



# CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

---

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
**21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024**

TecNM - Tecnológico Nacional de México

ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba

DEPI - División de Estudios de Posgrado

## EJES TEMÁTICOS

Ingeniería Química

Ingeniería Industrial

Sistemas Computacionales

Ingeniería Administrativa

Investigación Educativa

Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Ingeniería Mecánica y Mecatrónica



MEMORIAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA. Evento del 21 al 25 de octubre de 2024. Esta es una publicación editada por el Tecnológico Nacional de México, Avenida Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, teléfono 5536002511 Ext. 65092, correo d\_vinculacion05@tecnm.mx, a través del Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 no. 852 Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320. Orizaba, Veracruz, México. Contacto: 272 110 5360,

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2023-091910590800-102, ISBN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, División de Estudios de Posgrado, Ofelia Landeta Escamilla, Avenida Oriente 9 no. 852 Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320. Orizaba, Veracruz, México. Fecha de la última modificación: 07 de noviembre de 2024.

Queda prohibida la reproducción total o parcial en cualquier medio, del contenido de la presente revista electrónica, sin contar con la autorización del Instituto Tecnológico de Orizaba.

Responsable general - Dra. Ofelia Landeta Escamilla  
Responsable técnico - Dr. Fernando Ortiz Flores  
Responsable de Ing. Química - Dra. Araceli Ortiz Celiseo  
Responsable de Ing. Administrativa - Dr. Víctor Ricardo Castillo Intriago  
Responsable de Ing. Industrial - Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez  
Responsable de Sistemas Computacionales - Dr. José Luis Sánchez Cervantes  
Responsable de Investigación Educativa - Dra. María G. Balderrábano Saucedo  
Responsable de Ing. Mecánica y Mecatrónica - Dr. Ignacio Herrera Aguilar  
Responsable de Ing. Eléctrica y Electrónica - Dr. Gerardo Águila Rodríguez  
Editor colaborador - Dr. Eduardo Mael Sánchez Coronado  
Editor de diseño - Dr. Guillermo Alfredo Arrijoa Carrera  
Webmaster - MC. Enrique Alejandro Cuellar Cortes



## **SOBRE EL CONGRESO**

El TecNM/Instituto Tecnológico de Orizaba a través de la División de Estudios de Posgrado e Investigación invita a la comunidad académica, científica, profesional y estudiantil a participar con la presentación de ponencias y/o publicación de Keynotes en el Congreso Internacional de Investigación e Innovación Multidisciplinaria, en el marco del CIIM 2024 que se llevará a cabo en Orizaba, Ver., del 21 al 25 de octubre de 2024.

## **OBJETIVO DEL CIIM 024**

Proporcionar un foro multidisciplinario para Keynotes de trabajos de investigación, protocolos y revisiones de investigación básica o aplicada con la finalidad de difundir avances significativos, intercambiar experiencias y desarrollar vínculos académicos, profesionales y personales.

## **DESCRIPCIÓN**

El CIIM 2024 es un medio para presentar Keynotes originales o contribuciones inéditas, en algunas de las áreas de incidencia; resaltando el trabajo multidisciplinario.



## ÁREAS DE INVESTIGACIÓN Y LIGAS DE CONFERENCIAS EN YOUTUBE

### **Ingeniería Química - IR A CANAL DE YOUTUBE**

Procesos, Ambiental, Alimentos, Energías Alternativas, Biotecnología, Bioquímica.

### **Sistemas Computacionales - IR A CANAL DE YOUTUBE**

Ingeniería de Software, Desarrollo Web, Computación Educativa, Realidad Virtual y Aumentada, Redes de Computadoras, Computación Inteligente, Arquitecturas Avanzadas en Computación.

### **Ingeniería Industrial - IR A CANAL DE YOUTUBE**

Cadenas de Suministro, Logística, Manufactura, Six Sigma, Calidad, Simulación, Secuenciación, Optimización, Análisis de Decisión, Análisis Económico, CAD, CAM, Redes neuronales, Lógica Difusa, Algoritmos genéticos, Sistemas de Producción.

### **Ingeniería Administrativa - IR A CANAL DE YOUTUBE**

Gestión de la Innovación y Tecnología, Desarrollo y Competitividad Empresarial, Gestión del Talento Humano, Factibilidad de Proyectos, Plan de Negocios, Administración de la Producción, Administración de la Calidad, Gestión Empresarial, Prospectiva y Gestión Estratégica, Gestión de la Energía, Gestión Social y Sustentabilidad.

### **Investigación Educativa - IR A CANAL DE YOUTUBE**

Investigación educativa aplicada a: Sistemas computacionales, Ingeniería Industrial, Ingeniería Administrativa, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica.

### **Ingeniería Eléctrica y Electrónica - IR A CANAL DE YOUTUBE**

Circuitos y Dispositivos Electrónicos, Procesamiento Digital de Señales, Optoelectrónica, Semiconductores, Electrónica de Potencia, Sistemas Embebidos, Circuitos Analógicos y Digitales, Bioelectrónica, Energías Renovables.

### **Ingeniería Mecánica y Mecatrónica - IR A CANAL DE YOUTUBE**

Diseño y Modelado Mecánico, Robótica, Automatización Industrial, Análisis de Elemento Finito, Procesamiento de Imágenes y Reconocimiento de Patrones, Diagnóstico de Fallas, Metodologías de Instrumentación y Control, Inteligencia Artificial, Sistemas Autónomos, Diseño de Sensores y Actuadores, Ingeniería de Control.



## ÍNDICE

### INGENIERÍA QUÍMICA

- Estudio in vitro sobre el potencial inhibitorio de la agregación plaquetaria de los hidrolizados de *Amaranthus hybridus*.** 15 - 16  
*Domínguez-Delfin, Dhorle G., Sánchez-Ocampo Paul M., Rodríguez-Miranda Jesús, Hernández-Santos Betsabé, Torruco-Uco Juan G.*
- Evaluación de la fracción líquida de residuos Sólidos orgánicos como fuente de carbono para Desnitrificación mediante digestión anaerobia** 17-18  
*Vera-Romero Benny Arath de Jesús, Méndez-Contreras Juan Manuel, Vallejo-Cantú Norma Alejandra, Alvarado-Lassman Alejandro, Rosas-Mendoza Erik Samuel.*
- Evaluación de la eficiencia de un Fertilizante Orgánico Líquido (FOL) mediante su aplicación en un cultivo de interés regional (Cucurbita pepo)** 19-20  
*Alvarado-Vallejo Andrea, Rosas Mendoza Erik Samuel, Landeta-Escamilla Ofelia, Vallejo-Cantú, Norma Alejandra, Alvarado-Lassman Alejandro.*
- Estudio de la eficiencia de inhibidores de origen biológico procedentes del aguacate** 21-22  
*Pérez-Ramírez Francisco, Trujillo-Sánchez Rosalía, Delgadillo-Torres María de la Luz, Castellanos-Escamilla Víctor, Bárcenas-Castañeda Mariana.*
- Hidrolizado proteico de hoja de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) como estabilizador de nanoemulsiones O/W** 23-24  
*Calderón-Chiu Carolina, Calderón-Santoyo Montserrat, Damasceno-Gomes Simone, Ragazzo-Sánchez Juan Arturo.*
- Uso potencial del hidrolizado proteico de yaca y maltodextrina en procesos de microencapsulación** 25-26  
*Calderón-Chiu Carolina, Calderón-Santoyo Montserrat, Ragazzo-Sánchez Juan Arturo.*
- Aislamiento y caracterización de cepas de *Pseudomonas aeruginosa* productoras de ramnolípidos y piocianina, a partir de suelo contaminado con hidrocarburos proveniente de la Reserva de la Biósfera Tehuacán - Cuicatlán** 27-28  
*Huerta-Hernández Rosa Gazmín, Calderón-Chiu Carolina, Soberón-Chávez Gloria, Gutiérrez-Gómez Uriel.*
- Síntesis verde de nanopartículas de oro usando como agente reductor C-ficocianina de *Arthrospira maxima*** 29-30  
*García-Ventura Ana Karen, Hernández-Cázares Aleida Selene, Rojas-López, Marlon, Amador-Espejo Gustavo Genaro, Ríos-Corripio María Antonieta.*
- Nuevas síntesis del mof hkust-1 y estudio preliminar Como catalizador.** 31-32  
*Valdez-Primo Jorge Hilson, Rivera-Villanueva José María, Colorado-Peralta Raúl, Morales-Tapia Alfredo Alberto, Peña-Rodríguez Rodolfo.*



