre tópicos selectos de matemáticas discretas. Subsecuentemente se irán incorporando nuevos módulos con motores dedicados para diversos tipos de problemas. De manera consecuente, la publicación de esta herramienta colocará al instituto en la vanguardia de la generación de tecnologías de la educación.

II. MATEFÁCIL VERSIÓN 2.0

El evaluador de competencias técnicas Matefácil es una herramienta que busca facilitar y agilizar la labor docente y los procesos de aprendizaje de los estudiantes, mediante la generación y evaluación automática de ejercicios matemáticos. En el 2020 se desarrolló la versión 1.0, en esta se enfocó en el desarrollo de la plataforma web y las tecnologías a utilizar, que permitió la prueba del funcionamiento general de la arquitectura propuesta. En esta versión 2.0 ya se plantea la solución integral con mejoras en diseño, experiencia de usuario y desempeño de la plataforma y la integración de la librería MathLive. La implementación se desarrolló en Django y Python, con su base de datos en PostgreSQL. La aplicación web y cada instancia de generador y solucionador está montada en contenedores (*dockers*).

A. Diseño de la Plataforma

En la fig. 1 se muestra el diseño Model Template View (MTV), que es el modelo de diseño utilizado para esta

aplicación. La capa de modelo se relaciona con la capa de acceso a datos. En esta primera capa se resuelve el acceso los datos: cómo acceder a ellos, cómo verificarlos, qué comportamiento tiene y qué relación existe entre los datos. En el nivel de presentación se resuelve la manera en que se muestra el contenido en páginas web y otros tipos de documentos. Finalmente, en la capa de vista se resuelve la lógica para acceder a los procesos y proporciona al usuario el modelo HTML correspondiente a pedido.

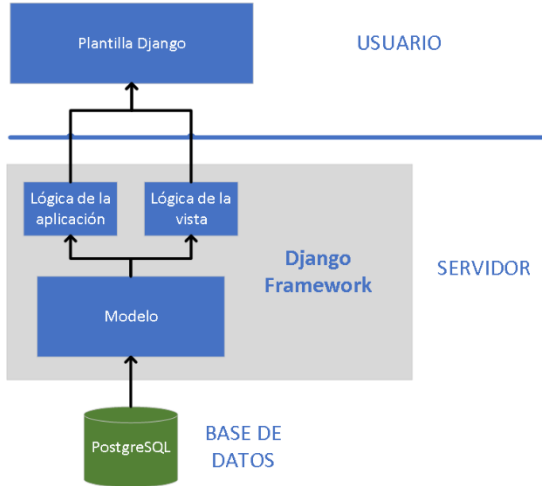


Fig. 1. Diseño la plataforma Matefácil.

B. Funcionalidad

Todas las vistas de la aplicación están generadas con el motor de Plantillas Django. La aplicación ofrece tres interfaces para los diferentes tipos de usuario: Estudiante, Maestro y Administrador. Se han habilitados las interfaces para las clases; un Maestro puede crear una clase y desde éstas pueden enviar actividades los Estudiantes que se hayan incorporado. Estas actividades pueden ser Tareas o Exámenes de 1 a 10 ejercicios cada una. Cuando el estudiante haya contestado la actividad, cada respuesta será evaluada y su resultado se les hará llegar a su interfaz correspondiente. En la fig. 2 se muestra la interfaz para estudiantes. En ella recibirán la retroalimentación de los ejercicios de práctica que le fueron asignados y contestados.

En la interfaz de Administrador se permite agregar, editar y eliminar contenido en la plataforma. La interfaz de administración lee los metadatos del modelo de la aplicación para proporcionar un entorno de actualización del producto que los usuarios del sitio pueden usar al instante.

III. CASO DE ESTUDIO. FORMULAS PROPOSICIONALES.

Para probar la funcionalidad de la plataforma se comenzó con ejercicios de lógica, con la generación aleatoria de ejercicios, y el diseño de un evaluador, considerando las reglas para el lenguaje formal planteadas en la siguiente sección.

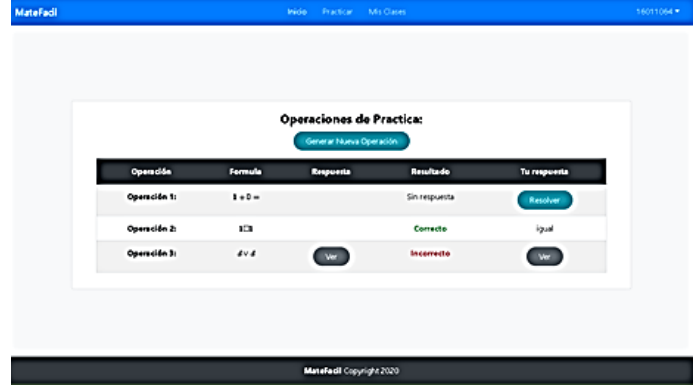


Fig. 2. Interfaz de estudiante con la interfaz la plataforma Matefácil.

A. Sintaxis.

Para la explicación de este método se tomará como referencia el lenguaje (simplificado) de las fórmulas proposicionales. Para definirlo, asumimos el conjunto de *variables proposicionales* $\mathcal{P} = \{A, B, \dots, Z\}$ con dominio en el conjunto $\mathcal{B} = \{0, 1\}$.

- Todo $\phi \in \mathcal{P}$ es una fórmula proposicional.
- Si ϕ es una fórmula proposicional, entonces también $\neg\phi$ es una fórmula proposicional. A $\neg\phi$ le llamamos la *negación* de ϕ .
- Si ϕ y ψ son fórmulas proposicionales, entonces también $(\phi \vee \psi)$ y $(\phi \wedge \psi)$ son fórmulas proposicionales. A la fórmula $(\phi \vee \psi)$ le llamamos la *disyunción* de ϕ y ψ , mientras que a $(\phi \wedge \psi)$ le llamamos su *conjunción*.

Para la fórmula proposicional ϕ definimos su *soporte* como el conjunto de todas las variables que aparecen en ella y lo vamos a denotar $\text{supp}(\phi)$. Por ejemplo, si $\phi = (A \wedge (B \vee \neg C))$, entonces $\text{supp}(\phi) = \{A, B, C\}$. Toda fórmula proposicional ϕ tiene un árbol de sintaxis $T(\phi)$, que se define de la siguiente manera:

$$T(\phi) = \begin{cases} \langle \vee, T(\phi_1), T(\phi_2) \rangle & \phi = (\phi_1 \vee \phi_2) \\ \langle \wedge, T(\phi_1), T(\phi_2) \rangle & \phi = (\phi_1 \wedge \phi_2) \\ \langle \neg, T(\phi_1) \rangle & \phi = \neg\phi_1 \\ \langle \phi \rangle & \phi = \phi, \phi \in \mathcal{P} \end{cases}$$

Por ejemplo, la fórmula $\phi = (A \wedge (\neg P \vee Q))$ tiene el árbol que se muestra en la fig. 3.

$$\begin{aligned} T(\phi) &= \langle \wedge, T(A), T(\neg P \vee Q) \rangle \\ &= \langle \wedge, \langle A \rangle, \langle \vee, T(\neg P), T(Q) \rangle \rangle \\ &= \langle \wedge, \langle A \rangle, \langle \vee, \langle \neg, T(P) \rangle, \langle Q \rangle \rangle \rangle \\ &= \langle \wedge, \langle A \rangle, \langle \vee, \langle \neg, \langle P \rangle \rangle, \langle Q \rangle \rangle \rangle \end{aligned}$$

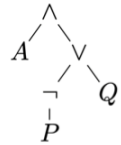


Fig. 3. Árbol de sintaxis de ϕ . A la derecha, representación gráfica.

B. Construcción.

La generación automática de una fórmula proposicional requiere de la conformación aleatoria de su estructura. Para construir una fórmula proposicional vamos a establecer dos parámetros:

- 1) Su *profundidad*. Es la cantidad máxima de niveles que tiene su árbol de sintaxis. Vamos a denotar este parámetro como n .
- 2) El *tamaño de su alfabeto*. Denotamos este parámetro como m . El alfabeto de una fórmula es el menor conjunto de variables que pueden aparecer en ella. Se denota $\Sigma = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_m\}$ y es tal que $\text{supp}(\varphi) \subseteq \Sigma$.

La profundidad de una fórmula determina un orden exponencial de complejidad en la cantidad de operadores que puede contener y por lo tanto de operadores que se tienen que resolver para evaluarla. La máxima cantidad de operadores en una fórmula proposicional con n niveles es $2^{n-1} - 1$. Por otro lado, el tamaño del alfabeto determina la cantidad de asignaciones que se tienen que resolver para evaluar la fórmula en todo su dominio, que para el caso de una fórmula proposicional es 2^m . El alfabeto de una fórmula se extrae de manera aleatoria del conjunto $\mathcal{P}$. Para la generación de una fórmula vamos a definir las siguientes funciones de selección aleatoria:

- $\text{rand}(\Sigma)$. Selecciona aleatoriamente alguna variable del alfabeto.
- $\text{rand}(op)$. Selecciona aleatoriamente algún elemento del conjunto de operadores $op = \{or, and, not, var\}$.

Para la construcción del árbol vamos a proceder de manera inductiva desde la raíz con la función de construcción node y el argumento n . En cada paso se hace la selección aleatoria de alguna operación (*or*, *and* o *not*) o el indicador de variable (*var*) para construir un nodo terminal, todos con la misma probabilidad de ser elegidos. También se actualiza la altura del árbol que se está construyendo de tal manera que cuando se alcance su último nivel (cuando $n = 1$) solo puedan ser generados nodos terminales:

$$\text{node}(n) = \begin{cases} \langle \text{rand}(\Sigma) \rangle & n = 1 \\ \langle \text{rand}(\Sigma) \rangle & n > 1, \text{rand}(op) = \text{var} \\ \langle \neg, \text{node}(n-1) \rangle & n > 1, \text{rand}(op) = \text{not} \\ \langle \wedge, \text{node}(n-1), \text{node}(n-1) \rangle & n > 1, \text{rand}(op) = \text{and} \\ \langle \vee, \text{node}(n-1), \text{node}(n-1) \rangle & n > 1, \text{rand}(op) = \text{or} \end{cases}$$

Así, $T \leftarrow \text{node}(n)$ construye aleatoriamente el árbol de sintaxis T con una altura máxima de n niveles.

C. Visualización.

Una fórmula es guardada y entendida por el árbol a través de su estructura, es decir su árbol de sintaxis. Sin embargo, se requiere que sea mostrada al usuario para que pueda ser leída e interpretada. Para ello usamos la función $\text{string}(T)$ que transforma el árbol T en una cadena. El operador $\cdot$ se usa para indicar concatenación.

$$\text{string}(T) = \begin{cases} (\cdot \text{string}(L) \cdot \text{or} \cdot \text{string}(R) \cdot) & T = \langle \vee, L, R \rangle \\ (\cdot \text{string}(L) \cdot \text{and} \cdot \text{string}(R) \cdot) & T = \langle \wedge, L, R \rangle \\ \text{not} \cdot \text{string}(S) & T = \langle \neg, S \rangle \\ \text{ascii}(\phi) & T = \langle \phi \rangle, \phi \in \Sigma \end{cases}$$

Esta cadena puede ser mostrada en pantalla para manifestar la expresión φ . En nuestra aplicación, esta cadena se genera en el formato LATEX para renderizarla y posteriormente mostrarla con un formato profesional al usuario.

D. Evaluación.

En un caso de uso típico de nuestra herramienta, se pide al usuario que calcule algún resultado a partir de una fórmula que le es proporcionada. Para poder evaluar su respuesta es necesario que la aplicación haga primero una evaluación de esta misma. Se muestra una manera de evaluar fórmulas proposicionales.

Una fórmula proposicional se interpreta con respecto de alguna asignación de valores $\nu: \Sigma \rightarrow \mathbb{B}$, llamada una *valuación*. Si φ es una fórmula proposicional usamos la función $\text{eval}(\varphi)$ para evaluarla sobre su árbol de sintaxis:

$$\text{eval}(T) = \begin{cases} \text{eval}(L) \vee \text{eval}(R) & T = \langle \vee, L, R \rangle \\ \text{eval}(L) \wedge \text{eval}(R) & T = \langle \wedge, L, R \rangle \\ \neg \text{eval}(S) & T = \langle \neg, S \rangle \\ \nu(\phi) & T = \langle \phi \rangle, \phi \in \Sigma \end{cases}$$

La interpretación de las operaciones proposicionales se hace de acuerdo con las *tablas de evaluación* que se muestran en la fig. 4.

		$\vee$	$\wedge$			$\neg$
0	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0			
1	1	1	1			

Fig. 4. Tablas de evaluación proposicional.

Vamos a generar todo el conjunto de valuaciones para evaluar φ en cada una de ellas con el procedimiento *allval* de la fig. 5. Se asume el alfabeto $\Sigma = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_m\}$.

procedure *allval*(*T*,*i*)

1. **if** *i* > *m* **then** *output*(*v*, *eval*(*T*))
 2. **else**
 3. $\nu(\phi_i) \leftarrow 0$
 4. *allval*(*T*, *i* + 1)
 5. $\nu(\phi_i) \leftarrow 1$
 6. *allval*(*T*, *i* + 1)
 7. **end if**
-

Fig. 5. Generación de valuaciones.

IV. INTEGRACIÓN DE GENERADOR Y SOLUCIONADOR DE FÓRMULAS PROPOSICIONALES

Una característica esencial de este proyecto es que los problemas matemáticos son generados de manera automática cada vez que se solicitan. Es decir que no se cuenta con un banco de problemas, y cada vez que un problema es presentado al usuario, este es generado automáticamente. Esto hace que cada problema que sea virtualmente nuevo, y cuando se asigna una tarea, el conjunto de ejercicios sea diferente para cada usuario. Los algoritmos que generan planteamientos matemáticos pueden configurarse para determinar la complejidad del problema. En la fig. 6, muestra cómo se usó la formalización de la sección III para demostrar la funcionalidad y potencial de la plataforma, se generaron ejercicios donde el profesor o alumno configura la complejidad con la que es generada una fórmula, eligiendo el número de símbolos proposicionales *n* y la profundidad del árbol *m*.

Fig. 6. Interfaz de configuración de la complejidad del problema a generar.

En este momento es donde entra en ejecución el generador de fórmulas. Esta función llama al ejecutable del generador del ejercicio por medio de un subproceso de Python. Este ejecutable cual recibe tres argumentos principales: la ruta donde está almacenado el archivo con el generador, y los parámetros necesarios para su funcionamiento: *n* y *m*. Como respuesta, la aplicación genera una cadena que contiene tres tipos de información separada por el carácter “;”: las variables utilizadas. La fórmula en formato MathLive y la respuesta simplificada de ceros y unos que determina la tabla de verdad de la

fórmula proposicional generada. La plataforma despliega esta fórmula (fig. 7) y muestra la interfaz para que el usuario introduzca la respuesta.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El uso de una herramienta como esta permite mejorar el proceso de transferencia y generación de conocimientos, la adquisición de habilidades y la facilitación para la generación de tareas, brindando un apoyo a profesores y estudiantes que imparten cursos del área matemática computacional. El profesor podrá generar y evaluar tareas de complejidad variable y con contenido único para sus estudiantes de manera automática, permitiéndole concentrarse en los procesos de transferencia de conocimiento, elaboración de materiales didácticos y atención de sus cursos. Por otro lado, el estudiante contará con una fuente ilimitada de problemas matemáticos para generar habilidades técnicas de manera activa. La plataforma necesita una formalización de cada tipo de problema para los generadores y solucionadores. Generar interfaces que permitan el diseño de forma ágil es un problema que se desea abordar en la siguiente versión de la plataforma.