## ÍNDICE

<b>Estudio Computacional de los Tiempos de Difusión Rotacional del 2-(2'-piridil) bencimidazol en Mezclas Binarias de Ciclohexano y Alcoholes Primarios</b> <i>Morales-Tapia Alfredo Alberto, Galicia-Beltrán César, Colorado-Peralta Raúl, Rivera-Villanueva José María, Durán-Hernández Jesús.</i>	<b>33-34</b>
<b>Estudio Teórico de la Transferencia de Energía Resonante Electrónica en un Derivado Azoico Funcionalizado con Fluoresceína</b> <i>Jacobo-Justo Perla, Morales Tapia Alfredo Alberto, Guzmán-Gómez Daniel, Peña-Rodríguez Rodolfo, Durán-Hernández Jesús.</i>	<b>35-36</b>
<b>Tamizaje fitoquímico y capacidad antioxidante de maíz (Zeamays L.) azul raza Bolita de Oaxaca, México</b> <i>Juárez-Segovia Karla G., Varapizuela-Sánchez Carlos, Pérez-Mendoza, Fernando, García-Montalvo Iván A., Sánchez-Medina, Marco A.</i>	<b>37-38</b>
<b>Incorporación de Aeromonas, Enterobacter, Pseudomon putida en la germinación de Acacia pennatula (Schltdl.&amp; Cham) Benth.</b> <i>Martínez-Hernández María de Jesús, Torres Pelayo Vianey del Rocío, Alvarado-Castillo Gerardo, Ramírez-Benites María del Carmen, Falfan-Cortes Armando.</i>	<b>39-40</b>
<b>Aislamiento y caracterización de celulosa de pseudotallo de plátano pera (Musa paradisiaca) ABB</b> <i>Trujillo-Acosta Heidy Janeth, Bolio-López Gloria Ivette, Hernández-Bolio Gloria I., Hernández-Villegas Manuel Mateo, Almenares-López Damianys.</i>	<b>41-42</b>
<b>Incremento del contenido de Celulosa en Bagazo de caña a nivel Planta Piloto para la para la producción de biocombustibles</b> <i>Monterd-Hernández, Carlos Iván, Aguilar-Uscanga, María Guadalupe, López-Zamora, Leticia</i>	<b>43-44</b>
<b>Síntesis, caracterización y evaluación de BiFeO<sub>3</sub> y LaFeO<sub>3</sub> para la degradación fotocatalítica de azul de metileno y tetraciclina</b> <i>Sánchez-Martínez Daniel, Hernández-Uresti Diana B., Juárez-Ramírez Isaías</i>	<b>45-46</b>
<b>Estudio del comportamiento electroquímico del acero P20 en electrolito ácido.</b> <i>Pérez-Ramírez Francisco, Godínez-García Andrés, Martínez-Merlín Ivan, Bárcenas-Castañeda Mariana, Castellanos-Escamilla Víctor.</i>	<b>47-48</b>
<b>Evaluación del efecto superhidrofílico fotoinducido en la fotocatalisis de recubrimientos TiO<sub>2</sub></b> <i>García-López Saúl, López-Rodríguez Angélica Silvestre, Sifuentes-Gallardo Pio, Díaz-Flores Laura Lorena.</i>	<b>49-50</b>
<b>Restauración Biológica De Un Suelo Contaminado Con Petróleo Mediante Hongos Petrofílicos Productores De Biosurfactantes</b> <i>López-Pérez Perla, Ojeda-Morales Marcia Eugenia, Hernández-Rivera Miguel Á., López-Lázaro José De los Santos, Gómez-Jiménez, Sulma Guadalupe.</i>	<b>51-52</b>



## ÍNDICE

<b>Aprovechamiento de la cascarilla de arroz por Medio de carbonización hidrotérmica como Material absorbente y biocombustible</b> <i>Ojeda-Rodríguez Víctor Eduardo, Méndez-Contreras Juan Manuel, Vallejo-Cantú Norma Alejandra, Alvarado-Lassman Alejandro, Rosas-Mendoza Erik Samuel.</i>	<b>53-54</b>
<b>Etapas de descomposición térmica por TGA de biomateriales micro y nanoestructurados basados en almidón de sorgo</b> <i>Ruiz-Martínez Isidra Guadalupe, Rodríguez Denis, Pacheco-Vargas, Glenda, Arizmendi-Giles, Esmeralda Yamileth, Solorza-Feria Javier.</i>	<b>55-56</b>
<b>Evaluación de las propiedades de las fases líquida y sólida obtenidas mediante carbonización hidrotérmica de sargazo</b> <i>Campos-Juárez Luis Mario, Balderas-Caballero Israel de Jesús, Landeta-Escamilla Ofelia, Vallejo-Cantú Norma Alejandra, Alvarado-Lassman Alejandro.</i>	<b>57-58</b>
<b>"Producción de un Biocombustible Sólido a partir de Biomasa de Sargazo mediante Carbonización Hidrotermal"</b> <i>Balderas-Caballero Israel, Vallejo-Cantú Norma A., Méndez-Contreras Juan Manuel, Rosas-Mendoza Erik Samuel, Alvarado-Lassman Alejandro.</i>	<b>59-60</b>
<b>Tamiz fitoquímico, polifenoles totales, capacidad antioxidante e Inflamación In vitro del extracto metanólico de raíces de Tradescantia spathacea.</b> <i>Aguilar-Piedras Adriana, Pérez-Vargas Josefina, García-Martínez Ignacio, Pérez-González Mariana Zuleima.</i>	<b>61-62</b>
<b>Producción de biocombustibles a partir de bagazo de malta mediante simulación en el software COCO</b> <i>Mendiola Reynaldo, Pérez-Montoya Luz Mariana, Bañuelos, Cecilia.</i>	<b>63-64</b>
<b>Campos magnéticos en la producción de etanol a Partir de biomasa vegetal (eichhornia crassipes)</b> <i>May-Rodríguez Keyla M., Ojeda-Morales Marcia E., García-Frías Fátima, López-Lázaro José De los Santos, Cruz-Pérez Alida E.</i>	<b>65-66</b>
<b>Degradación de hidrocarburos en suelo de Manglar por proceso fenton</b> <i>Fuentes-Domínguez Irene, Ojeda-Morales Marcia E., Morales-Bautista Carlos M., Córdova-Bautista Yolanda, Morales-López Karla.</i>	<b>67-68</b>
<b>Potencial remoción de hidrocarburos de un suelo costero por electro-fitorremediación</b> <i>Morales-López, Karla C., Córdova-Bautista Yolanda, Ojeda Morales Marcia E., Rivera Hernández Miguel A., Fuentes Domínguez Irene.</i>	<b>69-70</b>
<b>Análisis de betalaínas, polifenoles y actividad antioxidante en bebidas de jugo de pitaya y quinoa fermentadas con Lactobacillus plantarum</b> <i>Martínez-Morán Miriam de Lourdes, Paz-Gamboa, Ernestina, Vivar-Vera, María de los Ángeles, Pérez-Silva, Araceli.</i>	<b>71-72</b>



## ÍNDICE

<b>Tratamiento de aguas contaminadas con petróleo más producción de voltaje en dispositivo bioelectroquímico</b> <i>Oliva-Campos Andy D., Córdova-Bautista Yolanda, Ojeda Morales Marcia E., Díaz Flores Laura L., López Lázaro Jose D.</i>	<b>73-74</b>
<b>Capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria in vitro del extracto metanólico de bayas de <i>Phytolacca dioica</i> L.</b> <i>Pérez-Pichardo Andrea Guadalupe, Pérez-Vargas Josefina, García-Martínez Ignacio, Pérez-González Mariana Zuleima.</i>	<b>75-76</b>
<b>Caracterización estructural de una película Activa de almidón, pvoh y glicerol optimizada</b> <i>Lara-Gómez Ariadna Bárbara, Hernández-Hernández Ernesto, Morones-González Pablo, Cadena-Ramírez Arturo, Castro-Rosas, Javier.</i>	<b>77-78</b>
<b>Efecto del uso de diferentes solventes en la actividad antioxidante y cuantificación de compuestos bioactivos libres, ligados y totales de extractos de maíz azul, frijol negro y berro.</b> <i>Cabrera-Domínguez Edgar Daniel, Cariño-Cortes Raquel, Fernández-Martínez Tomás Eduardo, Rodríguez-Miranda Jesús, Gómez-Aldapa Carlos Alberto.</i>	<b>79-80</b>
<b>Análisis fisicoquímico y del contenido de silicatos en ceniza de bagazo de caña de azúcar</b> <i>Fernández-Orozco Isaura Victoria, Rojas-Blanco Lizeth, Hernández-Rivera Miguel Ángel, Juárez-Zirate Salvador, Díaz-Flores Laura Lorena.</i>	<b>81-82</b>
<b>Evaluación del efecto de dos precursores en la síntesis de Acetato de Isoamilo por <i>Kluyveromyces marxianus</i> utilizando lactosuero como fuente de carbono</b> <i>Hernández-Cruz Miguel Ángel, Castro-Rosas Javier, Páez-Lerma Jesús Bernardo, Ramírez-Vargas María del Rocío, Cadena-Ramírez Arturo.</i>	<b>83-84</b>
<b>Descomposición de la glicerina utilizando catalizador mecánicamente activado de latón</b> <i>Sifuentes-Gallardo Pío, Pérez-Vivas Ivan, López-Rodríguez Angélica, Ramón-Hernández Gabriel, Gómez-Torres Faviola Del Carmen.</i>	<b>85-86</b>
<b>Evaluación de la Citotoxicidad de Extractos de Raíz de <i>Ibervillea sonora</i> usando diferentes solventes</b> <i>López-Castillo Álvaro, Fabián-Cruz Ángela, Moreno-Rodríguez Adriana, Herman-Lara Erasmo, Martínez-Sánchez Cecilia Eugenia.</i>	<b>87-88</b>
<b>Evaluación de las propiedades mecánicas y de barrera de biopelículas de biomasa de kéfir reforzada con celulosa microcristalina</b> <i>Moreno-Leon G.R, Pacheco-Vargas G., Ávila- Reyes S.V., Rodrigue D., Solorza-Feria J.</i>	<b>89-90</b>



## ÍNDICE

<b>Propiedades Térmicas y espectroscópicas de compuestos de PET reciclado usando Pigmentos Termocrómicos</b> <i>Palma-Landero Hedilberto, López-Rodríguez Angélica Silvestre, Sifuentes-Gallardo Pío, Díaz-Flores Laura Lorena, Córdova-Bautista Yolanda.</i>	<b>91-92</b>
<b>Aprovechamiento sostenible del bagazo de Agave angustifolia Haw para la obtención de fitosteroles</b> <i>García-Avila Edna, Avila-Reyes Sandra, Camacho-Díaz, Brenda, Arenas-Ocampo Martha, Campos-Mendiola Roberto.</i>	<b>93-94</b>
<b>Propagación in vitro de Tradescantia spathacea</b> <i>García-Fernández, Alexis, Pérez-González Mariana Zuleima, García-Martínez Ignacio, Jiménez-Arellanes María Adelina.</i>	<b>95-96</b>
<b>Análisis de la obtención de alginato de sodio a partir de la planta acuática Elodea densa, por el método convencional.</b> <i>Muñoz-Gambino Laura, López-Zamora Leticia, Águila-Rodríguez Gerardo, Cerecero-Enríquez Rosalía, Ortiz-Celiseo Araceli.</i>	<b>97-98</b>
<b>Elaboración de biopelículas a base de coyol (Acrocomia aculeata) y Poli (ácido láctico) PLA, para obtener bioplásticos biodegradables</b> <i>Peña-Juárez Mariana, López-Zamora Leticia, Pérez-Ávila Raúl, Ortiz-Celiseo, Araceli.</i>	<b>99-100</b>
<b>Estudio teórico de la adsorción de curcumina sobre nitruro de carbono grafitico como sistema transportador para aplicaciones biomédicas</b> <i>Sánchez-Vázquez, Mario, Ibarra-Rodríguez Marisol, Hernández-Romero Delia, Colorado-Peralta Raúl, Rosete-Luna Sharon.</i>	<b>101-102</b>
<b>SISTEMAS COMPUTACIONALES</b>	
<b>Proveedores de huellas de edificios: Cobertura, tecnologías y su importancia en la planificación urbana.</b> <i>Estévez Dorantes Thelma Leonor, Panzi Utrera Manuel, Vázquez Trujillo Cesar Roberto, Hernández Acevedo Gustavo, Colohua Castillo Cutberto.</i>	<b>104-105</b>
<b>Modelado de velocidades vehiculares en función de la congestión de tráfico utilizando la Función Logística</b> <i>De la Cruz-Nicolás Ernesto, Estrada-Esquivel Hugo, Martínez-Rebollar Alicia, Pliego-Martínez Odette, Eddie Clemente.</i>	<b>106-107</b>
<b>Identificación de Patrones en la selección de variables mediante el Análisis Factorial: Marginación en localidades</b> <i>Pliego-Martínez Odette, Martínez-Rebollar Alicia, Estrada-Esquivel Hugo, De la Cruz-Nicolás, Ernesto.</i>	<b>108-109</b>
<b>Índices de Reprobación y Deserción: Indicadores Clave para la Mejora Educativa</b> <i>Angeles-Hernández, Leonor, Acosta-Miranda, Mónica Leticia, Pérez-Machorro Julio, Bárcenas-Martínez, Venancio.</i>	<b>110-111</b>



## ÍNDICE

### INGENIERÍA INDUSTRIAL

<b>Optimización de costos, tiempos e infraestructura en empresa manufacturera de trenes</b> <i>Hernández-Domínguez Carmin, Flores-Ortega Ma. Isabel, Hernández-Meneses Karina Dafne, Guevara-Franco Alicia.</i>	<b>113-114</b>
<b>Evaluación de riesgos ergonómicos al levantar cargas en la industria manufacturera de la confección</b> <i>Rivera-Flores Jorge, Juárez-Ramiro Luis, Carrasco-Aráoz Alfredo.</i>	<b>115-116</b>
<b>Optimización de parámetros tribológicos del recubrimiento a-C:H sobre un acero 4140</b> <i>Solis-Romero José, Vargas-López Diana Yoselín, Álvarez-Noriega, Miriam, Roblero-Aguilar Sandra-Silvia, Rodríguez-Molina Alejandro.</i>	<b>117-118</b>
<b>Detección de áreas de oportunidad utilizando herramientas de ingeniería industrial en una empresa manufacturera</b> <i>Flores-Zuñiga Martín, Ortiz-Flores Fernando, Báez-Sentíes, Oscar.</i>	<b>119-120</b>
<b>Estudio de la producción de plantas ornamentales en Atlixco, Puebla</b> <i>Martínez Zacatenco Lorena, Olvera Torres Fabiola.</i>	<b>121-122</b>
<b>Sistema de secado de semillas de café basado en QFD y TRIZ: Análisis y Optimización</b> <i>Antonio-Benito Gaudencio, Díaz-Castillo Yoana.</i>	<b>123-124</b>
<b>Implementación de la metodología 5S en un almacén de productos.</b> <i>Rentería Flores Roberto Carlos, Hernández Lagunes Monica Lizzeth, Macgluf Issasi Arturo, Pérez Arellano Oscar.</i>	<b>125-126</b>
<b>Mecanismo de manipulación para forjas en el proceso de afilado y biselado</b> <i>Sánchez-Morales Pablo del Ángel, Ortiz-Flores Fernando, Arrijoja-Rodríguez Mario Leoncio.</i>	<b>127-128</b>
<b>Redistribución de planta utilizando SLP (Systematic Layout Planning) en empresa metalmeccánica</b> <i>Zavala-Giles Maria Cristina, Ortiz-Flores Fernando, Hernández-Mortera Jorge Luis.</i>	<b>129-130</b>
<b>Búsqueda de problemas y causa raíz en una empresa metalmeccánica aplicando Lean Construction.</b> <i>Tlaxcala-De La Cruz Luis, Ortiz-Flores Fernando, Gurruchaga-Rodríguez María Eloisa de la Asunción.</i>	<b>131-132</b>
<b>Implementación de un método de localización discreta para múltiples nuevas facilidades</b> <i>Calderón-Jiménez Antonio, Hernández-Sánchez Luis A., Méndez-Rivera Caín, Valdés-Álvarez Alejandra C., González-González Eric.</i>	<b>133-134</b>
<b>Implementación de la metodología DMAIC en el almacén de la empresa Cervezas Finas de Ciudad Serdán S.A de C.V</b> <i>Méndez-Rivera Caín, Valdés-Álvarez Alejandra C., Calderón-Jiménez, Antonio, Hernández-Sánchez Luis A., González-González Eric.</i>	<b>135-136</b>