Fig. 7. Interfaz con ejercicio de práctica tabla de verdad.

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad académica Zapopan por el apoyo para la realización de este proyecto y en especial a los alumnos que trabajaron en la versión inicial de este proyecto: Luis M. Chávez Velasco, Jesús Castro Loyo, Jhonnatan J. Razo y Christian S. Mendoza.

VII. REFERENCIAS

- [1] P. Harris Bonet, G. Romero Romero, M. A. Harros Bonet, y R. Llanos Díaz, “Análisis de las tendencias educativas con relación al desarrollo de las competencias digitales”, *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, No. 12, pp. 158–174, 2022, <https://doi.org/10.6018/RIITE.520771>
- [2] A. Sánchez Rosal y G. Villamizar Acevedo, “Identificación de competencias educativas desarrolladas en contextos de aprendizaje virtual”, *Revista Guatemalteca de Educación Superior*, vol. 5(1), pp. 13–22, 2021, <https://doi.org/10.46954/revistas-ges.v5i1.68>

- [3] M. Y. Torres Castro, P. Valera Yataco, M. I. Vásquez Valdivia, y G. S. Lescano López, “Desarrollo de las competencias matemáticas en entornos virtuales. Una Revisión Sistemática”, *Alpha Centauri*, vol. 3(2), pp. 46–59, may 2022, <https://doi.org/10.47422/ac.v3i2.80>
- [4] J. F. Romero Córdova y R. Arriazu Muñoz, “El aprendizaje de competencias en los MOOC. Una revisión sistemática de Literatura,” *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 22(1), 2023. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.22.1.107>

Herramientas de Gestión Empresarial Implementadas en las Empresas de Arandas, Jalisco.

F. G. Arriaga López^{#1}, Z. Castro Borunda^{*2}, E. B. Coronado González^{#3}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Arandas, México. Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial.

^{*}Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico de Los Mochis. Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial.

¹fabiola.arriaga@arandas.tecmm.edu.mx, ²zenia.castro@gmail.com, ³gonzalezbriseida150@gmail.com

Resumen— El aplicar las herramientas básicas de la Gestión Empresarial, son claves para el éxito de una organización o negocio, dependiendo de un uso eficiente de la planeación, organización, dirección y control, aunado a un nivel de comunicación adecuado y una toma de decisiones oportuna. Dentro de una empresa es de vital importancia que exista los cuatro pilares o puntos básicos para que haya una buena gestión, el ignorar el uso de dichas herramientas puede ocasionar un fracaso empresarial, ya que proporcionan información suficiente y relevante para la detección de áreas de oportunidad, resolver problemáticas existentes, solucionarlas y mejorar los resultados obtenidos.

En Arandas, Jalisco, la sobrevivencia de las empresas, depende de una redituable gestión de los factores que constituyen las organizaciones, por lo que se realizó un pequeño análisis de la existencia de las herramientas antes mencionadas, con la intención de conocer el grado de aplicación generada por las empresas.

Palabras clave— Control, dirección, herramientas, organización, planeación

I. INTRODUCCIÓN

La gestión empresarial juega un rol muy importante dentro de las organizaciones al desarrollar actividades como un desempeño diario de las situaciones de origen y aplicación de recursos, no olvidando que los recursos son caros y escasos, por lo tanto, su decisión y aplicación debe ser suficientemente estudiada para el adecuado retorno de la inversión aplicada.

La gestión empresarial implica un conjunto de procesos estratégicos, administrativos y de control dirigidos a la adecuada administración de los recursos de una organización, con la finalidad de maximizar su productividad, competitividad, efectividad y eficiencia [1], también puede definirse como la actividad económica que, a través de diferentes individuos especializados, buscará mejorar la productividad y la competitividad de una empresa o de un negocio [2]. Es importante conocer que el proceso de gestión se integra por las actividades de planeación, organización, ejecución, control y toma de decisiones, por medio de la asignación de recursos y actividades para conseguir metas [1-2].

Las entidades que aplican la gestión empresarial abarcan todo tipo de organizaciones de comercialización, producción, agrícola-agropecuarias, pequeñas, medianas, grandes, etc., indicando que no hay límites para el desarrollo de la carrera, la cual tiene como objetivo el “Formar integralmente profesionales que contribuyan a la gestión de empresas e innovación de procesos; así como al diseño, implementación y desarrollo de sistemas estratégicos de negocios, optimizando recursos en un entorno global, con ética y responsabilidad social” [3].

Ahora bien, la gestión hoy en día exige profesionales capaces de conducir un liderazgo con la capacidad de reclamar y activar equipos de trabajo que coadyuven al alcance de objetivos estratégicos establecidos por las organizaciones con miras al crecimiento constante, por medio de herramientas que proporcionen los medios para lograr una productividad y competitividad viable, económicamente y que sea sostenible a largo plazo.

Por lo anterior expuesto, es importante conocer como se ha implementado la gestión empresarial en las empresas regionales, específicamente en el municipio de Arandas, Jalisco, área de influencia de la unidad académica del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez; indagando en las cuatro acciones básicas de las organizaciones: planeación, organización, comunicaciones y control.

El objetivo de la investigación está encaminado a examinar las herramientas básicas de la gestión empresarial aplicadas en las empresas.

II. MARCO TEÓRICO

Las funciones de la gestión empresarial están relacionadas con la administración de empresas y pueden coincidir, sin embargo, el factor de diferenciación de la primera recae en el nivel de autoridad, abarcando un amplio rango de conocimientos y herramientas para aplicar, en busca de la mejora continua, eficiencia y eficacia de los recursos de la organización.

Las funciones de la gestión empresarial, por lo tanto, se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- 1.- Planificación o planeación: combina los recursos para nuevos proyectos.
- 2.- Organización: integración o coordinación de las actividades de trabajo junto con la agrupación de los recursos.
- 3.- Dirección: dirigir los niveles de comunicación y liderazgo hacia los objetivos.
- 4.- Control: mecanismos cuantificativos para evaluar los resultados y mejorar el proceso [4].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo una efectiva investigación se tomó como muestra Arandas, por sus sectores económicos, y se utilizó la fórmula de Muestreo Finito General para obtener conclusiones validas e imparciales que se refieran a todos los elementos de la población.

El municipio de Arandas se localiza en la región altos Sur del estado de Jalisco, y los municipios colindantes son San Julián, San Diego de Alejandría, San Miguel el alto, San Ignacio Cerro Gordo, Atotonilco el alto, Jesús María y Ayotlán.

Según datos del Censo Económico 2019, los sectores económicos que concentraron más unidades económicas en Arandas fueron Comercio al por Menor (1,531 unidades) con un 48.45 por ciento del total, Otros Servicios Excepto Actividades Gubernamentales (618 unidades) con un 19.56 por ciento y Servicios de Alojamiento Temporal y de Preparación de Alimentos y Bebidas (407 unidades) con un 12.88 por ciento, Industrias Manufactureras (399 unidades) con un 12.63 por ciento, Servicios de Salud y Asistencia Social (205 unidades), con un 6.49 por ciento, etc. con un total de 3160 entidades económicas activas [5].

Para la obtención del muestreo de las empresas representativas, se utilizó la técnica de muestreo infinito, aplicando la siguiente formula:

$$n = \frac{z^2 N p q}{e^2 (N-1) + z^2 p q}$$

Fig. 1. Fórmula de muestreo finito general [6].

En donde:

- n= Tamaño muestra a obtener
- z= nivel de confianza
- p= variabilidad negativa de hipótesis 0.5 (50%)
- q= variabilidad positiva de hipótesis 0.5 (50%)
- N= tamaño de la población
- e= margen de error (%).

Con referencia a las 3160 unidades económicas que se tomaron como base con un porcentaje de nivel de confianza del 99% que corresponde a 2.575 como factor de cobertura, con un 50% de variabilidad negativa y un 50% de variabilidad positiva y un 5% de margen de error, al aplicar la formula arrojó un total de muestras reportadas de 548 y por aplicar 27 las cuales fueron las empresas que se consideraron utilizando diferentes giros y abarcando el municipio.

Entre la población encuestada, se encontró que un 50% de las empresas son del sector industrial, mientras que un 30.8% son del sector de servicios y finalizando con un 19.2% que se dedica a la comercialización.

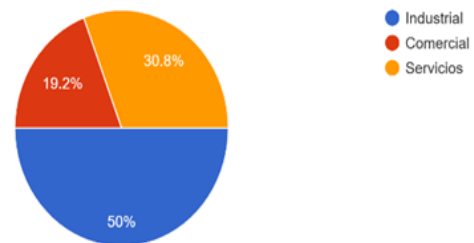


Fig. 2. Clasificación por Sector

IV. RESULTADOS

Para conocer algunas de las herramientas básicas que se emplean en las organizaciones, con referencia a la gestión empresarial, se realizó una encuesta, presentando los siguientes resultados:

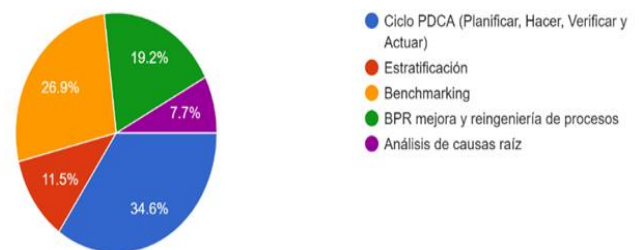


Fig. 3. Herramientas para la Mejora Continua

Como herramienta de planeación empresarial, se utiliza en primer lugar el análisis de DAFO (Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) con un 38.50%; el diagrama de Gantt para la gestión de tiempos y avances programáticos, con un 34.60%; el diagrama de Pert con un 19.20% y por último se utilizan otras herramientas de planeación con un 7.7%, las cuales abarcan desde las 5's, presupuestos, programas tácticos, operativos, estratégicos.

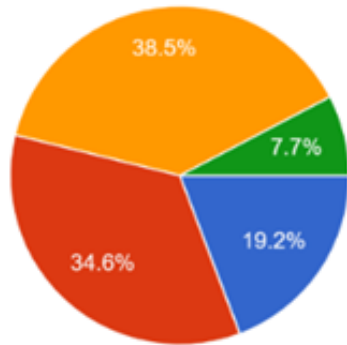


Fig. 4. Herramienta de planeación.

Se encuestó cuáles son otras herramientas que se pueden utilizar para el manejo de la gestión empresarial, el 50% de las empresas encuestadas contestaron que utilizan un plan estratégico, plan de negocio s un 34.6%, mientras que las cinco fuerzas de Porter un 15.4%, cabe mencionar que la participan de las empresas, en este aspecto, solo fue del 45% del total de la muestra del estudio.

En lo referente a las herramientas de evaluación con la que cuenta la empresa, tan solo el 3.8% utilizan el diagrama de Pareto, el 3.8% utilizan el Diagrama de Correlación, el 15.4% utilizan la Gestión de Riesgos, un 30.8% utilizan la calidad total e ISO 900 y finalmente el 46.2% con el mayor porcentaje utilizan como herramienta el check list.

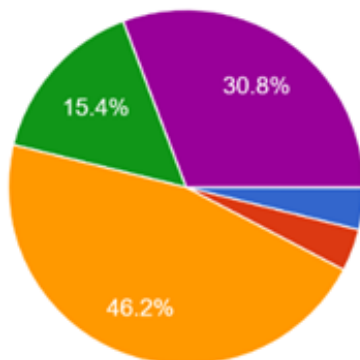


Fig. 5. Herramientas de Evaluación

Aunque también se incluyó en las preguntas sobre cuales herramientas de mejora continua utilizan actualmente, para el buen desarrollo de la Gestión Empresarial dentro de las organizaciones, obteniendo evidencias de aplicación de instrumentos con un mayor nivel de complejidad, tal como lo muestra la figura 5.

La frecuencia con se realizan evaluaciones enfocadas al control y evaluación empresarial corresponde a: cada mes un 30.8%, cada año o más con un 23.1% siguiendo la evaluación cada semestre un 23.1%, cada bimestre un 15.4%, y por último cada trimestre con un 7.7%.

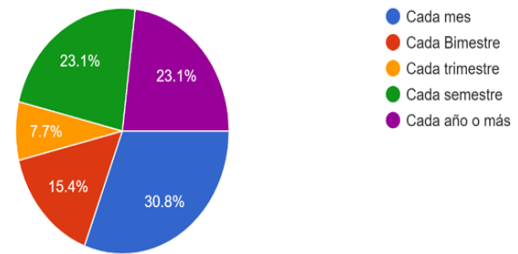


Fig. 6. Frecuencia de evaluaciones

Se cuestionó cuanto tiempo llevan aplicando las herramientas de gestión empresarial dentro de las empresas de la región de los altos y estos fueron los resultados, 0 a 1 año el 34.6%, 1 a 2 años un 15.4%, 2 a 3 años un 19.2%, 3 a 5 años un 15.4%, 5 a 8 años un 7.7%, de 8 a 10 años un 0% y finalmente más de 10 años un 7.7%.

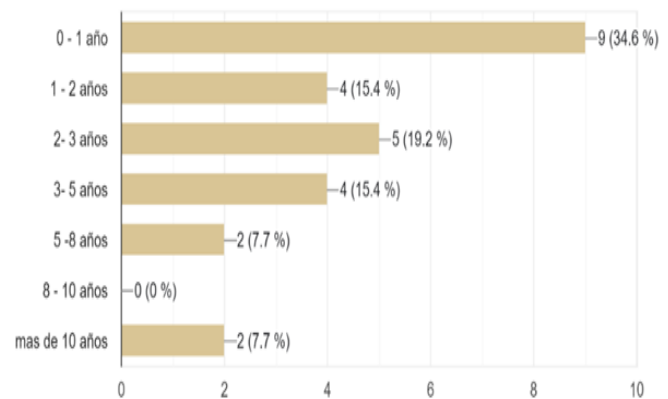


Fig. 7. Tiempo de aplicación de herramientas

Sobre el impacto de la gestión empresarial dentro de la organización, los resultados demostraron una frecuencia del 38.50% al 34.60% de poco a moderado.

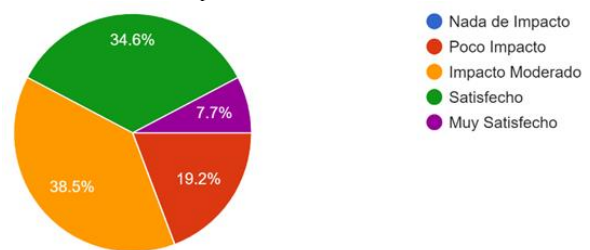


Fig. 8. Impacto en la empresa

V. CONCLUSIONES

La gestión empresarial busca controlar la coordinación y organización de las actividades empresariales. Esto típicamente incluye la producción de materiales, dinero y máquinas, e involucra innovación y comercialización.