## ÍNDICE

**Reducción de tiempos de preparación en maquinaria de Cajaplast S. A. con la metodología SMED** 137-138  
*Hernández-Sánchez Luis A., Calderón-Jiménez Antonio, Valdés-Álvarez, Alejandra C., Méndez-Rivera Caín, González-González Eric.*

**Implementación del ciclo de Deming en el área de producción de antígenos de una empresa de productora de vacunas** 139-140  
*Valdés-Álvarez Alejandra C., Calderón-Jiménez Antonio, Méndez-Rivera Caín, Hernández-Sánchez Luis A., González-González Eric.*

**Árboles de Decisión en la Evaluación de Alternativas en el Desarrollo de Nuevos Productos** 141-142  
*Martínez-Bruno Anastasia, García-Duran Javier Eusebio, Martínez-Montalvo Jazmín, Montiel-Rosales, Aarón.*

### INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

**Gráfico SIMO en área de producción de paneles fotovoltaicos** 144-145  
*García-Juárez José Alberto, Muñoz-Navarro Aldair Alberto, Rivera-Rosas Diana, Méndez-García, Víctor.*

**Manual de Atención al Cliente en la Asociación Pequeños Maestros "Autismo Valle Azul A. C." Orizaba, Veracruz** 146-147  
*Sánchez-Anastacio Isaac, Bravo-Beristain Joselyn, Rosas-Leyva Marco Antonio, Mejía-Ochoa Francisco Javier.*

**Aplicación de las metodologías QFD y AHP en el diseño de un prototipo basado en las necesidades del cliente** 148-149  
*Muñoz-Navarro Aldair Alberto, García-Juárez José Alberto, Rivera-Rosas Diana, Méndez-García Víctor.*

**Análisis del Tipo de Cambio Peso-Dólar: Comportamiento Caótico y Respuesta a Eventos Globales** 150-151  
*Alvarez-Tostado-Ceballos Hilda Esperanza, Lizola-Margolis Pedro Enrique, Morales-Castro Arturo, García-Mejía Juan Fernando.*

**Manos pequeñas, grandes tareas: el trabajo femenino infantil en la industria textil poblana** 152-153  
*Muñiz-Montero Isabel, Muñiz-Montero Carlos, Panecatí-Vernal Yesmin, Salas-de la Rosa Virma Leticia, Alvarado-Castillo Ma.Gabriela.*

**Diagnóstico de competitividad organizacional en Altas cervezas brewing co.** 154-155  
*Perez Chavez Aranzazu, García Macarty Raúl Alejandro, Cabrera Zepeda Gabriela, Romero Montoya Mauricio.*

**Optimización de la Gestión de Pagos de Agua mediante un Sistema Integral de Gestión Hídrica con IoT y Aplicación Web** 156-157  
*Robles-Calderón Guadalupe, Robles-Calderón Jacobo, Aguilar-Cortés Marco Antonio, Tejeda-Moreno Alejandro.*



## ÍNDICE

### INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

**Percepción de la Responsabilidad Social Universitaria en Estudiantes de Ingeniería y Ciencias Naturales de UNACAR** 159-160  
*Peraza-Pérez Limberth, López-Noriega Myrna Delfina, GarcíaÁlvarez Hugo, Zalthen-Hernández Lorena, Contreras-Avila Alonso.*

**Relevancia del estudio de la personalidad en estudiantes de EMS.** 161-162  
*Llaven-Gallegos Cesar Octavio, Zúñiga-Reyes Marco Antonio, Luque-González Manuel Miguel, Jiménez-Ovando, Jorge Luis, Díaz-Andrés Verónica.*

**Aprendizaje Basado en Problemas mediante el uso de ChatGPT en la asignatura de Informática y Programación** 163-164  
*Saavedra-Cruz Nubia, Cruz-Leal Miriam S., Rivas Moreno Frida K., Vidal-García Gabriela, Aguilar-García Eric.*

### INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**Análisis de chimenea solar modular para ventilación pasiva en edificios residenciales** 165-166  
*Torres-Aguilar Carlos Enrique, Aguilar-Castro Karla Maria, Macías-Melo Edgar-Vicente, Moreno-Bernal Pedro*

**Estudio de la inercia térmica del suelo para un intercambiador de calor tierra-aire** 168-169  
*Morales-Morales Belisario, Macías-Melo Edgar Vicente, Aguilar-Castro Karla María, Torres-Aguilar Carlos Enrique.*

**Trazador de curvas I-V usando dispositivos semiconductores como elementos de carga** 170-171  
*Zúñiga-Reyes Marco Antonio, Escobar-Sánchez Karina Lizbeth, Sánchez-Alegría Avisai, Cortez-Palacios Pedro Pablo, Méndez-López Cristhian Daniel.*

**Sistema de inspección de color utilizando cámara multiespectral para diagnóstico de calidad de frutos** 172-173  
*Juarez-Trujillo Ivan A., Zavala-De Paz Jonny Paul, Aguayo-Alquicira Jesus, De León-Aldaco Susana.*

### INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

**Análisis de Superficies Metálicas con Degradación Atmosférica Mediante el Algoritmo Fuzzy C-Means** 175-176  
*Roblero-Aguilar Sandra Silvia, Torres-Cervantes Celia Jeannette, Castellanos-Escamilla Víctor Augusto, Solís-Romero José, Rueda-Gutiérrez Allan Balan.*

**Alternativa de turbina para fluido de trabajo de bajo grado de calor** 177-178  
*Bedolla-Hernández Jorge, Bedolla-Hernández Marcos, Floras-Lara Vicente, Netzahual-Acoltzi Yesenia, Aguilar-Vázquez Jorge.*



## ÍNDICE

<b>Efecto del desorden y del tamaño en la longitud crítica de grietas de la fractura de un medio desordenado</b>	<b>179-181</b>
<i>Mora Santos Carlos A., Rodríguez-Márquez Miguel A., Zárate Sampedro Guillermo, Aguilar-Vázquez J., Cervantes Vázquez José.</i>	
<b>Relevancia del estudio de la personalidad en estudiantes de EMS.</b>	<b>161-162</b>
<i>Llaven-Gallegos Cesar Octavio, Zúñiga-Reyes Marco Antonio, Luque-González Manuel Miguel, Jiménez-Ovando Jorge Luis, Díaz-Andrés Verónica.</i>	
<b>Electrodeposición de recubrimientos metálicos nanoestructurados.</b>	<b>181-183</b>
<i>Bedolla-Hernández Marcos, Texcucano-Romano Genaro, Bedolla- Hernández Jorge, Mora-Santos Carlos Alberto.</i>	
<b>Impacto del tamaño de la zona de rotación en la metodología del marco de referencia múltiple</b>	<b>184-185</b>
<i>Israel Gonzalez-Neria, Alejandro Alonzo-García, Sergio A. Martínez-Delgadillo, J. Antonio Yañez-Varela, Jesús E. Lugo-Hinojosa.</i>	



## CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024

TecNM - Tecnológico Nacional de México  
ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba  
DEPI - División de Estudios de Posgrado

# Ingeniería Química





## **Estudio in vitro sobre el potencial inhibitorio de la agregación plaquetaria de los hidrolizados de *Amaranthus hybridus*.**

**Domínguez-Delfin, Dhorle G.<sup>2</sup>, Sánchez-Ocampo Paul M.<sup>2</sup>, Rodríguez-Miranda, Jesús<sup>1</sup>, Hernández-Santos, Betsabé<sup>1</sup>, Torruco-Uco, Juan G.<sup>1†</sup>**

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtepec Av. Dr, Víctor Bravo Ahúja, No. 561. Col. Predio El Paraíso. Tuxtepec, Oaxaca, México, C.P 68350

<sup>2</sup> Universidad del Papaloapan Circuito Central 200, Parque Industrial, Tuxtepec, Oaxaca, México, C.P 68301

† jtorruco79@outlook.com o juan.tu@tuxtepec.tecnm.mx  
Ingeniería Química

La trombosis es una activación no regulada de la coagulación de la sangre en un vaso no lesionado o con una lesión menor (Bustamante-Cabrera & Ticona-Segales, 2014), esta condición médica puede llevar a eventos severos tales como infarto de miocardio y accidentes cerebrovasculares (Moscobo-Gaibor, 2024). A pesar de que se tiene una amplia disponibilidad de tratamientos anticoagulantes, estos pueden presentar efectos secundarios sobre la salud y riesgos asociados por el consumo prolongado. Con base en ello, surge el interés hacia la búsqueda de alternativas más seguras y naturales, derivadas de una fuente vegetal como el quelite blanco (*Amaranthus hybridus*), el cual es un pseudocereal conocido por su alto contenido en proteínas, y porque ha mostrado tener efectos benéficos en diversas situaciones de salud en el ser humano. Por lo que, en la presente investigación se evaluó el potencial inhibitorio de la agregación plaquetaria de los hidrolizados proteicos obtenidos a partir de hidrólisis enzimática de las proteínas del *Amaranthus hybridus* empleando Pepsina® y Alcalasa® de manera individual.

Concentrado proteico de semillas de quelite blanco (SQB) de San Felipe Jalapa de Díaz, Oax. Los reactivos usados en esta investigación fueron de las marcas Sigma-Aldrich, T.J. Baker y Meyer.

La hidrólisis enzimática se realizó según lo establecido por (Vercruyssen *et al.*, 2005) con modificaciones menores, empleando las enzimas Pepsina® y Alcalasa® de forma individual, durante 5, 15, 30, 45, 60 y 90 min de



reacción para cada enzima. El porcentaje del grado de hidrólisis (%GH) se determinó por el método de ortoftaldehído (OPA, por sus siglas en inglés) según lo propuesto por (Nielsen et al., 2001). La agregación plaquetaria se determinó según los métodos reportados por (Marrufo-Estrada et al., 2013) y (Yu et al., 2016), con algunas modificaciones.

Los hidrolizados proteicos de SQB-Alcalasa® mostraron una inhibición máxima de la agregación plaquetaria del 40.98% a una concentración de 2.5 mg/mL del hidrolizado después de 60 minutos de reacción. Este nivel de inhibición sugiere que los péptidos resultantes de la hidrólisis pueden contener secuencias aminoacídicas con actividad antiplaquetaria, como el fragmento con motivos RGD (arginina-glicina-ácido aspártico). La arginina, por su capacidad para formar enlaces iónicos con el ácido aspártico en el complejo GPIIb/IIIa de las plaquetas, podría interferir en la interacción entre el fibrinógeno y el complejo GPIIb/IIIa, lo que explica la actividad observada. La concentración requerida para obtener el 50% de inhibición (IC50) fue con valores de 12.41 mg/mL a los 5 minutos, mientras que a los 45, 60 y 90 minutos los valores de IC50 fueron de 3.79, 3.85 y 3.88 mg/mL, respectivamente. Esto indica una alta eficacia a bajas concentraciones.

Los valores obtenidos en esta investigación son consistentes con estudios previos que han mostrado que péptidos con secuencias RGD pueden antagonizar la unión del fibrinógeno a GPIIb/IIIa, modulando así la formación de trombos. La capacidad de los hidrolizados de SQB-Alcalasa® para inhibir la agregación plaquetaria en concentraciones bajas podría ofrecer una ventaja significativa con respecto a los tratamientos antitrombóticos convencionales que suelen requerir dosis similares pero que tienen efectos secundarios adversos en la salud del paciente. Con base en los resultados obtenidos se podría emplear el uso de concentrado proteico de semillas de quelite blanco como sustrato para la hidrólisis y posterior obtención de péptidos con actividad inhibitoria de la agregación plaquetaria, que podrían ser utilizados en el diseño y desarrollo de nuevos medicamentos y alimentos funcionales que ayuden a tratar o prevenir enfermedades como la trombosis.



## **EVALUACIÓN DE LA FRACCIÓN LÍQUIDA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS COMO FUENTE DE CARBONO PARA DESNITRIFICACIÓN MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA**

**Vera-Romero Benny Arath de Jesús<sup>1</sup>, Méndez-Contreras Juan Manuel<sup>1</sup>,  
Vallejo-Cantú Norma Alejandra<sup>1</sup>, Alvarado-Lassman Alejandro<sup>1</sup>, Rosas-  
Mendoza Erik Samuel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Division de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9, 852. Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz C.P. 94320, México  
†bennyromero2@gmail.com

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) es un desafío creciente debido al desarrollo económico y al aumento de la población. En México, el manejo de los RSU se centra principalmente en la recolección y disposición en vertederos, lo cual implica un desperdicio significativo de materiales reutilizables que podrían ser reciclados para reducir la demanda de nuevos recursos. La digestión anaerobia (DA) es un proceso biológico en el que microorganismos de los dominios *Bacteria* y *Archaea* convierten parte de los materiales orgánicos en biogás, compuesto principalmente de metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este proceso depende significativamente de varios factores, como la carga orgánica aplicada (Cva), el sustrato empleado, el pH, la temperatura, la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) y la presencia de inhibidores. Aunado a esto, la desnitrificación, que convierte compuestos de nitrógeno como nitratos en nitrógeno gaseoso, es otro proceso clave que utiliza carbono orgánico como donador de electrones y es afectado por la relación C/N. Recientes estudios han investigado diversas fuentes de carbono para la DA, incluyendo frutas descompuestas, residuos de cáscara de plátano, granos de cerveza, lodos residuales municipales y aceite de palma, mostrando altos niveles de remoción de nitrógeno y de demanda química de oxígeno (DQO), así como un aumento en la producción de biogás. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la fracción líquida de residuos sólidos orgánicos de frutas y verduras como fuente de carbono para la desnitrificación en el proceso de digestión anaerobia utilizando un reactor anaerobio híbrido.



La metodología del estudio incluyó la recolección y pretratamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO) del Mercado Zapata en Orizaba, Veracruz, compuestos principalmente de frutas y vegetales. Los RSO fueron pretratados mediante reducción de tamaño y trituración, obteniendo una fracción líquida estandarizada con una Cva de 5 gDQO/L\*d antes de ser introducida en un reactor anaerobio híbrido (RAH). El RAH, con un volumen útil de 2.55 L, constaba de un lecho fijo (LF) en la parte superior y un lecho fluidizado inverso (LFI) en la inferior. Se monitorearon parámetros como pH, alcalinidad, DQO total y soluble, sólidos totales y volátiles, así como producción de biogás. Los análisis se realizaron utilizando métodos, potenciométricos para pH y alcalinidad, colorimétricos para DQO total y soluble, gravimétricos para sólidos totales y volátiles y un sistema de desplazamiento gas-líquido para la producción de biogás.

Durante los 95 días de operación, el pH del RAH se mantuvo relativamente estable entre 7 y 7.18, valores ideales para la metanogénesis. La alcalinidad muestra variaciones, con un valor máximo de 0.28 en el día 70 y un mínimo de 0.08 en el día 50, estos resultados sugieren que el sistema tiene un buen equilibrio entre producción y neutralización de ácidos. Los parámetros de remoción de DQO total y soluble mostraron una tendencia similar con resultados iniciales de 44 a 60% de remoción, mejorando notablemente después de 60 días, alcanzando valores cercanos al 90%, lo que se correspondió con una producción de biogás estabilizada en 5.5 L/día a temperatura y presión estándar (TPS). Aunque la remoción de sólidos totales y volátiles mostró variaciones, con picos de hasta 78%, la estabilidad del pH, la remoción de DQO y la alcalinidad fueron factores clave para mantener la eficiencia del proceso y una producción constante de biogás. Se observó, que el sustrato a base de residuos de frutas y verduras es una fuente de carbono viable para la desnitrificación anaerobia, con posibilidades de mejora en futuras investigaciones al aumentar la Cva y evaluar de la remoción combinada de carbono y nitrógeno.



## **Evaluación de la eficiencia de un Fertilizante Orgánico Líquido (FOL) mediante su aplicación en un cultivo de interés regional (*Cucurbita pepo*)**

**Alvarado-Vallejo, Andrea<sup>1</sup>, Rosas Mendoza, Erik Samuel<sup>1</sup>, Landeta-Escamilla, Ofelia<sup>1</sup>, Vallejo-Cantú, Norma Alejandra<sup>1</sup>, Alvarado-Lassman, Alejandro<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba  
Av. Oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata  
Orizaba, Veracruz, México, 94320  
\*lassman@prodigy.net.mx  
Ingeniería Química

La fertilización de suelos con fertilizantes inorgánicos (FI) ha mostrado aumentar la producción, sin embargo, su uso intensivo provoca daños al medio ambiente y a la salud humana. La aplicación continua de FI genera emisiones de gases de efecto invernadero, la eutrofización de las aguas superficiales, disminuye la fertilidad del suelo, y produce alimentos menos sanos para los consumidores.

Como alternativa, la aplicación de fertilizantes orgánicos podría mejorar la fertilidad del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos, así como, reducir la intensidad de plagas y enfermedades. La investigación acerca del uso de digestatos como fertilizantes aún se encuentra en desarrollo, al ser un subproducto la mayoría de los nutrientes ya han sido degradados y no alcanzan a cubrir los requerimientos esenciales de las plantas.