El crecimiento de las organizaciones, su sostenibilidad y rentabilidad dependen de proceso de control constante y permanente de todos los recursos que se ofertan en la región de los altos con el objetivo de reducir riesgos, detectar nuevas

áreas de oportunidad y así mismo potenciar las ventajas competitivas para ser más competitivo.

Se recomienda la integración de la gestión de procesos de negocio dentro de las actividades que desarrolla la empresa ya que integra las buenas prácticas y así mismo se complementa con herramientas tecnológicas que ayudan a mejorar el desarrollo de las tareas empleadas, lo cual coadyuva para la mejora continua de los procedimientos y la recopilación de información que permite tomar decisiones con una visión más amplia y concisa.

Una correcta coordinación de los empleados en equipos de trabajo ayuda a la comunicación efectiva para así establecer unos patrones comunicativos claros que sirvan para mejorar la eficacia de los equipos en el desempeño de sus actividades diarias.

Dentro de cualquier empresa se debe tener una organización de trabajo clara con los roles de los empleados bien definidos, pues así será más sencillo resolver los problemas que se presenten y, por tanto, la eficiencia de las tareas se incrementará al igual mejorará la calidad de los productos y/o servicios para ofrecer calidad dentro de la región de los altos y extenderse cada vez más.

Las herramientas de básicas de la gestión empresarial (planeación, organización, dirección y control), son ignoradas por las entidades consideradas como micro y pequeñas empresas, omitiendo la importancia que esto trae a la eficiencia y eficacia de procesos; en las medianas empresas, se está incorporando con éxito su aplicación, y se fomenta la aplicación de acciones que incrementen la mejora continua en todos los aspectos; en contraposición, las grandes empresas, que son pocas en el municipio, dichas herramientas se incluyen en las acciones continuas y permanentes para el logro de objetivos estratégicos y empresariales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Arandas, y al Instituto Tecnológico de Los Mochis por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] M. d. C. Martínez Guilem, La Gestión Empresarial, Madrid: Dias de Santos, 2013.
- [2] S. Hernández y A. Pulido. Fundamentos de Gestion Empresarial, 1ra. ed., McGrawHill, 2018.
- [3] (2020) Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez. TecMM, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://tecmm.edu.mx/>
- [4] J. Navío Marco, B. Rodrigo Moya, E. Pérez Gorostegui, M. Solórzano García, A. Rodríguez Oromendia, C. Sevilla Sevilla, V. Fernández de Tejada Muñoz, y L. Rodríguez

Fernández. Fundamentos de Gestión Empresarial, Uned, Ed., Madrid: Sanz y Torres, 2022.

- [5] (2018) Instituto De Información Estadística y Geográfica, INEGI [En línea]. Disponible en: https://iege.gob.mx/contenido/Municipios/03_altos_sur_diagnostico.pdf
- [6] R. Hernández Samieri, C. Fernández y P. Batista. Metodología de la investigación., 5ta. ed., Mc Graw Hill, 2010.

Evaluación del VPN en una unidad económica en los últimos seis sexenios

C. Ramírez Ángeles^{#1}, J. M. Gutiérrez Valdivia^{#2}, L. Corona Rabelo^{#3}, B. Robledo Ramos^{#4},
J. Sánchez Rodríguez^{#5}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez,
Unidad Académica Chapala, México. Academia Gestión Empresarial y Academia Gastronomía,

¹carlos.ramirez@chapala.tecmm.edu.mx, ²ch210111468@chapala.tecmm.edu.mx,

³lina.corona@chapala.tecmm.edu.mx, ⁴bernabe.robledo@chapala.tecmm.edu.mx,

⁵jaime.sanchez@chapala.tecmm.edu.mx

Resumen— El objetivo del artículo es abordar la problemática de la evaluación financiera de proyectos y su aplicación en la vida real, con el fin de generar una mejor toma de decisiones financieras y optimizar recursos para maximizar beneficios y minimizar riesgos de inversión. La estructura del artículo es la siguiente: la introducción presenta los objetivos, problemática, estado del arte. En la segunda sección se desarrolla la base teórica y metodología. En la tercera parte se desarrolla el proceso del Valor Presente Neto. Cuarta sección se describe los resultados obtenidos. En la quinta sección se desarrolla las conclusiones, se anexa los agradecimientos y por último las referencias bibliográficas utilizadas en el estudio.

El contenido del escrito se enfoca en la evaluación financiera de proyectos y su aplicación en la vida real, partiendo de lo aprendido en aulas y aplicándolo a un sistema macroeconómico. Se utiliza una técnica de investigación básica, generando y ampliando conocimiento en la materia. Los resultados obtenidos muestran la viabilidad financiera de un proyecto de una unidad económica gastronómica en Ajijic, Jalisco, y se presentan los VPN por sexenios de los ex presidentes de México. El artículo aporta nuevos conocimientos teóricos y prácticos en la evaluación financiera de proyectos y su aplicación en la vida real, contribuyendo al área del conocimiento en gestión e innovación empresarial. Además, se ha ampliado el conocimiento sobre la aplicación efectiva de la evaluación financiera, partiendo de lo aprendido en aulas y aplicándolo a un sistema macroeconómico.

Palabras clave— Inflación, Producto Interno Bruto, Valor Presente Neto.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo es examinar la relación entre el producto interno bruto y la inflación en México durante los últimos 6 sexenios y evaluar el impacto en el Valor Presente Neto (VPN) en proyectos de inversión. El objetivo específico es que estudiantes y docentes, aprendan y apliquen este tipo de evaluación y lo contrasten con la realidad. Se evalúa la eficacia del VPN como herramienta para evaluar la rentabilidad y viabilidad económica en el contexto de México; identificando desafíos y oportunidades en el uso de

esta herramienta en un entorno económico dinámico y encontrando y en constante cambio.

El problema es la falta de comprensión adecuada y la aplicación efectiva del valor presente neto y la enseñanza en nuestros en nuestras aulas. Por lo que la justificación de este trabajo es la correcta utilización y enseñanza, en aulas a la toma de decisiones financieras informadas. Se ha visto que existe una carencia de investigaciones y prácticas actualizadas en las aulas, que aborden específicamente la aplicación del valor presente neto, en el contexto económico mexicano. Lo que limita la capacidad de los profesionistas y estudiantes para evaluar adecuadamente la rentabilidad y viabilidad de los proyectos de inversión.

Como antecedentes se tiene en [1-2], trabajos sobre el VPN y sus aplicaciones en la vida real surgidos desde las aulas de clase. El propósito es que estudiantes y docentes analicen y comprendan la aplicación efectiva de una evaluación financiera, partiendo de lo aprendido en aulas. Este trabajo abona al área del conocimiento en gestión e innovación empresarial, al generar mejor toma de decisiones financieras, optimizar recursos pues maximiza beneficios y minimiza riesgos de inversión, genera la innovación empresarial y contribuye al desarrollo académico, tanto estudiantil como docente.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo está en función de la línea de investigación autorizada en el Tecnológico Nacional, nombrada: Planeación empresarial, calidad y competitividad. Hay una revisión bibliográfica que se mencionó anteriormente donde se observa la enseñanza del VPN en clase y su aplicación en la vida real, como por ejemplo en Tandas y en la evaluación de modelos de negocios en autos de alquiler, siendo este trabajo una continuación de su aprendizaje, aplicándolo ahora a un sistema macro económico ampliando nuestra investigación básica. Cómo marco teórico se ve en [3-8], donde se define que es el VPN, su aplicación en la evaluación

de proyectos, dicen que no es la única herramienta, se debe de contrastar con otras, para tomar decisiones. Dentro del método de investigación es básica, pues estamos generando y ampliando conocimiento. Por la extensión del estudio es investigación de caso. Su ubicación temporal es histórica, su universo son los sexenios comprendidos de los años de 1989 hasta 2022 y una estimación de los años 2023 y 2024. La fuente de información es documental, la muestra son los datos del Balance General Pro forma obtenidos de una unidad económica gastronómica en Ajijic, Jalisco la inflación y el Producto Interno Bruto de dichos años. Técnica de obtención de datos es documental.

La fórmula a utilizar es para verificar si es viable financieramente el proyecto, en este caso, una unidad económica gastronómica, que se encuentra en Chapala. Se mide los flujos netos de efectivo, obtenidos del balance general. La fórmula a usar obtiene en [9], y se observa en la ecuación (1) que a continuación de describe es:

$$VPN = -P + \frac{Vp_1}{(1+i)^1} + \frac{Vp_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Vp_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Donde VPN es el Valor Presente Neto. P es la inversión inicial y como es salida es negativo Vp es el Valor Presente por año. El factor de descuento esta dado por el denominador, uno más interés representado por i elevado por el número de periodos eta representado por n.

La recopilación de datos de los estados de resultados proforma son obtenidos de una unidad económica gastronómica en Ajijic, Jalisco manteniendo el anonimato por así convenir a sus intereses. Por iniciativa de los estudiantes se quiso saber el impacto de los mismos datos en diferentes sexenios, para conocer, que situación habría con la unidad económica gastronómica, en diferentes periodos de tiempo, evaluando exclusivamente con el VPN, seleccionando los años de 1989 hasta 2022 y una estimación de los años 2023 y 2024. Los datos del Producto Interno Bruto (PIB) y la inflación se ve en [10-12]. El análisis de datos recopilados nos ayuda para determinar la situación de la unidad económica gastronómica en diferentes momentos. La propuesta y soluciones se dará con un nuevo conocimiento de estudiantes y docentes en la aplicación del VPN en una situación real aplicado en el aula.

III. FUNDAMENTACIÓN

Los estados de resultados proforma son obtenidos de una unidad económica gastronómica en Ajijic, Jalisco manteniendo el anonimato por así convenir a sus intereses, como primer paso se identificaron las entradas y salidas y se pasaron a un estado de pérdidas y ganancias, como se muestra en la TABLA I. Se observa las variables obtenidas del balance General pro forma y desarrolladas en el estado

de pérdidas y ganancias. Las variables del período cero y uno se repite en los sexenios establecidos.

TABLA I
ESTADO DE PERDIDAS GANACIAS Y VALOR PRESENTE

Variable	Cuenta
Inversión Inicial	-\$ 7,320,000
Activo Circulante	\$12,400,000
Pasivo a Corto Plazo	\$ 1,240,000
Utilidad bruta	\$11,160,000
Depreciación	\$ 665,455
Interés por pagar a largo plazo nacional	\$ 107,717
Utilidad antes de impuestos	\$10,386,829
Impuesto	\$ 5,505,019
Utilidad después de impuestos	\$ 4,881,809
Documentos bancarios y financieros por pagar	\$ 943,812
Depreciación	\$ 665,455
Valor de salvamento	\$ 0
Flujo Neto Efectivo	\$ 4,603,452
TMAR	15.00%
Factor de descuento	86.957%
Valor Presente	\$ 4,003,002

Se recabo los datos del PIB de cada sexenio, y se utilizó la fórmula de crecimiento para las variables del activo y pasivo circulante, para generar un estimado por sexenios. La depreciación se desarrolló por línea recta, establecido por la ley. Los intereses por pagar a largo plazo son por préstamos a seis años. Los impuestos se obtuvieron conforme a lo establecido por la ley y son del 53%. Como la depreciación es al 100% el valor de salvamento es cero. Se desarrolla el estado de pérdidas y ganancias y se obtiene un Flujo Neto de Efectivo (FNE) para cada año del sexenio.

Para obtener la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR), se necesita establecer en primer lugar, una ganancia, en este caso es fija para todos los años, de todos los sexenios y se estableció del 15%. Se obtuvo la inflación anual de cada sexenio. Para obtener la TMAR se utiliza la fórmula que dice: Sumar la ganancia más la inflación más la ganancia por la inflación.

La tasa de descuento se obtiene de la ecuación (1), obteniéndose un porcentaje por año, por sexenio. En el periodo cero se coloca la Inversión inicial en negativo por ser una salida contablemente hablando. Se realiza la multiplicación de la tasa de descuento contra el FNE y se obtiene el Valor Presente (Vp) para todos los años de cada sexenio. Para obtener el VPN se utiliza la ecuación (1) sumando todo el Valor Presente de todos los años de por cada sexenio, restando la inversión inicial.

Hay razones para destacar la importancia de este conocimiento. En primer lugar es la evaluación de la rentabilidad de proyectos de inversión, más específico, en unidades económicas gastronómicas enseñado desde su conocimiento inicial en las aulas, hasta su aplicación con datos reales. El valor Presente Neto nos ayuda a evaluar la rentabilidad de proyectos de inversión al compararse entre diferentes periodos, en este caso, los sexenios de varios presidentes aquí en México. Podemos determinar cuál ha sido el impacto de las variaciones del Producto Interno Bruto y la inflación en la viabilidad y rentabilidad de los proyectos durante cada período o sexenio. Esto nos ayuda para tomar decisiones informadas. Sobre qué proyectos invertir y cómo priorizarlos en cada sexenio. También podemos identificar las tendencias económicas; al analizar la diferencia del Valor Presente Neto a lo largo de varios sexenios; se pueden identificar tendencias económicas a largo plazo. Los aumentos o disminuciones del Valor Presente Neto durante los sexenios estudiados, por ejemplo, si hay una disminución constante en el Valor Presente Neto a lo largo de los sexenios, esto podría indicar un problema estructural en la economía del país que requiere atención y posibles soluciones. Otro es al conocer la diferencia entre el Valor Presente Neto de los sexenios. Esto nos permite comprender las fluctuaciones económicas que afectan la rentabilidad de los proyectos de inversión y por ende, la economía en su conjunto. Otro factor a considerar es la toma de decisión financiera estratégica. Esto es, al conocer la diferencia del Valor Presente Neto entre diferentes sexenios, nos proporciona una base sólida para la toma de decisiones financieras estratégicas pues, al comprender cómo las variaciones en el Producto Interno Bruto y la inflación afectan el Valor Presente de los flujos de efectivo futuros, los responsables de la toma de decisiones, en este caso los estudiantes pueden ajustar sus estrategias de inversión y financiamiento para maximizar el valor de los proyectos a largo plazo. Esto nos ayuda a optimizar el uso de los recursos financieros y a tomar decisiones más acertadas en cuanto a inversiones, financiamiento y asignaciones de recursos.

Cada adscripción debe de incluir el departamento académico, unidad académica y el nombre del Tecnológico. El correo electrónico es opcional.

IV. RESULTADOS

El resultado se muestra en la TABLA II. Se muestra los sexenios de los ex presidentes Carlos Salinas de Gortari, Ernesto Zedillo Ponce de León, Vicente Fox, Felipe Calderón, Enrique Peña Nieto y el actual presidente Andrés Manuel López Obrador y en la parte derecha de la tabla sus respectivos resultados en VPN.

TABLA II
VPN POR SEXENIOS

Sexenios	VPN
Felipe Calderón.	\$ 23,028,786.30
Enrique Peña Nieto.	\$ 21,830,271.96
Carlos Salinas de Gortari.	\$ 21,707,475.04
Vicente Fox Quesada.	\$ 20,977,512.60
Ernesto Zedillo Ponce de León.	\$ 20,331,350.36
Andrés Manuel López Obrador.	\$ 18,566,169.83

Utilizando el mismo Balance General Proforma para todos los sexenios, modificando el Producto Interno Bruto y la inflación por sexenios; estableciendo una TMAR y usando la fórmula del Valor Presente Neto, podemos observar lo siguiente: El mayor resultado en Valor Presente Neto fue el sexenio del ex presidente Felipe Calderón con un VPN de \$ 23,028,786.30. El segundo el del ex presidente Enrique Peña Nieto con un VPN de \$ 21,830,271.96. Tercero, el del ex Presidente Carlos Salinas de Gortari con un VPN de \$ 21,707,475.04. Cuarto el del ex Presidente Vicente Fox Quesada con un VPN de \$ 20,977,512.60. El quinto el del ex Presidente Ernesto Zedillo Ponce de León con un VPN de \$ 20,331,350.36. El sexto lugar, el del actual Presidente Andrés Manuel López Obrador con un VPN de \$ 18,566,169.83.

El problema sobre el conocimiento y aplicación de esta herramienta se solventó, siendo este trabajo la evidencia del mismo. Se evaluó la eficacia del VPN como herramienta para evaluar la rentabilidad y viabilidad económica en el contexto de México, identificando en que sexenio hay una mayor rentabilidad y en cual es la menor. Se identificó los desafíos y oportunidades en el uso de esta herramienta en un entorno económico dinámico como la evaluación de la rentabilidad de proyectos de inversión, determinar cuál ha sido el impacto de las variaciones del Producto Interno Bruto y la inflación en la viabilidad y rentabilidad de los proyectos durante cada período o sexenio, identificar las tendencias económicas. Se examinó la relación entre el producto interno bruto y la inflación en México durante los últimos 6 sexenios y evaluar el impacto en el Valor Presente Neto (VPN) en proyectos de inversión y los estudiantes y docentes aprendieron su aplicación en un entorno macro económico.

V. CONCLUSIÓN

Este trabajo ha abordado la problemática de la evaluación financiera de proyectos y su aplicación en la vida real, partiendo de lo aprendido en aulas y aplicándolo a un sistema macroeconómico. El objetivo principal ha sido generar una mejor toma de decisiones financieras y optimizar recursos para maximizar beneficios y minimizar riesgos de inversión. Se ha utilizado una técnica de investigación básica,

generando y ampliando conocimiento en la materia. Los resultados obtenidos muestran la viabilidad financiera de un proyecto de una unidad económica gastronómica en Ajijic, Jalisco, y se han presentado los VPN por sexenios de los ex presidentes de México. Este trabajo aporta nuevos conocimientos teóricos y prácticos en la evaluación financiera de proyectos y su aplicación en la vida real, contribuyendo al área del conocimiento en gestión e innovación empresarial. Además, se ha ampliado el conocimiento sobre la aplicación efectiva de la evaluación financiera, partiendo de lo aprendido en aulas y aplicándolo a un sistema macroeconómico.

Este trabajo ha contribuido al desarrollo académico, tanto estudiantil como docente, y ha generado la innovación empresarial al mejorar la toma de decisiones financieras y optimizar recursos para maximizar beneficios y minimizar riesgos de inversión.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Chapala, por todas las facilidades dadas para la elaboración de este documento, al director de Unidad Académica Chapala, Mtro. Luis Eduardo Jiménez Herrera, jefe de división de Ingeniería en gestión empresarial Dr. Pablo Rojas Muñoz, Mtro. Francisco Javier Luis Juan Barragán enlace de investigación Unidad Chapala. A los docentes en activo y retirados que nos apoyaron a la comprensión de diversos temas. A todos los docentes de la Unidad Chapala por su compañerismo. A los trabajadores administrativos y de mantenimiento, que nos enseñan y apoyan. A todos los estudiantes y ex alumnos, que nos invitan a la superación. A todas nuestras familias con amor.

REFERENCIAS

- [1] C. Ramírez Ángeles, J. A. Aguilera Cuevas, O. J. Carrasco Magallanes, y J. C. Pérez Rojas, "Punto de Equilibrio Multi Producto en una Distribuidora (Break Even Point Multi Products At Distributor)," *Pistas Educativas*, vol. 43(141), 2022. [En línea] Disponible en: <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2816>
- [2] A. Vázquez Buenrostro, K. L. Ruiz Lomas, y C. Ramírez Ángeles, "Valor Presente Neto: Costo/Beneficio De Las Tandas (Net Present Value: COST/BENEFIT OF BATCHES)," *Pistas Educativas*, vol. 42(138), 2021. [En línea] Disponible en: <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2331>
- [3] C. Ramírez Ángeles. *Ingeniería económica, nociones básicas*. 1.ª ed. 2022.
- [4] M. Azmat and S. Arshad, "Role of Financial Analysis in Investment Decision Making: A Review of Literature," *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, vol. 10(7), pp. 229-243, 2020.
- [5] M. Kherroubi and D. Boukhetala, "Decision-making based on net present value (NPV) and internal rate of return (IRR): comparative study," *SN Applied Sciences*, vol. 3(3), pp. 1-10, 2021.
- [6] D. G. Owusu Manu and R. Osei Kyei, "Capital budgeting decision-making models: a systematic review," *International Journal of Construction Management*, pp. 1-13, 2020.
- [7] M. P. Padmanabhan and R. M. Nair, "Capital budgeting decisions: A review of literature," *International Journal of Management Studies*, vol. 7(1), pp. 17-23, 2020.
- [8] C. H. Tseng and Y. T. Lin, "The application of net present value in sustainable business development for creative entrepreneurship," in *Sustainability*, vol. 12(17), pp. 6887, 2020.
- [9] N. E. Moreno Gómez, y L. E. Suárez Caicedo. *Ingeniería económica*. 2023. [En línea] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/10578>
- [10] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 2013. [En línea] Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/#Tabulados>
- [11] Banco de México. Encuestas sobre las expectativas de los especialistas en economía del sector privado [En línea]. Disponible en <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/encuestas-sobre-las-expectativas-de-los-especialis/%7B957E5C90-525A-0C48-6CA7-50FA71DC96AF%7D.pdf>
- [12] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Calculadora de inflación. [En línea] Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/indicesdeprecios/calculadorainflacion.aspx>

Hongos Micorrízicos Arbusculares como Alternativa para el Cultivo Sustentable de Agave Tequilana Weber Var. Azul

L. I. Pérez Valencia^{#1}, F. Ortega López[#] y C. S. Magaña Martínez[#]

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez
Unidad Académica Arandas, Jalisco, México. Departamento de Ingeniería Ambiental.

¹laura.perez@arandas.tecmm.edu.mx

Abstract— The cultivation of blue agave (*Agave tequilana* var. azul) has been intensified by its high and growing demand, with it, agrochemicals used to treat blue agave crops have too. The use agrochemicals in an excessive way can cause severe damages to the environment and those, it is necessary to explore sustainable alternatives. The use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) such as *Rizophagus intraradices* (RI) can help reduce the use of agrochemicals and their impact since it provides benefits and advantageous characteristics to the plants with which it establishes symbiosis (mycorrhiza). The aim of this study was to evaluate the colonization percentage of RI inoculated in young agave azul plants and in combination with organic and chemical fertilizers. An experiment with a completely randomized design was conducted, in which, 6 treatments with 16 repetitions were established. In a preliminary analysis, 3 plants of each treatment were evaluated 90 days after transplantation to determine the percentage of RI colonization. Agave plants inoculated only with AMF had an intermediate colonization percentage (62.65%), while plants inoculated with RI and organic or chemical fertilizers were applied, showed higher colonization percentages, especially the RI + organic fertilizer treatment (90.28%). These results suggest that the use of AMF could be a good alternative to change conventional agricultural practices towards more sustainable ones.

Resumen— El cultivo de *Agave tequilana* se ha intensificado debido a su gran demanda, con ello, también el uso de agroquímicos que en exceso pueden generar daños al ambiente, por lo que, es necesario explorar alternativas dirigidas hacia prácticas agrícolas más amigables con el ambiente. El uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como *Rizophagus intraradices* (RI) puede ayudar a disminuir el uso de agroquímicos y su impacto, ya que, otorga beneficios y características ventajosas a las plantas con quien establece simbiosis (micorriza). El objetivo de este trabajo fue evaluar el porcentaje de colonización de RI en hijuelos de *A. tequilana* y en combinación con fertilizantes de origen orgánico y químico. Se estableció un experimento con un diseño completamente al azar en el que se evaluaron 6 tratamientos con 16 repeticiones. En un análisis preliminar se procesaron 3 plantas de cada tratamiento a los 90 días después del trasplante para determinar el porcentaje de colonización de RI. Las plantas de agave inoculadas solo con el HMA tuvieron un porcentaje de colonización intermedio (62.65%), mientras que en combinación con los fertilizantes orgánico y químico se generaron condiciones que promovieron una colonización alta, sobre todo el tratamiento RI + Fertilizante orgánico

(90.28%). Los resultados sugieren que el uso de HMA podría ser una buena alternativa para dirigir las prácticas agrícolas convencionales hacia prácticas más sustentables.

Palabras clave— hongos micorrízicos arbusculares, *Agave tequilana*, colonización, crecimiento vegetal,

I. INTRODUCCIÓN

El agave azul, *Agave tequilana*. F. A. C. Weber var. azul [1] es la materia prima principal para la elaboración de la bebida espirituosa llamada tequila. La alta demanda de este producto provocó que el cultivo de dicha especie se intensificara y con ello también el uso de agroquímicos (herbicidas, fertilizantes y plaguicidas) lo que ha resultado en un deterioro ambiental y en el aumento de riesgos a la salud humana, de la fauna y de la flora [2].

Una alternativa al uso exagerado de agroquímicos es la aplicación de productos biológicos o de origen orgánico para minimizar el impacto ambiental. Actualmente se están llevando a cabo diversos estudios con diferentes microorganismos benéficos como lo son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), ya que, son hongos microscópicos que establecen la relación simbiótica más importante (micorriza) con las plantas terrestre [3]. Se ha observado que las plantas asociadas a los HMA adquieren beneficios como, un mayor crecimiento vegetal [4] y protección contra patógenos [5], entre otros beneficios. Específicamente, los estudios sobre colonización de HMA y sus beneficios en *A. tequilana* son escasos. En [6] por ejemplo, los autores compararon los efectos en el crecimiento, en la fotosíntesis y en la anatomía foliar al inocular plantas de *A. tequilana* con dos especies de HMA, *Glomus fasciculatum* y *G. intraradices* (ahora *R. intraradices*). Por otra parte, los autores en [7] Evaluaron el crecimiento vegetal de *A. tequilana* al ser inoculados con un consorcio de HMA provenientes de la rizosfera de *A. cupreata*, además usaron a *R. intraradices* para comparar las diferencias entre los efectos de los consorcios y las cepas puras. Mientras que, en [8] los autores compararon los efectos en el crecimiento cuando inocularon bulbillos de *A. tequilana* con *R. intraradices* y con diferentes consorcios de HMA. Los tres estudios coinciden en que la colonización favorece el crecimiento de la planta, sin embargo, se desconoce el porcentaje ideal de colonización que deben tener las plantas para obtener los mayores beneficios de su asociación con el

HMA, es por ello que el objetivo de este estudio consiste en evaluar, en una primera etapa, el porcentaje de colonización de *R. intraradices* (HMA) en hijuelos de agave azul bajo condiciones similares a las que se someten en la región de Arandas (Altos Sur), Jalisco, México.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Diseño y Establecimiento de Experimento:

Se empleó un diseño experimental completamente al azar, que consistió en 6 tratamientos con 16 repeticiones, teniendo así 96 unidades experimentales. El experimento fue establecido dentro de las instalaciones del TECMM-Arandas en condiciones de semi campo. Los Tratamientos consistieron en la aplicación de los HMA y su combinación con fertilizante de origen orgánico (Lixius®) y fertilizante químico (Caltrack® y Smartrack®) como puede observarse en a Tabla 1.

B. Preparación del sustrato para el establecimiento del experimento:

Se extrajo aproximadamente una tonelada de suelo franco- arcilloso de las instalaciones del TECMM-Arandas. Posteriormente, el suelo fue colocado en costales para su esterilización en una autoclave a 120°C durante 3h. Una vez esterilizado, se llenaron 96 macetas de plástico con 10 K de suelo. Las macetas se regaron a capacidad de campo un día antes del trasplante.

C. Inoculación y Trasplante:

En cada maceta se trasplantó un hijuelo de tamaño naranja (30-50 cm altura). Los tratamientos inoculados con HMA se aplicaron justo en el momento del trasplante, mientras que el tratamiento de origen orgánico de aplico una vez al mes y el tratamiento químico una sola vez 15 días después del trasplante (Tabla 1).

D. Tinción, Montaje y Determinación del Porcentaje de Colonización de las Raíces:

120 días después de la inoculación se tomaron 3 plantas de cada tratamiento para evaluar la colonización de HMA en las raíces a *A. tequilana*, para lo cual, se clarearon y tiñeron las raíces de acuerdo con el procedimiento establecido por [9]. La determinación del porcentaje de colonización por HMA se realizó de acuerdo con la técnica propuesta por [10] en la que se montan 20 raíces de 1 cm en un portaobjetos para posteriormente revisar cada raíz en el microscopio.

III. RESULTADOS (PRELIMINARES)

Se analizaron 180 raíces por cada tratamiento (Figura 1). La colonización de *R. intraradices* presentó un mayor porcentaje en las raíces del tratamiento OCM (90.28%), seguido del tratamiento QCM (84.26%), mientras que el tratamiento sin fertilizante (RI) presentó un porcentaje de 62.65%. Los otros tratamientos ST (16.18%), OSM (2.18%) y QSM (2.94%) presentaron un porcentaje bajo de colonización a pesar de no haber sido inoculados.

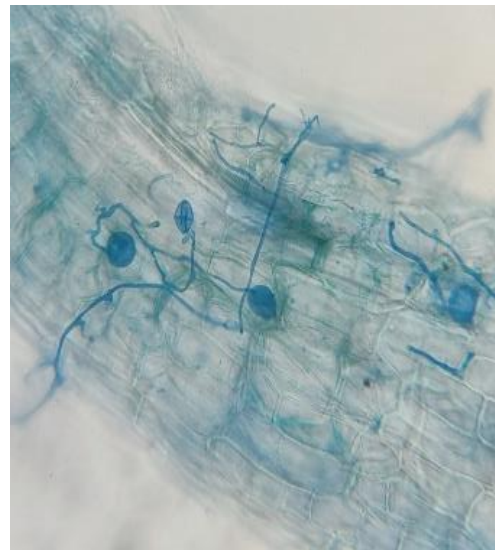


Fig. 1. Colonización de *R. intraradices* en raíces de agave azul. Observación a 40X .

TABLA I

DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE INOCULACIÓN DE HMA EN COMBINACIÓN CON FERTILIZANTES (ORGÁNICO Y QUÍMICO),
APLICADOS A AGAVE AZUL (AGAVE TEQUILANA VAR. AZUL)

Tratamiento	Factor	Cantidad aplicada	Periodo de aplicación
1	ST	Sin HMA ni fertilizante	
2	RI	<i>Rhizophagus intraradices</i> (INIFAP) 2 g (aproximadamente 100 esporas)	En el momento del trasplante.
3	OSM	Fertilizante orgánico (lixiviados de lombriz)	Mensual.
4	OCM	Fertilizante orgánico + RI	RI solo al momento del trasplante. El fertilizante orgánico mensual.
5	QSM	Fertilizante químico (N, P y C)	Una sola aplicación 15 días después del trasplante
6	QCM	Fertilizante químico + RI	RI una sola vez al momento del trasplante + una sola aplicación 15 días después del trasplante.