En la presente investigación se desarrolló un Fertilizante Orgánico Líquido (FOL) mediante la hidrólisis anaerobia de la fracción líquida de frutas y verduras en un reactor a escala laboratorio. La eficiencia del FOL obtenido se probó comparando su rendimiento con la fertilización inorgánica tradicional en una especie vegetal con relevancia en la región de las Altas Montañas de Veracruz. En este trabajo se presentan los resultados de la eficiencia del FOL aplicado en flor de calabaza (*Cucurbita pepo*).

Se plantaron de manera aleatoria 72 semillas de flor de calabaza en el Instituto Tecnológico de Orizaba, con el apoyo de agricultores del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Se plantaron 2 semillas por surco y se dividió la parcela en 3 partes iguales (24 plantas por sección).

Para la comprobación de la eficiencia del FOL, se realizó un Diseño de Experimento (DOE) por bloques aleatorizados, con 3 tratamientos: T1)



Control (C, sin fertilizante); T2) Fertilizante Orgánico Líquido (FOL, este estudio); y T3) Fertilizante inorgánico (FI).

Los tratamientos 2 y 3 se aplicaron a la sección correspondiente, según los requerimientos de nitrógeno por planta de flor de calabaza. Después del crecimiento de las dos hojas verdaderas, se aplicó 105 mg N (T2: 17.8 mL FOL; T3: 2.88 g Urea y 4.3 g fosfato diamónico) durante 25 días y 66 mg N (T2: 11.2 mL FOL; T3: 2.88 g Urea) durante los 20 días posteriores.

Se monitorearon las variables de respuesta de crecimiento y rendimiento del cultivo por planta para los 3 tratamientos: 1. longitud de tallo (cm); 2. diámetro de tallo (mm); 3. longitud de hoja (cm); 4. ancho de hoja (cm); 5. rendimiento de cultivo (no. de flores).

Los resultados se evaluaron estadísticamente mediante análisis de varianzas (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) cuando se rechaza la  $H_0$ .

Se realizó el planteamiento de las hipótesis.  $H_0$ : Los promedios verdaderos de la variable de respuesta son iguales al aplicar 3 tipos de fertilización.  $H_a$ : Al menos uno de los promedios verdaderos de la variable de respuesta es diferente.

Todas las variables de respuesta estudiadas cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Según las pruebas de ANOVA realizadas, el tratamiento utilizado (C, FOL, FI), no influye estadísticamente en el diámetro de tallo y la longitud de hoja. Sin embargo, el tipo de fertilización utilizada tiene un efecto estadísticamente significativo en la longitud de tallo, el ancho de hoja y el número de flores producidas.

Según la prueba LSD, el FOL y el FI mostraron una longitud de tallo y número de flores producidas estadísticamente mayores que el C, y el solo el FI tiene un ancho de hoja estadísticamente mayor al C.

Ninguna variable de respuesta mostró diferencias significativas con la aplicación del FOL y el FI, por lo cual el FOL ha probado ser una alternativa de fertilización adecuada para su aplicación en el cultivo de flor de calabaza (*Cucurbita pepo*).



## **Estudio de la eficiencia de inhibidores de origen biológico procedentes del aguacate**

**Pérez-Ramírez, Francisco<sup>1,2</sup>, Trujillo-Sánchez, Rosalía<sup>2</sup>, Delgadillo-Torres, María de la Luz<sup>1</sup>, Castellanos-Escamilla, Víctor<sup>2</sup>, Bárcenas-Castañeda, Mariana<sup>1\*†</sup>**

<sup>1</sup>TecNM / Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.  
Av. Tecnológico S/N, Valle de Anahuac, 55210 Ecatepec de Morelos, Méx.

<sup>2</sup> TecNM / Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.  
Av. Instituto Tecnológico S/N, La Comunidad, 54070 Tlalnepantla, Méx.

\*†mbarcenas@tese.edu.mx  
Ingeniería Química

A lo largo del tiempo, los cambios ambientales han contribuido al deterioro de materiales metálicos, siendo la corrosión una de las principales causas de la degradación de sus propiedades. De acuerdo con la Asociación para la Protección y Rendimiento de los Materiales (AMPP por sus siglas en inglés) el fenómeno de la corrosión provoca anualmente pérdidas millonarias. Por lo tanto, se han desarrollado técnicas y productos para controlar la corrosión, destacando para algunas aplicaciones el uso de productos denominados inhibidores de corrosión. Los inhibidores de corrosión son moléculas, químicas diseñadas para adsorberse sobre la superficie metálica y generar una barrera que mitiga el efecto del medio. Muchas de las moléculas inhibitoras suelen ser tóxicas, por lo que en la última década se ha intensificado el estudio de moléculas de origen biológico que hacen la función inhibitoria de manera natural, y son amigables con el medio ambiente. Estudios recientes reportan que los inhibidores naturales tienen un alto potencial, radicando su eficiencia en su capacidad para adsorberse sobre la superficie metálica. En particular las moléculas polifenólicas logran localizar las zonas de mayor energía, incrementando su reactividad en los aceros y forman capas protectoras (Cordova y La Rosa, 2023). Otro factor determinante de la eficiencia de un inhibidor son las interacciones del tipo molécula-superficie e inhibidor-medio (Khaled, 2008). Estudiar la eficiencia de los inhibidores de corrosión es esencial en un contexto en el que el cambio climático, el calentamiento global y el deterioro de la calidad de vida son cada vez más evidentes. Aunque este tema ha sido objeto de investigación durante varios años, aún existe poca información sobre los mecanismos de inhibición de la corrosión en superficies ferrosas expuestas a electrolitos ácidos utilizando de moléculas de origen biológico, lo que justifica el presente estudio.



Se realizó un estudio computacional sobre la eficiencia de dos inhibidores de origen biológico: ácido gálico y ácido elágico (compuestos fenólicos provenientes del aguacate) utilizando la técnica de dinámica molecular mediante el programa GROMACS a temperatura ambiente (25°C).

Las moléculas de los inhibidores se construyeron utilizando el programa AVOGADRO y se llevó a la estructura más estable mediante un proceso de minimización de energía. La estructura metálica se construyó con el programa VESTA, de la cual se obtuvo una celda unitaria que fue replicada para conformar el tamaño deseado de la superficie. Las topologías de los sistemas de estudio se generaron con ayuda de las plataformas Atb y CHARMM-GUI. Se utilizó para la simulación una caja cubica de dimensiones 7.89, condiciones de frontera en las tres direcciones, un ensamble NVT (número de moles, volumen y temperatura constante) con un termostato de Berendsen. Se construyó el sistema de estudio conformado por *inhibidor + superficie metálica + solvente*, y se llevó a un proceso de minimización de energía, después al equilibrio y finalmente se desarrollaron cálculos para un tiempo de 10 ns.

Las simulaciones se iniciaron colocando una superficie de hierro de 30 Å en una caja a vacío con un campo de fuerza CHARMM. Se construyó un sistema con una concentración de inhibidor de  $\approx 0.034 \frac{mol}{L}$  y un campo de fuerza Gromos54A7 para ambos casos de estudio. Se calculó la energía cinética, potencial y total del sistema, además de la función de distribución radial y el desplazamiento cuadrático medio, como medida de la adsorción de los inhibidores sobre la superficie metálica. Para el ácido gálico se encontró que el 60% de las moléculas inhibitoras fueron adsorbidas, con una energía cinética y potencial de  $\approx 1.225 \times 10^5 kJ/mol$  y  $\approx 1.336 \times 10^6 kJ/mol$  respectivamente. La función de distribución radial muestra que los inhibidores se distribuyen a lo largo de la superficie metálica, demostrando una eficiencia media. Resultados similares se encontraron para el ácido elágico para la energía cinética y potencial, sin embargo, la función de distribución radial y el desplazamiento mostraron que los inhibidores tienden a aglomerarse, lo cual disminuye notablemente su eficiencia.



## **Hidrolizado proteico de hoja de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) como estabilizador de nanoemulsiones O/W**

**Calderón-Chiu, Carolina<sup>1</sup>, Calderón-Santoyo, Montserrat<sup>1</sup>, Damasceno-Gomes, Simone<sup>2</sup>, Ragazzo-Sánchez, Juan Arturo<sup>1†</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic

Av. Tecnológico #2595, Col. Lagos del Country, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63175

<sup>2</sup>Center of Exact and Technological Sciences, Western Parana State University  
R. Universitária # 1619, Universitário, Cascavel PR, Brasil, 85819-110.