ST= Sin tratamiento; RI= *Rhizophagus intraradices*; OSM= Orgánico sin microorganismo; OCM= Orgánico con microorganismo (RI); QSM= Químico sin microorganismo; QCM= Químico con microorganismo (RI).

IV. DISCUSIÓN

Los resultados preliminares indican en todos los tratamientos con el HMA *R. intraradices* hubo un alto porcentaje de colonización, sin embargo, el tratamiento con fertilizante de origen orgánico más el HMA presentó el mayor porcentaje de colonización, lo cual, sugiere que existe una condición que promueve la colonización incluso mejor que en el tratamiento sin fertilizantes (RI). Estos resultados coinciden con [6] en que *R. intraradices* logra colonizar las raíces de *A. tequilana*, pero difieren en el porcentaje de colonización, ya que los autores mencionan que *R. intraradices* por sí solo presenta 93% de colonización a los 90 días después del trasplante. Por otra parte [7, 8] reportan tan solo 30 % y 28 % de colonización de *R. intraradices* en raíces de *A. tequilana* a los 300 y 120 días después del trasplante. Las diferencias que podemos observar respecto al porcentaje de colonización pueden deberse a las condiciones ambientales (temperatura promedio, humedad relativa, precipitación promedio, elevación) de cada sitio, al origen de los hijuelos, estado de hidratación, tamaño o edad, tipo de sustrato y cantidad en el que se trasplanta, tiempo en el que se determina la colonización, entre otros factores.

A pesar de las diferencias en los porcentajes de colonización, todos los estudios antes mencionados concluyen que *A. tequila* presenta mayor crecimiento vegetal cuando se encuentra micorrizada con *R. intraradices* en contraste con los tratamientos sin HMA, por lo que, su aplicación podría ser es una alternativa más

sustentable en la producción agrícola de agave azul, sin embargo, es necesario realizar que nos permitan corroborar que en nuestro caso *R. intraradices* verdaderamente promovió el crecimiento vegetal de *A. tequilana*.

V. CONCLUSIÓN

El porcentaje de colonización del HMA *R. intraradices* fue de 62.65%. Este valor es intermedio comparado con otros trabajos en los que *A. tequilana* es inoculada con este mismo HMA. Se observó que los tratamientos combinados con el HMA y fertilizantes (orgánico y químico) promovieron un mayor porcentaje de colonización, lo que sugiere que los fertilizantes generan alguna condición que favorece la micorrización, por lo que, es importante realizar las evaluaciones correspondientes que nos permitan reconocer dichas condiciones. Finalmente, es necesario evaluar si en nuestro caso, verdaderamente se promovió el crecimiento vegetal del agave azul, esto, con la finalidad de proponer la aplicación de este HMA para el cultivo de *A. tequilana*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Ignacio Silvestre Romero Salazar, Natalia Hernández Velázquez, Daniela Henríquez Hernández, Juan José Vázquez Márquez, María Fernanda Zaragoza González y Yoali Aguilar González, estudiantes de servicio social y residencias profesionales que ayudaron en el trasplante. Al Ing. Norberto Santiago Olivares por su asesoría en el uso de la caldera y finalmente al Dr. Oscar Arath Grajeda Cabrera por la donación de esporas de *R. intraradices* (producto comercial del INIFAP).

REFERENCIAS

- [1] H. S. Gentry, *Agaves of Continental North America*. Tucson, Arizona, USA: The University of Arizona Press, 1982, 670 p.
- [2] T. Gomiero, D. Pimentel and M. G. Paoletti, "Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs organic agriculture". *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 30(1-2), pp.95-124, 2011, <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355>
- [3] A. Schüßler, H. Martin, D. Cohen, M. Fitz and D. Wipf, "Arbuscular mycorrhiza: studies on the geosiphon symbiosis lead to the characterization of the first glomeromycotan sugar transporter", *Plant Signaling and Behavior*, vol. 2(5), pp. 431-434, 2007, <https://doi.org/10.4161/psb.2.5.4465>
- [4] S. E. Smith and F. A. Smith. "Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth," *Mycologia*, vol. 104(1), pp.1-13, 2012, <http://doi.org/10.3852/11-229>
- [5] J. R. Trinidad Cruz, E. E. Quiñones Aguilar, L. V. Hernández Cuevas, L. López Pérez and G. Rincón Enríquez, "Hongos micorrícicos arbusculares asociados a la rizosfera de *Agave cupreata* en regiones mezcaleras del estado de Michoacán, México", *Revista Mexicana de Micología*. Vol. 45, pp. 13-25, 2017.
- [6] E. Pimienta Barrios, J. Zañudo Hernández and E. López Alcocer, "Efecto de las micorrizas arbusculares en el crecimiento, fotosíntesis y anatomía foliar de plantas jóvenes *Agave tequilana*", *Acta Botánica Mexicana*, vol. 89, pp. 63-78, 2009.
- [7] A. C. Montoya Martínez, G. Rincón Enríquez, P. Lobit, L. López Pérez, and E. E. Quinones Aguilar, "Native arbuscular mycorrhizal fungi from the rhizosphere of *Agave cupreata* and their effect on *Agave tequilana* growth," *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 42(4), pp. 429-438, 2019.
- [8] E. E. Quiñones Aguilar, A. C. Montoya Martínez, G. Rincón Enríquez and L. López Pérez, "Inoculación de bulbilos de *Agave tequilana* con hongos micorrícicos arbusculares: efecto en el crecimiento y biocontrol contra *Fusarium oxysporum*", *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol 24(1), 2023, https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:3043
- [9] J. M. Phillips and D. S. Hayman, "Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection", *Transactions of the British Mycological Society*, vol. 55(1), pp. 158-161, 1970.
- [10] T. Mcgonigle, M. Miller, D. Evans, G. Fairchild, and J. Swan, "A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi", *New Phytologist*, vol. 115, pp. 495-501, 1990.

Análisis comparativo entre sistema de zafra por parcela y por lote en el valle El Grullo - Autlán

J. Michel Horta^{#1}, M. L. Colmenares Zepeda^{#2}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica El Grullo. Departamento Académico de Ingeniería Industrial e Ingeniería Informática.

¹jonas.michel@elgrullo.tecmm.edu.mx, ²martha.colmenares@elgrullo.tecmm.edu.mx

Resumen— El informe de investigación actual compara dos sistemas de cultivo y corte utilizados en la caña de azúcar: el sistema por parcela y el sistema por lotes. Se enfoca en los primeros ciclos de transición entre ambos sistemas y ha sido encargado por la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán (CNPR) del valle El Grullo Autlán. El estudio abarca los ciclos 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2019-2020, 2020-2021 y 2021-2022, con los primeros tres ciclos empleando el sistema por parcela y los últimos tres ciclos utilizando el sistema por lotes.

El informe también proporciona información detallada y longitudinal sobre los procesos de corte de caña para ambos sistemas, abarcando tres ciclos para cada uno. Se incluyen datos sobre la superficie y toneladas cosechadas, el ciclo de corte, la variedad de caña, el tipo de corte y el número de cortes por ciclo. Todos estos datos fueron suministrados directamente por la CNPR.

Los resultados obtenidos indican que las variables analizadas no muestran cambios significativos a lo largo de los periodos estudiados. Sorprendentemente, no se observó una disminución en los días de corte al cambiar del sistema de parcela al sistema por lotes; al contrario, se registró un ligero aumento. Es importante tener en cuenta que estos resultados corresponden a los primeros ciclos de transición entre ambos sistemas. En términos generales, la producción y la cantidad de cortes empleados en los ciclos se mantuvieron de manera constante.

Palabras clave—Corte por lote, corte por parcela, industria azucarera, minifundio, zafra.

I. INTRODUCCIÓN

En el valle El Grullo-Autlán se encuentran el Ingenio Azucarero Melchor Ocampo y la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán (CNPR), 2 organizaciones que participan en la producción de azúcar de caña, la CNPR se encarga de agrupar los productores agrícolas de caña y a través de esta asociación se convierten en proveedores de este producto para el ingenio azucarero, que este a su vez se encarga de transformar este producto primario en azúcar.

La zafra en el valle El Grullo-Autlán suele llevarse a cabo entre los meses de noviembre y abril, aunque esta duración puede verse afectada por factores ambientales o de producción. Durante este período, se inicia el proceso de corte, recolección y transporte de la caña de azúcar desde los

productores hasta el ingenio azucarero. El área de cultivo de caña en el valle se ha ido incrementando paulatinamente, en donde para el 2022 a pasado las 11,000 hectáreas, las cuales se divide en dos asociaciones: la Unión Local de Productores de Caña de Azúcar del Ingenio Melchor Ocampo y la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán. En esta investigación, se considera únicamente el área de cultivo de la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán, centrándose en la logística de corte implementada en dicha institución

Dentro de todo este proceso de transformación de la caña en azúcar, la logística de la cadena de corte de la industria azucarera tiene muchos desafíos [1], que, uno de ellos es optimizar el uso de recursos a la hora del corte de la caña en el proceso de zafra. Esta investigación se centra en la problemática que representa hacer el corte de caña en distintas parcelas y lotes.

Aquí surge la problemática de que el orden de corte en los cultivos está determinado por las indicaciones del ingenio azucarero, el cual decide en función de la madurez óptima de la caña para la producción de azúcar, sin tomar en cuenta un orden de corte por lotes que permita avanzar de forma secuencial. Esto genera traslados de personal y maquinaria, incrementando los costos y los tiempos de corte, lo cual afecta directamente la rentabilidad de los productores.

Por lo que el objetivo de este estudio es el comparar el comportamiento de las variables de los ciclos de zafra por parcela contra ciclos de zafra por lotes.

A partir del ciclo 2018-2019, se han iniciado los preparativos para cambiar del sistema por parcela al sistema por lotes. Sin embargo, es importante destacar que este estudio solo considera tres ciclos del sistema por parcela y los primeros tres ciclos de transición al sistema por lotes. Por lo tanto, los resultados están limitados por el hecho de que aún se encuentra en proceso de transición y no se puede llegar a conclusiones definitivas.

II. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación, titulado "Análisis comparativo entre el sistema de zafra por parcela y por lote en el valle El Grullo - Autlán", se justifica por diversas razones.

En primer lugar, el valle El Grullo-Autlán es hogar del Ingenio Azucarero Melchor Ocampo y la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán (CNPR), dos entidades fundamentales en la producción de azúcar de caña. Este tipo de organizaciones la cuál es la configuración que se da en toda la república mexicana. Es crucial analizar y optimizar los procesos de cultivo y corte de caña para mejorar la eficiencia y rentabilidad en esta cadena de producción para todo tipo de organizaciones de este tipo.

Las asociaciones locales de productores de caña forman parte de confederaciones nacionales como la Campesina (CNC) y la de Propietarios Rurales (CNPR); a nivel local las asociaciones actúan como intermediarias entre los productores y el ingenio azucarero; se encargan de organizar, junto con el personal del ingenio, los ciclos de la zafra (cosecha de la caña de azúcar). Dan apoyo logístico con la finalidad de hacer eficiente el periodo de cosecha y aprovechar el tiempo (comprende cinco a seis meses: comienza en noviembre o diciembre y culmina en abril o mayo) y los recursos humanos disponibles para dicha actividad [2].

La zafra en esta región se lleva a cabo entre los meses de noviembre y mayo, durante los cuales se realiza el corte, la recolección y el transporte de la caña de azúcar hasta el ingenio. La logística de corte presenta desafíos significativos en cuanto a la optimización de recursos y la reducción de costos. Por lo tanto, comparar el sistema de zafra por parcela y por lote permitirá obtener información que permita mejorar la eficiencia y productividad en los procesos de corte.

Un problema identificado es el orden de corte establecido por el ingenio en función de la madurez óptima de la caña para la producción de azúcar. Sin embargo, este enfoque no considera un orden de corte por lotes en el que se realice el proceso en todas las parcelas que están dentro del mismo lote lo cual se pueden optimizar tiempos y movimientos. Esto conlleva desplazamientos innecesarios de personal y maquinaria, lo que aumenta los costos y los tiempos de corte, afectando la rentabilidad de los productores.

El objetivo principal de este estudio es comparar el comportamiento de las variables en los ciclos de zafra por parcela y por lote. Mediante este análisis y contraste, se buscará identificar mejoras en la logística de corte que conduzcan a una mayor eficiencia y rentabilidad en la producción de caña de azúcar en el valle El Grullo-Autlán.

Es importante tener en cuenta que este estudio se centrará en tres ciclos del sistema de zafra por parcela y en los primeros tres ciclos de transición hacia el sistema de zafra por lote. Por lo tanto, los resultados obtenidos estarán limitados debido al proceso de transición que aún se encuentra en curso. Sin embargo, este trabajo sentará las bases para comprender las tendencias y los posibles impactos del cambio de sistema en la logística de corte en el valle El Grullo-Autlán.

III. METODOLOGÍA

En términos metodológicos, esta investigación adopta un enfoque descriptivo comparativo longitudinal, utilizando un enfoque cuantitativo. Se empleó una base de datos proporcionada por la CNPR, la cual abarca los ciclos de zafra desde 2015-2016 hasta 2017-2018 (sistema por parcelas) y de 2019-2020 a 2021-2022 (sistema por lotes).

Cada ciclo se encuentra almacenado en archivos separados en formato Excel, que contienen la siguiente información: código de zona, orden de corte, número de productor, fecha de corte, rendimiento estimado, superficie estimada, tonelada estimada, rendimiento cosechado, superficie real, tonelada cosechada, tonelada cosechada neta, tonelada líquida, código de parcela, código de lote, nombre de lote, ciclo (número de cortes), asociación de agricultores y variedad de caña.

A continuación, se exportó cada archivo de Excel correspondiente a los ciclos de zafra al software SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales). Se realizó un proceso de limpieza y tratamiento de la información para luego aplicar técnicas estadísticas.

De esta manera, se obtuvo la correlación entre el corte de caña de azúcar por parcela y por lote, los días de corte, las frecuencias y las medidas de tendencia central, así como un estudio de un lote respecto a las fechas de corte en un ciclo por parcela y otro ciclo por lote. Se analizaron los siguientes valores a lo largo de los ciclos 2015-2021: superficie cosechada, tonelada industrializada cosechada, tonelada neta cosechada, ciclos de corte, variedad de caña, corte por máquina y manual, total de parcelas, total de fechas de corte, rendimiento por variedad de corte y rendimiento por tipo de corte.

IV. RESULTADOS

Primeramente, se obtuvieron los datos los seis ciclos correspondientes a la superficie cosechada y las toneladas cosechadas, tanto industrializada (que representa la producción de caña en bruto) como neta (que considera la caña libre de impurezas y se utiliza para el cálculo de pago por el ingenio azucarero).

Respecto a la superficie cosechada y a la producción de toneladas industrializada, el ciclo 2019-2020 es el que registró mayores números, así como en producción de

tonelada neta. Esto en términos de productividad, es precisamente el ciclo 2019-2020 el que contó con mayor rendimiento (Tonelada por hectárea) de toneladas neta cosechada siendo muy superior en este indicador a los demás ciclos Tabla 1.

TABLA 1
RENDIMIENTO POR CICLOS

Ciclo	Rendimiento Industrializada cosechada	Rendimiento Neta cosechada
2015-2016	99.54	95.52
2016-2017	96.84	92.94
2017-2018	97.64	93.73
2018-2019	109.85	93.73
2019-2020	97.67	93.73
2020-2021	97.80	93.69

La caña de azúcar es una planta perenne la cual en términos de cosecha puede ser cortada en cada ciclo de zafra, de esta manera una planta en su ciclo de vida podrá tener varios cortes realizados a través de los ciclos de zafra [3]. Al respecto a la cantidad de cortes hechos al cultivo de caña, en todos los ciclos y en cada ciclo de zafra, siendo el número de corte más predominante el número cuatro en los dos conjuntos de ciclos, estando mínimos los cortes a partir del número ocho, ya que la caña comienza a perder rendimiento en la producción de azúcar.

En lo concerniente al tipo de planta más utilizada en el primer bloque de ciclos se pueden encontrar a tres principalmente; CP 72-2086, Mex 69-290, ITV92-1424, siendo la primera la más usada en México, sin embargo, en el segundo bloque de ciclos es la ITV 92-1424 quien a partir del 2020-2021 desplaza a la otra variedad, quedando como la más utilizada.

El factor de corte manual o por máquina se ha encontrado que aun predomina el corte manual a pesar de la tendencia a pasar al corte en verde por medio de maquinaria, aunque se puede notar una ligera tendencia en el aumento de corte máquina. El corte mecanizado de la caña de azúcar en grandes áreas tiene varias ventajas en términos de eficiencia y productividad, como las siguientes: alta eficiencia y bajo costo de cosecha, bajo esfuerzo físico de mano de obra y reducción del uso de agua en el corte [4].

Otra variable analizada es la cantidad de cortes efectuados en cada ciclo, esto representan las órdenes y su consecuente ejecución de corte de caña que se ha llevado en cada parcela. Así mismo se analizó la cantidad de fechas de corte en cada ciclo de zafra, esto significa que para cada ciclo es la cantidad de días utilizados para el proceso de corte de la caña de azúcar, pudiéndose observar que en el ciclo 2019-2020 se efectuaron más cortes y se utilizaron más días para el corte, sin embargo, fue en el 2015 -2016 el segundo que más cortes se realizaron, pero fue mucho menor en los días utilizados para el corte.

En este sentido, se realiza la correlación entre cantidad de fechas de corte y cortes por ciclo de los 6 ciclos analizados Figura 1, Tabla 2 y Figura 2, en donde se observa que en realidad no hay un cambio significativo entre un sistema a otro, y la relación es positiva en cuanto a la cantidad de cortes. Además, se realiza la división de cortes entre cantidad de fechas de corte para observar si hay menos fechas de corte entre un sistema y otro, encontrando que es muy ligeramente superior el sistema por parcela.

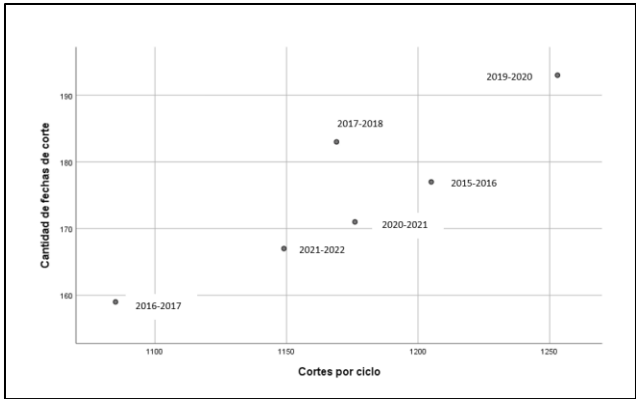


Fig. 1. Gráfica de correlación de cortes por ciclo y cantidad de fechas de corte.

TABLA 2
CORTES ENTRE FECHAS DE CORTES

Cortes entre fechas de cortes		
Ciclo	2015-2016	6.81
	2016-2017	6.82
	2017-2018	6.39
	2019-2020	6.49
	2020-2021	6.88
	2021-2022	6.88

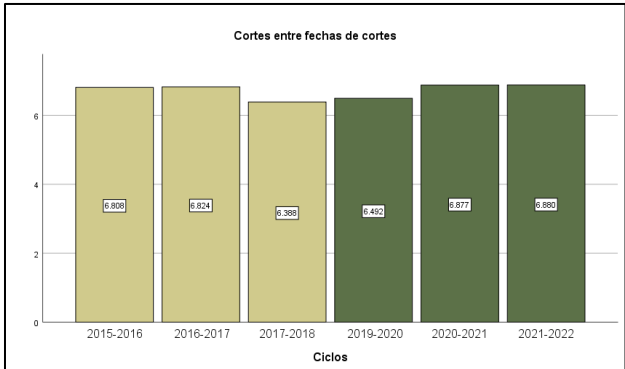


Fig. 2. Cortes entre fechas de cortes

Para estos 2 ciclos de comparación se seleccionó un caso de un lote que contiene una mayor concentración de parcelas,

con el fin de ver el comportamiento de las fechas de corte en el último ciclo considerado como por parcela contra el último ciclo dentro del proceso de corte por lote. En la figura 3 y 4 se pueden observar las fechas de corte, efectuadas en estos ciclos. Se puede observar que en este caso la compactación de fechas aún no se ha dado, lo que significa que el proceso de transición de corte por parcela a lote no ha terminado.

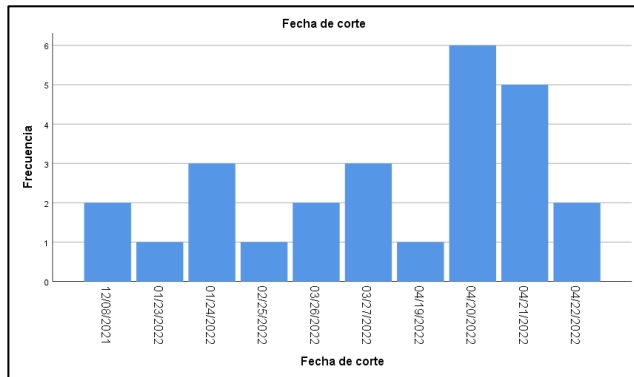


Fig. 3. Gráfica de fechas de corte en un solo lote en el ciclo 2021-2022

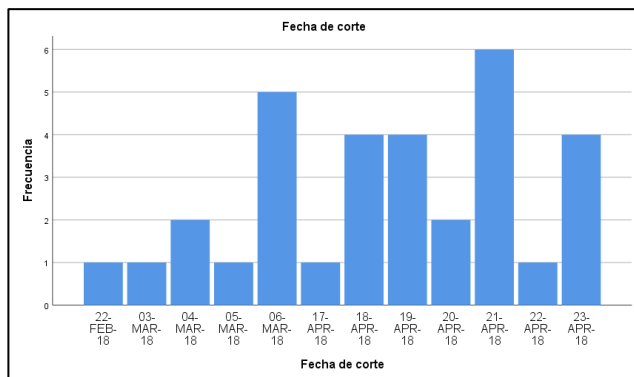


Fig. 4. Gráfica de fechas de corte en un solo lote en el ciclo 2017-2018.

V. CONCLUSIÓN

Con este análisis descriptivo longitudinal, comparativo y correlacional se puede observar el comportamiento del proceso de corte en el valle El Grullo – Autlán para la CNPR. Es importante subrayar que los primeros tres ciclos analizados pertenecen a un corte por parcela en la que no se programan los cortes por áreas si no, por la madurez respecto a los grados Brix que presenta la caña de azúcar. Sin embargo, a partir del ciclo 2018-2019 se comenzaron con los preparativos de buscar llegar a la misma madurez de la caña en todo un lote, esto a través de los tiempos de cultivo de nueva plantilla de caña y del tipo de variedad en ella, es por ellos que se contemplaron los últimos tres ciclos 2019 al 2021 para observar si hay resultados significativos en las variables.

Se puede observar que, con datos como los cortes por ciclo, cantidad de cortes realizados y números de cortes por ciclo se puede hacer una lectura de la productividad en términos de tiempo utilizado en el proceso, ya que este factor es uno de los que se busca reducir al pasar de un tipo de corte por parcela a un corte por lotes.

Con el estudio se puede validar las ventajas que supone el compactar los días de corte en un lote, como en particular, si la eficiencia técnica de la producción agrícola esta significativamente relacionada con el tamaño de la finca, y si el rendimiento se ve afectado de manera importante por el grado de fragmentación medida por el número de parcelas [5] [6].

Sin embargo, como muestran los resultados no hay diferencias significativas entre los 2 sistemas, pero es muy importante subrayar que este estudio no es concluyente ya que el sistema por lotes aún está en transición, por lo cual será importante comparar los 2 sistemas una vez se logren compactar las fechas de corte de las parcelas que se encuentran en el mismo lote, lo cual puede llevar varios ciclos más.

REFERENCIAS

- [1] R. de Á. Ribeiro Junqueira y R. Morabito, "Modeling and solving a sugarcane harvest front scheduling problem", *International Journal of Production Economics*, vol. 213, pp. 150-160, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.03.009>
- [2] L. E. Parral Quintero, "Las organizaciones de productores de caña y sus relaciones de poder. El caso de la Asociación Local de Cañeros de Casasano, en Cuautla de Morelos, México," *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, vol. 9(18), pp. 81, 2014. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2014.18.24>
- [3] P. A. Dignonelli, E. R. Romero, J. Scandaliaris, y J. Giardina, "Comparación de la calidad de semilla de caña de azúcar en el segundo corte según el método de saneamiento," *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, vol. 86(1), pp. 1-8, 2009.
- [4] Q. Wang, G. Zhou, X. Huang, J. Song, D. Xie, and L. Chen, "Experimental Research on the Effect of Sugarcane Stalk Lifting Height on the Cutting Breakage Mechanism Based on the Sugarcane Lifting-Cutting System (SLS)," *Agriculture*, vol. 12(12), pp. 2078, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122078>
- [5] R. Jha, H. K. Nagarajan, y S. Prasanna, "Land Fragmentation and its Implications for Productivity: Evidence from Southern India," p. 38.
- [6] C. Okezie, A. Ulunma, y J. Sulaiman, "Exploring the Link between Land Fragmentation and Agricultural Productivity," *International Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 2, pp. 30-34, 2012. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20120201.05>

Evaluación del Proceso de Degradación Fotocatalítica con Radiación UV y Nanopartículas de TiO₂/ZnO en Aguas Residuales de la Industria Quesera de los Altos de Jalisco

G. A. Torres Avalos^{#1}, E. Martínez Orozco^{*2}, L. C. López Ureta^{&3}, G. Torres Gutiérrez^{*4}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Lagos de Moreno, Jalisco, México. Departamento Académico.

^{*}Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Arandas, Jalisco, México. Departamento de Ingeniería Ambiental

[&]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Zapopan, Jalisco, México. Departamento de Ingeniería Industrial

¹gerardo.torres@lagos.tecmm.edu.mx, ²edgardo.martinez@arandas.tecmm.edu.mx,

³luz.lopez@zapopan.tecmm.edu.mx, ⁴torres.gera41@hotmail.com

Resumen—El dióxido de titanio (TiO₂) y el óxido de zinc (ZnO) fueron evaluados en el proceso de fotocatalisis heterogénea con luz ultravioleta para la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) del agua residual de la industria quesera. El agua residual mostro una concentración inicial de DQO de 52300 – 55100 mg/L, solidos suspendidos totales (SST) de 4696 mg/L y un pH de 6 – 6.5. Los resultados mostraron una mayor foto-degradación en términos de DQO utilizando TiO₂/UV alcanzando un 67% de remoción, contra 56% alcanzados con ZnO. El análisis estadístico T – Student con $n_x + n_y - 2$ grados de libertad con la opción unilateral en donde se comparan dos tratamientos, a partir de eso se concluye que la combinación TiO₂/UV alcanzo una mayor eficiencia en la remoción de DQO, siendo una buena opción como pre-tratamiento o como tratamiento secundario para el agua residual de la industria quesera.

Palabras clave—Lácteos, DBO, DQO, Fotooxidación, Fotorreactor.

I. INTRODUCCIÓN

En México el sector industrial aportó aproximadamente el 30% del Producto Interno Bruto (PIB) en el segundo trimestre del 2022 [1]. En Jalisco la industria alimentaria representó el 5.2% de las principales actividades económicas del estado [2]. Las aguas residuales provenientes de la industria láctea están constituidas en su mayoría por diferentes diluciones de leche entera, leche tratada, mantequilla y suero [3]. Tienen una gran cantidad de material orgánico, aceites y grasas, fósforo, nitratos, sólidos en suspensión (especialmente las productoras de queso), y gran variabilidad de pH [4].

El tratamiento por fotocatalisis heterogénea es parte de los Procesos de Oxidación Avanzada (POAs). Estos siguen una ruta de oxidación en donde los componentes a ser removidos se transforman completamente en CO₂, agua y sales minerales. Sin embargo, en ocasiones sólo se logra

transformar los contaminantes en productos intermedios menos dañinos para el medio ambiente [5]. En la fotocatalisis heterogénea se emplea un material sólido, el fotocatalizador, que cuando se expone a una fuente de luz adecuada (UV) puede generar especies reactivas (como los radicales HO•) que promueven reacciones de reducción u oxidación [6], capaces de oxidar de manera eficiente compuestos orgánicos presentes en la suspensión y en donde el material solido no presenta cambios químicos en su estructura.

Para efectos del presente trabajo se evaluará el proceso de fotocatalisis heterogénea con dióxido de titanio (TiO₂), óxido de zinc (ZnO) y luz ultravioleta (TiO₂/ZnO/UV) para la oxidación del agua residual de la industria de lácteos de la empresa “Productos lácteos EL TERRERO” ubicada en el municipio de San Ignacio Cerro Gordo, Jalisco, México.

II. OBJETIVOS

El objetivo de la presente investigación es evaluar la eficiencia del proceso de oxidación fotocatalítica heterogénea con (ultravioleta/TiO₂/ZnO), con respecto al contenido de materia orgánica e inorgánica (DQO) y SST presentes en el agua residual de la industria quesera.

III. MARCO TEÓRICO

Las tecnologías de fotocatalisis heterogénea han alcanzado suficiente madurez, con el tratamiento de diferentes tipos de aguas residuales, por su alto grado de oxidación y reducción de altas cargas orgánicas. La fotocatalisis heterogénea consiste en la absorción directa o indirectas de energía radiante (visible o UV) por un sólido (el fotocatalizador heterogéneo). En la región interfacial (Fig. 1) entre el sólido excitado y la solución tienen lugar las reacciones de destrucción o remoción de los contaminantes, sin que el catalizador sufra cambios químicos.