\*Correio electrónico autor de correspondencia: [jragazzo@tepic.tecnm.mx](mailto:jragazzo@tepic.tecnm.mx)  
Área de conocimiento: Ingeniería Química

La interfaz O/W (aceite en agua) de nanoemulsiones es frecuentemente estabilizada por proteínas de origen animal. Sin embargo, la exploración de hidrolizados proteicos vegetales como emulsionantes ha sido de gran interés actualmente. Hallazgos recientes han demostrado que el hidrolizado proteico de hoja de jaca presenta buenas propiedades emulsionantes. Sin embargo, se requiere de condiciones adecuadas para obtener una nanoemulsión óptima (NE-Opt). Por ello, se optimizó una NE-Opt estabilizada con el hidrolizado proteico de hoja (HPH) y procesada por ultrasonido.

El HPH fue obtenido de la hidrólisis del concentrado proteico de hoja de jaca con pancreatina por 180 min (HPH). La NE-Opt se obtuvo aplicando un diseño Box-Behnken (DBB) con 15 tratamientos. Las variables independientes fueron la concentración de HPH (0.5-2%,  $X_1$ ), concentración de aceite de oliva (2.5-7.5%,  $X_2$ ) y tiempo de ultrasonido (5-15 min,  $X_3$ ) a 24 kHz. El índice de polidispersidad (PDI,  $Y_1$ ), diámetro medio en superficie ( $D_{[3,2]}$ ,  $Y_2$ ), y en volumen ( $D_{[4,3]}$ ,  $Y_3$ ) constituyeron las variables dependientes, las cuales fueron determinados en un Mastersizer 3000, Hydro EV. Las emulsiones se prepararon mezclando la fase acuosa (HPH disuelto en agua destilada) con la fase oleosa (aceite de oliva que contenía un extracto triterpénico) en condiciones de agitación a 10 000 rpm (IKA T10 basic ultra turrax) durante 5 min. Esta pre-emulsión fue procesada con sonda ultrasónica Digital Sonifier® Unit (S-150D, Branson Ultrasonics) a 24 kHz a tiempos del DBB. Las condiciones de la NE-Opt se obtuvieron utilizando la función de deseabilidad, empleando la metodología de superficie de respuesta. Consecuentemente, se determinó la eficiencia de encapsulación (EE%) y de carga (EC%) del extracto en la NE-Opt, así como



la estabilidad a diferentes condiciones: pH (2.0-10.0), fuerza iónica (100-500 mM), temperatura (30-90 °C) y almacenamiento a 4 y 25 °C (0-30 días); para ello se utilizó el IEE (índice de estabilidad de la emulsión, min) como indicador de estabilidad. La caracterización térmica de la NE-Opt se realizó por calorimetría diferencial de barrido (DSC 250, TA Instruments).

La NE-Opt con el PDI,  $D_{[3,2]}$  y  $D_{[4,3]}$  más bajos se obtuvo empleando 1.25% de HPH, 2.5% de aceite y 15 min de ultrasonido. Los valores predichos para estos parámetros fueron 0.86, 350 nm y 370 nm, respectivamente. Los resultados experimentales obtenidos con las condiciones optimizadas para el PDI ( $0.85 \pm 0.02$ ),  $D_{[3,2]}$  ( $330 \pm 0.03$  nm) y  $D_{[4,3]}$  ( $360 \pm 0.03$  nm) fueron similares a los predichos. La NE-Opt mostró una distribución de tamaño monomodal, indicativo de una emulsión homogénea y estable. La EE% y EC% de la NE-Opt fue de  $40.15 \pm 1.46$  y  $18.03 \pm 2.78$  % respectivamente.

En cuanto a la estabilidad, el IEE de la NE-Opt almacenada a 25 °C disminuyó significativamente ( $P < 0.05$ ) durante los días 1, 7 y 15. Sin embargo, la extensión del periodo de almacenamiento a 30 días no mostró un cambio significativo en el IEE. Durante el almacenamiento a 4 °C, no hubo diferencias significativas en el IEE en los días 1, 7 y 15. Sin embargo, después de 30 días se observó la disminución de la estabilidad, debido a un fenómeno conocido como coalescencia parcial, en el cual la fase oleosa cristaliza parcialmente. Por otro lado, la NE-Opt fue estable de pH 4.0 a 10.0, mientras que aumentar la temperatura, de 30 °C ( $87.67 \pm 10.64$ ) a 90 °C ( $49.71 \pm 3.18$  min) se redujo el IEE. No obstante, la NE-Opt mostró el aumento significativo en la estabilidad con el incremento de la concentración de NaCl, de 0 mM (IEE:  $108.15 \pm 12.1$  min) hasta 300 mM (IEE:  $176.05 \pm 7.41$  min). Finalmente, el análisis por DSC, evidenció que la NE-Opt con extracto mostró mayor entalpía (1713.4 J/g) que la NE-Opt sin extracto (1663.5 J/g), lo que confirmaría la interacción entre el extracto con los componentes de la emulsión y mejor estabilidad térmica.

Los resultados mostraron que se obtuvo una NE-Opt con distribución de tamaño de partícula monomodal, de tamaño nanométrico y bajo PDI. La EE%, EC% y la estabilidad del NE-Opt en el almacenamiento, pH, temperatura y fuerza iónica fueron buenas. Por lo tanto, HPH se propone como un novedoso emulsionante a base de proteína vegetal obtenido de subproductos agroindustriales del cultivo de la jaca.



## **Uso potencial del hidrolizado proteico de yaca y maltodextrina en procesos de microencapsulación**

**Calderón-Chiu, Carolina<sup>1</sup>, Calderón-Santoyo, Montserrat<sup>1</sup>, Ragazzo-Sánchez, Juan Arturo<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic  
Av. Tecnológico #2595, Col. Lagos del Country, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63175  
<sup>\*</sup>Correo electrónico autor de correspondencia: [jragazzo@tepic.tecnm.mx](mailto:jragazzo@tepic.tecnm.mx)  
Área de conocimiento: Ingeniería Química

En años recientes, el hidrolizado proteico de hoja de yaca (HPH) ha sido considerado un emulsionante alternativo a proteínas de origen animal, las cuales convencionalmente se utilizan en la estabilización de emulsiones O/W. De hecho, se han obtenido emulsiones estabilizadas con HPH con relativa estabilidad. A menudo, para mejorar la estabilidad, almacenamiento, procesamiento, manipulación y reducir la susceptibilidad al deterioro microbiano, las emulsiones se procesan mediante secado por aspersión. En estos casos, la combinación de materiales de pared como proteínas y maltodextrina (MD) permiten la obtención micropartículas con buenas propiedades físicas. Sin embargo, el HPH no ha sido utilizado en procesos de microencapsulación. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue explorar el potencial del HPH y MD como materiales encapsulantes para para obtener micropartículas estables por secado por aspersión.

Se preparó una emulsión a base de aceite de oliva-HPH-MD (K), una emulsión que contenía extracto triterpénico-acete de oliva-LPH-MD (E), para simular la microencapsulación de un compuesto lipofílico y un blanco que contenía aceite de oliva-MD (B) para evidenciar el efecto del HPH. Se determinó la distribución del tamaño de gota (Mastersizer 3000, Hydro EV) y la viscosidad (Discovery HR-1, TA-Instruments) de los tratamientos. Posteriormente, los tratamientos fueron secados por aspersión en un Mini Spray Dryer B-290 (Büchi Labortechnik AG) con la temperatura del aire de entrada a  $160 \pm 2$  °C (salida de  $88 \pm 2$  °C) y un flujo de alimentación de 6 mL/min. Se evaluó la recuperación del polvo (%), morfología (MINI-203 SEM SNE-3200M), tamaño de partícula (Mastersizer 3000, Aero S), caracterización fisicoquímica y térmica por calorimetría diferencial de barrido (DSC 250, TA Instruments). Se calculó la eficiencia de encapsulación y carga, así como la liberación del extracto *in vitro* en el polvo E.