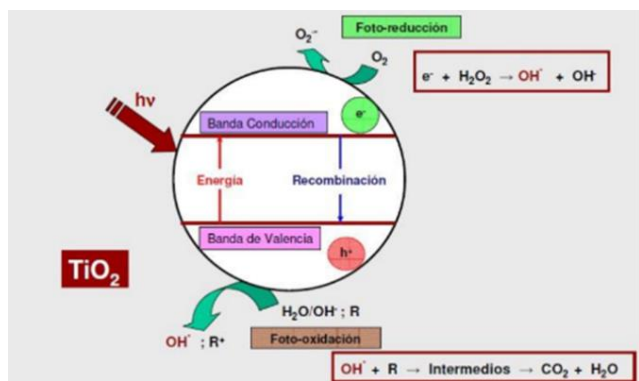


Fig. 1. Proceso de oxidación – reducción en la región interfacial entre el fotocatalizador (TiO₂) y el electrolito bajo iluminación. Fuente S. B. Monge, A. Torres – Pinto., 2018 [7].

Un semiconductor al estar en contacto con un electrolito que contiene un par redox, realiza una transferencia de cargas mediante interfase heterogénea sólido/líquido, como resultado de la diferencia de potencial entre ellas. Los H⁺ de los semiconductores más usados son oxidantes y los e⁻ son moderadamente reductores. Esto hace que, en presencia de luz ocurran simultáneamente reacciones de oxidación y de reducción en la superficie del catalizador.

El dióxido de titanio (TiO₂), es un material semiconductor que tiene una excelente transmitancia óptica, alto índice de refracción y buenas propiedades dieléctricas. Ha sido muy estudiado por ser inofensivo al medio ambiente y los seres humanos; tiene aplicaciones en diversas áreas, como productos farmacéuticos, cosméticos, industrias de envasados; pigmento en pinturas y revestimientos, fotocatalizador y como antimicrobiano. El TiO₂ presenta tres fases cristalinas, las cuales son: la fase rutilo (estructura tetragonal), fase anatasa (estructura octaédrica) y fase brookita (estructura ortorrómbica), presentando cada fase características propias [7].

Tanto el rutilo como la anatasa presentan grupos octaédricos de átomos de oxígeno en torno a un átomo de titanio, la forma en la que estos grupos se disponen es lo que diferencia a ambas formas cristalinas. La Fig. 2 (a) muestra la estructura de la anatasa TiO₂ tetragonal, en donde se detalla la celda unidad de cristalización y la disposición electrónica de los átomos de titanio y oxígeno. Se puede observar que tiene coordinación 6:3, es decir, cada átomo de Ti está rodeado por seis átomos de O y cada átomo de O se ve rodeado por tres de Ti. La estructura del rutilo (figura 2 (b)) presenta igualmente coordinación 6:3 aunque su estructura es diferente a la de la anatasa [8].

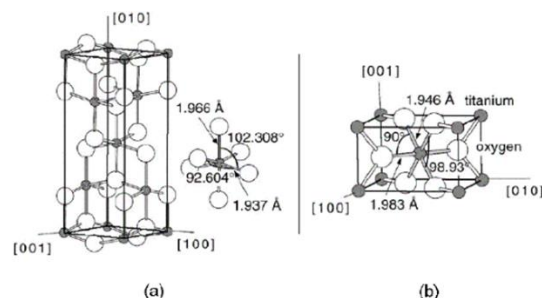


Fig. 2. Estructuras TiO₂, forma anatasa (a), forma rutilo (b). Fuente A. A. Huamán Aguirre [9].

En comparación con el TiO₂, el ZnO tiene una alta movilidad de electrones, así como estabilidad química y térmica, tiene un mejor rendimiento fotocatalítico que el TiO₂. Su mayor ventaja como fotocatalizador es que absorbe en una amplia región del espectro, lo cual hace posible la oxidación fotocatalítica en presencia de luz solar y/o UV [10]. De acuerdo con la literatura, la temperatura puede estar entre 20°C y 80°C. Una menor temperatura favorece la adsorción, que es una reacción exotérmica, mientras que, a temperaturas mayores, cercanas al punto de ebullición del agua, la adsorción se inhibe y esto tiende a ser el elemento limitante de la reacción [5].

Es indispensable la presencia de oxígeno producir una oxidación efectiva. En contra parte, airear controladamente permite suspensión del catalizador en disolución, logrando degradación mayor homogeneidad [11].

En general, son características ventajosas para un fotocatalizador una alta área superficial, una distribución de tamaño de partícula uniforme, forma esférica de las partículas y ausencia de porosidad interna. Normalmente se emplean polvos cuyas partículas tienen radios micrométricos [12].

Tanto dióxido de titanio como el óxido de zinc absorben longitudes de onda inferiores a 400 nm (espectro ultravioleta), esta radiación tiene la capacidad de generar en el semiconductor pares electrón-hueco. Debido a esto, el empleo de longitudes de onda más corta (UV-C) generan los pares electrón – hueco con mayor cercanía a la superficie, acortando el tiempo de mitigación de estos pares y reduciendo las posibilidades de reacciones superficiales con los compuestos químicos del agua.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1.-Nanopartículas de TiO₂/ZnO

Se utilizaron nanopartículas de TiO₂ y ZnO de la empresa Carbomex, Figura 4.

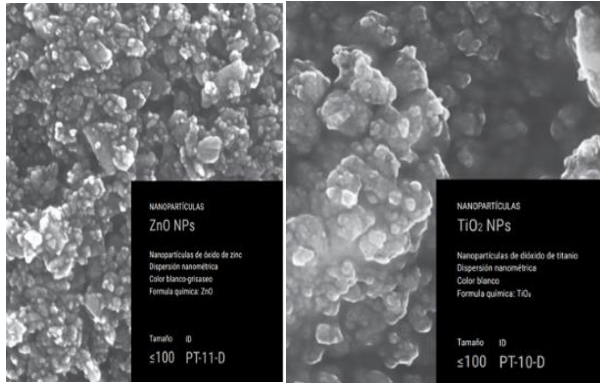


Fig. 3. Nanopartículas de ZnO NPs y TiO₂ NPs. Fuente Carbomex [13].

2. Diseño del Reactor Fotocatalítico

Un reactor fotocatalítico debe tener buen contacto entre el agua residual y el catalizador para lograr una exposición óptima entre la solución catalizador-agua y la luz ultravioleta [14].

La disposición del reactor es tubular vertical con cubierta de PVC de 4" y longitud de 43 cm. En la parte interna se forro con fibra de vidrio y resina. Se realizaron dos incisiones circulares con un diámetro de ½" una en la parte inferior a 10 cm de la base y la última a 15 cm de la parte superior. En estas incisiones se colocaron llaves de paso de media pulgada y se colocó la tapa del fondo. La posición de la lámpara fue de manera central, a modo de que la matriz agua-catalizador reciba de manera proporcional la radiación emitida de luz ultravioleta.



Fig. 4. Sistema de iluminación adherido al reactor.

3.-Experimentación

El experimento considera dos tratamientos. Uno con nanopartículas de TiO₂ y el otro con ZnO. Cada tratamiento se realizó por triplicado a diferentes tiempos (0, 1, 2, 3, 4 y 5 horas), llegando a un total de 36 muestras (18 de cada tratamiento). Se comparó cuál de los dos tratamientos es más eficiente en la remoción de materia orgánica (DQO) del agua residual.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se indican los resultados del contenido de DQO y SST y se les compara con los valores máximos permisibles por la NOM – 001 – SEMARNAT – 2021.

TABLA I
RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS. ELABORACIÓN PROPIA.

Parámetro	Valor NOM (mg/L)	Resultado / agua residual (mg/L)
DQO	180	52300 – 55100
SST	120	4696
pH	6 – 9	6 – 6.5

A. Resultados post – tratamiento (DQO).

Una vez promediando los resultados de cada tratamiento se observa en la Fig. 5 que la combinación TiO₂/UV removi6 un porcentaje mayor de DQO, alcanzando un 67% de reducción, mientras que la combinación ZnO/UV llego a un 56% después de las 5 horas transcurridas. De la misma forma el catalizador de dióxido de titanio logro una mayor reducción de la DQO en la primera hora de tratamiento, alcanzando un 24%.

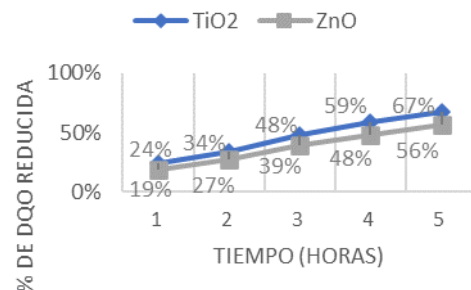


Fig. 5. Porcentaje de reducción de DQO en cada tratamiento.

En el caso reportado por Souza y col. [15], concordó con el presente estudio que las nanopartículas de dióxido de titanio son más eficientes en la foto degradación de DQO. Sin embargo, en el estudio mencionado se llegó a una remoción aún más alta, alcanzando un 95.91 y 87,35% de remoción contra los 67% alcanzados en este estudio.

Respecto al pH hubo una pequeña variación en el pH en las muestras post-tratamiento. En el caso de la configuración con TiO₂/UV este se volvió un poco más ácido estando entre 4.5 y 5. Mientras en la configuración con ZnO presento un valor entre los 5 – 5.5.

Se puede determinar además que la degradación de la DQO sigue una cinética de primer orden. Se puede afirmar la relación que existe entre el porcentaje de reducción y su cinética de degradación, se observa en el caso del TiO₂ su

constante de velocidad $k = 0.2127\text{h}^{-1}$, mientras que la del catalizador de ZnO es de $k = 0.157\text{h}^{-1}$, siendo la primera mayor, como se muestra en la Fig. 6.

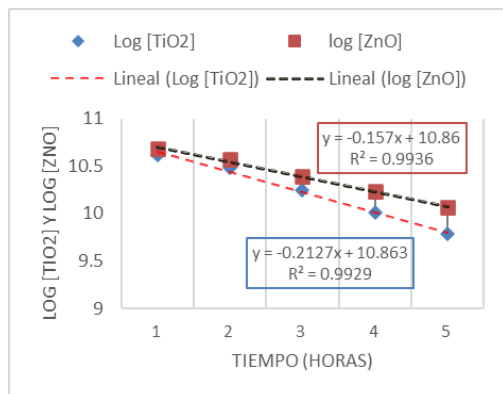


Fig. 6. Cinética de degradación de ambos tratamientos.

Se observa que la concentración de la DQO decrece en función del tiempo de irradiación. Esto puede deberse al par electrón–hueco generados entre el catalizador y la solución, llegando así a un mayor número de radicales ($\text{HO}\cdot$) en el caso del TiO_2 .

Se llevó a cabo un análisis estadístico de resultados T – Student $n_x + n_y - 2$ grados de libertad el cuál demostró qué el tratamiento con dióxido de titanio fue más eficiente en términos de reducción de DQO.

Es posible concluir que el proceso de fotocátalisis heterogénea a partir de dióxido de titanio y luz ultravioleta remueve un mayor porcentaje de DQO (67%) que el de ZnO/UV, llegando este último a un 56%.

Por último, el tratamiento propuesto es una buena opción que considerar como pre–tratamiento o tratamiento secundario para el agua residual de la industria láctea, ya que consigue una buena reducción de DQO, sin embargo, no la suficiente para dar cumplimiento a la normatividad vigente.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez por las facilidades para llevar a cabo la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] (2022) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>.
- [2] (2022) Secretaría de Economía, Gobierno de México. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/se/articulos/jalisco-y-sus-principales-sectores-productivos-y-estrategicos>.

- [3] F. Guerra Huilca, M. Cabrera Vallejo y W. Salazar Yépez, “Prototipo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria quesera en el cantón Guano provincia de Chimborazo,” *NovaSinergia*, vol. 1(2), pp. 20-29, 2018.
- [4] Spena Group, (2016) Tratamientos de aguas residuales en la industria láctea. [En línea]. Disponible en: <https://spenagroup.com/tratamiento-aguas-residuales-la-industria-lactea/#:~:text=Las%20aguas%20residuales%20de%20las%20industrias%20%C3%A1cticas%20tienen,productoras%20de%20queso%29%2C%20y%20gran%20variabilidad%20de%20pH>.
- [5] M. A. Vargas-Solla. “Oxidación Fotocatalítica de Derrames de Aceite en Agua con TiO_2/UV ,” Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia, 2016.
- [6] A. Silva, S. B. Monge, C. Bengoa, A. Torres-Pinto y R. S. Ribeiro, *Manual técnico sobre procesos de oxidación avanzada aplicados al tratamiento de aguas residuales industriales*, CYTED, 2018.
- [7] N. A. Díaz-Dávila, A. Sáenz Galindo y A. O. Castañeda-Facio. “Nanopartículas de TiO_2 , una revisión” en *CienciaCierta*, 64, 2020.
- [8] A. A. Huamán-Aguirre, “Producción de nanopartículas de dióxido de titanio por molienda húmeda: caracterización y aplicación a celdas solares sensibilizadas con colorante,” Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2015.
- [9] L. A. Esquivel-Rodríguez y M. B. Cancino-González. “Estudio de las propiedades antimicrobianas de nanopartículas de ZnO y ZnO/Ag sintetizadas por el método de reacción en microemulsión,” Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Ramos Arizpe, Coahuila, México, 2017.
- [10] J. D. Manjarres-Martínez. “Evaluación de la actividad fotocatalítica de la mezcla TiO_2/ZnO en la remoción de azul de metileno,” Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2019.
- [11] F. N. Aguilar-Huaylla “Efecto del H_2O_2 y TiO_2 en el proceso de detoxificación por fotocátalisis heterogénea de los efluentes de la Empresa Cepromet Minera Porvenir S.A.C.” Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú, 2015.
- [12] J. Blanco Gálvez, S. Malato Rodríguez, C. A. Estrada Gasca, E. R. Bandala, S. Gelover y T. Leal, “Purificación de aguas por fotocátalisis heterogénea: estado del arte,” Plataforma Solar de Almería, España, pp 51-76, 2001.
- [13] (2022) Carbomex [En línea] Disponible en: <https://carbomex.mx/productos/>.
- [14] J. B. Gálvez, S. M. Rodríguez, J. Peral, B. Sánchez y A. I. Cardona. “Diseño de reactores para fotocátalisis: evaluación comparativa de las distintas opciones”, *Posibilidades para la Provisión de Agua Segura Usando Nuevas Tecnologías* Plataforma Solar de Almería, España, pp. 243-266, 2005.
- [15] R. P. Souza, T. K. F. S. Freitas, F. S. Domingues, O. Pezoti, E. Ambrosio, A. M. Ferrari-Lima y J. C. Garcia. “Photocatalytic activity of TiO_2 , ZnO and Nb_2O_5 applied to degradation of textile wastewater,” *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 329, pp. 9-33, 2016.

Experimental mixture design for the recovery of residues from the food industry in the cultivation of *Scenedesmus acutus*

C. García Gómez^{#1}, E. Garza Valverde^{#2}, J. Nápoles Armenta^{#3}, R. A. De Hoyos Cantú^{#4}

[#] Autonomous University of Nuevo León, Faculty of Agronomy, Campus of agricultural sciences, Mexico

¹celestino.garciagm@uanl.edu.mx, ²elizabeth.garzava@uanl.edu.mx, ³juan.napolesrm@uanl.edu.mx, ⁴ramon.dehoyos@alismty.com.

Abstract — Nejayote and food leachate are highly polluting effluents and a source of important organic matter load that is sometimes released into bodies of water such as rivers or lakes, soils or public sewers. Both residues are considered to cause pollution, which is why urgent measures are required. The objective of this research was to determine the optimal combination of nejayote and food leachate to be used as a culture medium for the microalgae *Scenedesmus acutus*. The initial concentration of this microalgae was 0.5 g/L, the experiments lasted 20 days and the treatments had concentrations of 0, 10, 25, 50 and 90% of nejayote, food leachate and Bold medium. In the experiments, a biomass concentration higher than 6 g/L was achieved, an uptake of ammonium and orthophosphates up to 83 and 89 respectively. These results show that microalgae can be used to treat this type of liquid waste and, at the same time, used as a culture medium for microalgae. The resulting biomass can be used additionally to obtain other by-products of commercial interest.

Keywords — nejayote, leachate, microalgae, recovery, *Scenedesmus acutus*.

I. INTRODUCTION

Microalgae are a source of biomolecules for pigments, animal feed, biofuels, cosmetics, even therapeutic molecules. However, due to its complex biological structure and the high costs of the process, it causes the production and distribution to be restricted at an industrial level. Seaweed grown under controlled conditions can produce twenty times more oil per hectare than terrestrial soybean and canola crops [1]. Although microalgae are photoautotrophic microorganisms, the most popular cultivation strategy is one that relies on solar energy and carbon dioxide (CO₂). Sunlight is the key in the growth of microalgae, and the rate of light supply is what determines the productivity of the photobioreactor or pond [2].

The use of microalgae for wastewater treatment has gained worldwide attention. This interest is due to the fact that in addition to purifying nutrients from wastewater, it also generates microalgae biomass [3]. These microorganisms possess the ability to survive in different environmental conditions, as well as grow in various sources of wastewater, eg mixed municipal, industrial, domestic, agricultural wastewater and saline systems. Microalgae absorb toxic

nutrients and heavy metals present in wastewater that aid in their growth, resulting in wastewater treatment [4].

Recently, possible solutions have been sought for the use of leachate by extracting its organic content and nutrients. Some of the approaches of interest that leachate has had is the production of microalgae biomass as a source of renewable energy. In addition to the reduction in nutrients from the leachate due to the growth of microalgae, the biomass generated is a by-product that can be marketed to produce biofuels, cosmetics, feed, fertilizers, among others. Unfortunately, this is limited by its pathogenic properties, so disinfection of the leachate is necessary [5]. In various studies carried out, the production of *Chlorella* sp. in a culture medium with different concentrations of leachates and a reduction in the growth of microalgae was found in concentrations greater than 10%. Other studies stressed the importance of the initial concentration of biomass in a culture medium with leachate from a sanitary landfill to obtain greater efficiency in biomass productivity, nutrient removal, Chemical Oxygen Demand (COD) and phenol [6]. Therefore, the objective of this study was to determine the optimum combination of nejayote and food leachate as a culture medium for the microalgae *Scenedesmus acutus*.

II. MATERIALS AND METHODS

A. Microalga culture

The green microalga *Scenedesmus acutus* was used. The culture used Bold medium as nutrient medium (Nichols and Bold, 1965), which consisted of (mg/L): NaNO₃ (750), CaCl₂ 2H₂O (12.5), MgSO₄ 7H₂O (150), FeSO₄ (6.27), K₂HPO₄ (62.4), KH₂PO₄ (225), NaCl (0.341), H₃BO₃ (5), MnSO₄ (0.72), ZnSO₄ 7H₂O (17.64), KOH (15.5), NaCl (12.5), CuSO₄ 7H₂O (1.06), NaMoO₃ (0.6), CoCl₂ (0.2). Microalgae growth was assessed with optical density measurements at 680 nm using a UV/vis spectrophotometer. All experiments were performed with the same batch of *Scenedesmus acutus* to maintain uniformity.

B. Experimental system

The experiments were carried out in glass flasks with a capacity of 1 liter and with a working volume of 500 mL, at

room temperature and with an initial concentration of 0.5 g/L. The microalgae recovery efficiency was calculated based on the decrease in the optical density of the culture (measured at 680 nm with a UV-vis spectrophotometer, Thermo GENESYS). Samples were collected at regular time points (t) during the experimentation. The experimental runs are shown in table 1, where the residues and medium bold proportions are expressed as a percentage of the working volume. The experimental results were analyzed with Minitab 19, a Dunnett analysis and the optimization of cell growth, ammonium and orthophosphate responses were performed with the design of mixtures of extreme vertices.

TABLE I

EXPERIMENTS TO STUDY THE USE OF NEJAYOTE RESIDUES AND FOOD LEACHATE AS CULTURE MEDIA FOR *SCENEDESMUS ACUTUS*.

Runs	Experimental values		
	Leached (%)	Nejayote (%)	Bold (%)
1	0	90	10
2	90	0	10
3	0	10	90
4	0	10	90
5	0	90	10
6	10	0	90
7	25	25	25
8	25	25	25
9	25	25	25
10	0	90	10
11	90	0	10
12	10	0	90
13	10	0	90
14	90	0	10
15	0	10	90

C. Analytical methods

The biomass was estimated as dry weight from the standard curve that was built based on Abs_{680} versus dry biomass. The determination of Nitrogen in the form of Ammonium ($N-NH_4^+$) was carried out with the phenol method according to Standard Methods (4500-NH₃). For the determination of Phosphorus in the form of Orthophosphates ($P-PO_4^{3-}$) the ascorbic acid method was used according to Standard Methods (4500-P). To determine the carbohydrate content, the anthrone colorimetric method was used, where H_2SO_4 hydrolyzes the glycosidic bonds and the anthrone reacts with the resulting monosaccharide to produce a colored product. This method measures only the total carbohydrates and destroys the biopolymer in the hydrolysis process. For the extraction of lipids from microalgae, the Bligh and Dyer method was used. The extraction of liposoluble pigments was analyzed spectrophotometrically at 510, 630, 664 and 480 nm. Total protein quantification was carried out using the Bradford method.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Waste characterization

The characterization of the two residual residues used as cell growth medium in the present study are expressed in table 2.

Parameter	Waste	
	nejayote (%)	leachate (%)
COD (mg/L)	4598.33 ± 43	8260.50 ± 19.68
Nitrates (mg/L)	146.25 ± 18	64.20 ± 0.08
Nitrites (µg/L)	1927.73 ± 59	1401.36 ± 1.85
Total solids (g)	10.04 ± 0.08	2.17 ± 0.02
pH	8.6	4.9
EC	3.028 ± 0.0	5.71 ± 0.01
Hardness (mg/L)	2050.00 ± 173.20	6400.00 ± 24.94
Turbidity (UNT)	944 ± 47.09	717 ± 2.86
Alkalinity (mg/L)	2466.66 ± 400.04	20000 ± 81.65
Ammonium (mg/L)	133.91 ± 8.66	206.53 ± 1.45
Nitrates (mg/L)	146.25 ± 17.78	64.20 ± 0.08
Nitrites (µg/L)	1927.73 ± 59.44	1401.36 ± 1.85
Total solids (g)	10.04 ± 0.088	2.17 ± 0.02
pH	8.6	4.9

B. Nejayote and food leachate as a culture medium for *Scenedesmus acutus*

Before cultivating the microalgae in the waste mixture, the *Scenedesmus acutus* microalgae were cultivated in Bold medium under optimal growth conditions to determine the behavior without organic matter stress. This growth of the microalgae was monitored for 20 days, it was observed that began to stabilize around day 16, for its part, the growth rate was 0.16.

Varied mixtures of nejayote and feed leachate (T1–5) were investigated for their ability to function as a culture medium for the microalga *Scenedesmus acutus* and promote growth. The observed growth was different in each of the treatments (T1-5). Statistically it was determined that T4 (0% nejayote + 90% bold + 10% leachate) presented the highest growth rate, contributing up to 6.34 ± 1.07 g L⁻¹, on day 20. The second best biomass growth promoting treatment was T1, T2 and T3 (90% nejayote + 10% Bold + 0% leachate, 10% nejayote + 90% Bold + 0% leachate and 0% nejayote + 10% Bold + 90% leachate) with 4.09 ± 1.21 , 4.45 ± 1.75 , 4.14 ± 0.81 g L⁻¹ at day 20, respectively. T5 (25% nejayote + 50% Bold + 25% leachate) with 1.79 ± 0.69 g L⁻¹ did not show good results as a potential culture medium for *Scenedesmus acutus* (Figure 1) showing a growth below the control that was 2.54 ± 0.09 g L⁻¹, so these mixtures are not the optimal residue concentrations to promote the growth of microalgae in this study.

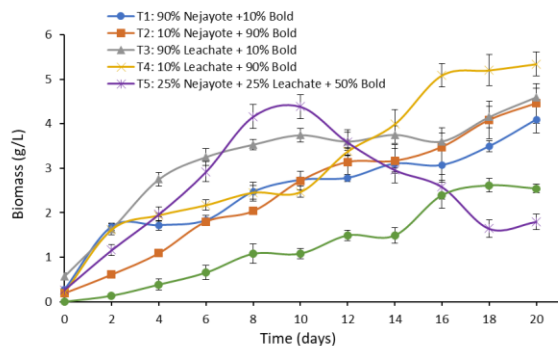


Fig. 1. Cell growth of *Scenedesmus acutus* through the treatments (T1–T5).

In T4 the growth trend is similar to the growth curve with Bold medium; but in T4 the maximum point of growth is reached on day 20 with a quantity 2.5 times greater. However, the amount of biomass obtained in the treatments T1-T4 was greater than the amount that could be obtained with the Bold medium.

The contour plot of the mixture design for cell growth (Figure 2) shows that the best option for the use of nejayote and food leachate as culture medium for *Scenedesmus acutus* was achieved with a higher amount of food leachate than the nejayote.

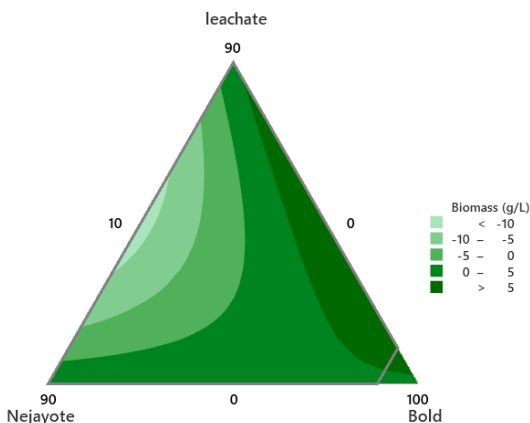


Fig. 2. Contour graph of the behavior of the variable cell growth using nejayote and food leachate as culture medium for *Scenedesmus acutus*.

The use of bold medium in the preparation of the test media was essential for two purposes, firstly, to allow light to enter the culture flask and secondly to dilute the organic load and thus know the concentration in which both residues produce the best result in terms of cell growth. The pH value during the experiments was maintained within the range of 7 to 9 in all treatments, without any adjustment for cell growth by microalgae.

C. Nutrient removal

The ammonium variable was measured to know the behavior of nitrogen in all the experiments, and how microalgae can use this source to improve growth. Treatments T3, T4 and T5 with microalgae showed a decrease in ammonium compared to the initial value, this reduction is due to the fact that the microalga uses it as a source of nitrogen for its metabolism and growth. The greatest reduction of ammonia occurred in the first eight days in the T3, T4 and T5 treatments, reaching an elimination of 71.3, 71.9 and 82.5%, respectively, on the other hand, the T1 and T2 treatments did not show a significant elimination, probably due to the low concentration present in the initial mixture.

During the experimentation the decrease of orthophosphates was monitored, all the treatments showed a decrease with respect to the initial concentration, in the treatments T4 and T5 a greater decrease of orthophosphates of 89 and 83% with respect to the initial value, respectively, was shown. In T1, T3 and T5 there was a reduction that was 28, 61 and 41% respectively. This demonstrated what is well known that not all microalgae show similar behavior when exposed to a large load of pollutants, such as phosphorus.

D. Biochemical composition

A biochemical characterization of the biomass resulting from each experiment was carried out, the variables of carbohydrates, lipids, proteins and chlorophyll were evaluated at the end of each run. The amount of carbohydrates was found to be 66% in the control experiment, the amount was decreasing to a low value of 26% in treatment 3, this shows that a high concentration of leachate influences decreasing the amount of carbohydrate in the sample. For its part, the amount of lipids resulted in an increase when using treatment 3 with 27%, contrary to what happened with the amount of carbohydrates, the minimum value found in lipids was 7%. In the case of proteins, the highest value was again the control experiment with 47% in the rest of the experiments the value was in the range of 11-28%. The chlorophyll pigment is important in the industry of natural dyes, in our experiments the control treatment resulted in 11.4 mg/l, while the rest of the treatments showed a significant decrease when adding liquid residue, obtaining values of a maximum of 5mg/l.

IV. CONCLUSION

In the present study, both liquid residues and food leachate and nejayote were demonstrated as culture media for the *Scenedesmus acutus* strain. Based on the results obtained, the best option for cell growth is the use of a greater amount of food leachate than nejayote. The best result was the combination of 10% leachate and 90% medium bold with at least 6 g/L and the combination of other percentages gave results of around 4 g/L. For the reduction of ammonium, the combination that contained the highest initial concentration

showed the highest percentages of capture and for the reduction of orthophosphates a mixture of 10% food leachate and 90% bold and 25% food leachate, 25% nejayote and 50% bold showed the best efficiency with a reduction of more than 80%.

In this work, the valorization of two liquid residues as a culture medium for microalgae was demonstrated. A tunable technology platform has been unveiled where one can target pollutant reduction, microalgae growth as a green source for high-value products, or a combination of both depending on the desired application.

REFERENCES

- [1] J. Park, R. Craggs, and A. Shilton, "Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production," *Bioresource Technology*, vol. 102, pp. 35-42. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.158>
- [2] M. Janssen, R. Wijffels, and M. Barbosa, "Microalgae based production of single-cell protein," *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 75, pp. 1-8. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102705>
- [3] X. Feng, Y. Chen, J. Lv, S. Han, R. Tu, X. Zhou, W. Jin, and N. Ren, "Enhanced lipid Production by *Chlorella pyrenoidosa* through magnetic field pretreatment of wastewater and treatment of microalgae -wastewater culture solution: Magnetic field treatment modes and conditions," *Bioresource Technology*, vol. 306, pp. 123102, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123102>
- [4] K. Jaiswal, V. Kumar, M. Vlaskin, N. Sharma, I. Rautela, M. Nanda, N. Arora, A. Singh, and P. Chauhan, "Microalgae fuel cell for wastewater treatment: Recent advances and challenges," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 38, pp. 101549. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101549>
- [5] S. Pap, G. Stankovits, M. Gyalai-Korpos, M. Makó, I. Erdélyi, and M. Sekulic, "Biochar application in organics and ultra-violet quenching substances removal from sludge dewatering leachate for algae production," *Journal of Environmental Management*, vol. 298, pp. 113446. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113446>
- [6] A. Paiva, D. Goncalves, & E. Couto, "Recycling of landfill leachate nutrients from microalgae and potential applications for biomass valorization," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, pp. 105952, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105952>