Las emulsiones a base de MD-LPH (K y E) mostraron tamaños de gota más bajos (0.44-0.92  $\mu\text{m}$ ) respecto al blanco (7.41  $\mu\text{m}$ ) y viscosidades (1.77-4.53 mPa\*s) adecuadas para el secado por aspersion. Después del secado por aspersion, las emulsiones a base de MD-LPH mostraron mejor rendimiento de polvo (70.67-72.21%) que el blanco (41.83%). Dichos polvos, mostraron micropartículas con depresiones y concavidades irregulares, pero sin grietas ni poros aparentes en su superficie. Estas características son excelentes para conservar un compuesto lipofílico, ya que se restringe la entrada de oxígeno. Los tamaños de partícula de los polvos K y E oscilaron entre 7.54 y 8.15  $\mu\text{m}$ , los cuales fueron menores que el blanco (26.7  $\mu\text{m}$ ), lo que pone en evidencia el efecto del HPH en la formulación. Asimismo, los polvos con LPH-MD (K y E) exhibieron bajo contenido de humedad (3.76-4.85%) y  $a_w$  (0.17-0.19), con alta solubilidad (89%), lo cual es esencial para desarrollar formulaciones alimentarias o farmacéuticas. Además, mostraron buena estabilidad térmica (140.7-147.2 °C) en comparación con el blanco.

La eficiencia de carga y encapsulación del extracto triterpénico fue de 70.58 y 29.42%, respectivamente. El estudio de liberación *in vitro* mostró que LPH-MD podría aumentar la biodisponibilidad de compuestos con baja solubilidad en agua como el extracto triterpénico. Esto al proporcionar una liberación sostenida y controlada en el intestino delgado.

Este estudio demostró el potencial de LPH-MD para microencapsular compuestos lipófilos, sugiriendo su uso como una alternativa proteica de origen vegetal para desarrollar productos funcionales en alta demanda por consumidores, con nuevos materiales emulsionantes disponibles para la industria. Sin embargo, se recomiendan temperaturas de secado menores de 160 °C en estudios adicionales para mejorar la morfología de las cápsulas.



## **Aislamiento y caracterización de cepas de *Pseudomonas aeruginosa* productoras de ramnolípidos y piocianina, a partir de suelo contaminado con hidrocarburos proveniente de la Reserva de la Biósfera Tehuacán - Cuicatlán**

**Huerta-Hernández, Rosa Gazmín<sup>1</sup>, Calderón-Chiu, Carolina<sup>2</sup>, Soberón-Chávez, Gloria<sup>3</sup>, Gutiérrez-Gómez Uriel<sup>\*†</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Farmacobiología, Universidad de la Cañada, Carretera Teotitlán - San Antonio Nanahuatipán Km 1.7 s/n., Paraje Titlacuatitla, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, 68540, México.

<sup>2</sup>Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic, Tepic, Nayarit, México.

<sup>3</sup>Departamento de Biología Molecular y Biotecnología. Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, México, 04510.

\*†uriel@unca.edu.mx

Área de conocimiento: Ingeniería Química

El uso humano cotidiano de combustibles fósiles y detergentes comerciales no biodegradables, ha provocado que éstos sean introducidos de manera masiva hacia ambientes, promoviendo su contaminación paulatina. Una de las alternativas ante estos fenómenos es el uso de microorganismos capaces de remover hidrocarburos del medio ambiente. Por otro lado, se ha comenzado a explorar a nivel comercial el uso de biosurfactantes biodegradables y reemplazar así a los detergentes sintéticos recalcitrantes. Las bacterias del género *Pseudomonas* poseen una diversidad metabólica con potencial aplicación biotecnológica para resolver estas problemáticas de biorremediación, a través de su producción de biosurfactantes glicolípidicos (mono- y di-ramnolípidos). Este estudio se enfoca en la obtención de bacterias del género *Pseudomonas* nativas de la población de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca (situada dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán - Cuicatlán). Este estudio constituye uno de los primeros trabajos de aislamiento y caracterización microbiológica con perspectiva de aplicación biotecnológica dentro de esta región geográfica de México. Se obtuvieron muestras de suelo de la estación distribuidora de combustible de la población de Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca (18.14709° N, 97.08205° W), ubicada dentro de la zona de Reserva de la Biósfera Tehuacán - Cuicatlán. A partir estas muestras, se realizó un aislamiento y cuenta viable por dilución de las poblaciones bacterianas cultivables en medio mínimo M9, utilizando glucosa (1%) y *n*-hexano (1%) como fuentes de carbono. La



identificación preliminar inicial de los aislados presuntivos de *Pseudomonas aeruginosa* fue basada en su morfología colonial característica y su producción de pigmento verde difusible (*i.e.*, piocianina) en el medio sólido de aislamiento. Para confirmar que los aislados correspondían a *P. aeruginosa*, fue realizada una prueba de producción de proteasas totales. En aquellos aislados confirmados fenotípicamente como *P. aeruginosa*, fue cuantificada su producción de piocianina ( $Abs_{695}/DO_{600}$ ) y elastasa ( $Abs_{495}/DO_{600}$ ), mientras que para los ramnolípidos se realizó una estimación semicuantitativa de la cantidad total producida mediante una cromatografía en capa fina (TLC), determinando también la proporción generada de mono- (mono-RL) y di-ramnolípidos (di-RL). La producción de estos metabolitos secundarios en los aislados identificados fue comparada con la cepa tipo *P. aeruginosa* PAO1. La cuenta viable en medio M9 mostró que, en la muestra de suelo, existen poblaciones bacterianas capaces de utilizar *n*-hexano como única fuente de carbono y energía, aunque representan a una proporción menor comparada contra el medio M9 con glucosa como única fuente de carbono y energía. De esta población de bacterias cultivables, se obtuvieron 4 aislados correspondientes a *P. aeruginosa*, denominados A11, B13, B14 y D15. Los aislados A11 y B13 mostraron una producción total de RL aproximadamente similar a la cepa PAO1. En cuanto a su proporción, la cepa A11 presentó una proporción de mono-RL de 48.58%, y un 51.42% de di-RL. Sin embargo, en el caso de la cepa B13 hubo mayor proporción de mono-RL (61.23%), comparada con la cepa PAO1 (43.36% de mono-RL). Además, el aislado B13 produjo una mayor cantidad de enzima elastasa ( $0.49 \pm 0.140$ ) comparada con la cepa PAO1 ( $0.35 \pm 0.015$ ). Finalmente, la cepa B14 mostró una producción global disminuida de piocianina ( $0.0097 \pm 0.40$ ), elastasa ( $0.21 \pm 0.140$ ) y ramnolípidos totales, comparada con la cepa tipo PAO1. La cepa A11 produjo niveles similares de piocianina ( $0.36 \pm 0.046$ ) comparados con la cepa PAO1 ( $0.41 \pm 0.043$ ). Los resultados indican que estas cepas aisladas de suelos contaminados pueden ser viables para la producción de metabolitos secundarios de interés biotecnológico.



## **Síntesis verde de nanopartículas de oro usando como agente reductor C-ficocianina de *Arthrospira maxima***

**García-Ventura, Ana Karen<sup>1</sup>, Hernández-Cázares, Aleida Selene<sup>2</sup>, Rojas-López, Marlon<sup>3</sup>, Amador-Espejo, Gustavo Genaro<sup>4</sup>, Rios-Corripio, María Antonieta<sup>5†</sup>.**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Carretera Federal Cuitláhuac-Veracruz, México, C.P. 94910. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C. P. 94946. <sup>3</sup>Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada IPN, México, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, México, C.P. 90700. <sup>4</sup>CONAHCYT-Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada IPN, México, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, México, C.P. 90700. <sup>5</sup>CONAHCYT-Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C. P. 94946.

\*trios.antonietta@colpos.mx  
Ingeniería Química

El uso de las nanopartículas de oro (AuNPs) ha aumentado en diversas áreas como la biotecnología y biomedicina debido a sus propiedades. La síntesis convencional de AuNPs genera residuos que contaminan el ambiente ya que se usan sustancias químicas. La síntesis verde busca reducir este impacto sustituyendo estos reactivos por compuestos biológicos presentes en extractos de hongos, algas, bacterias y plantas, estos compuestos generalmente presentan actividad antioxidante con capacidad de reducir iones metálicos. Espirulina (*Arthrospira maxima*) es una cianobacteria endémica del lago de Texcoco, México, utilizada como suplemento alimenticio por su riqueza nutrimental además contiene C-ficocianina un compuesto con actividad antioxidante. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar la síntesis química y verde de AuNPs utilizando como agente reductor citrato de sodio y C-ficocianina y comparar sus propiedades ópticas, morfológicas y estructurales.

Para la síntesis química (AuNPsQ) y verde (AuNPsV) se siguió el método de Turkevich. La biomasa seca de espirulina (*Arthrospira maxima*) se obtuvo del área experimental del Colegio de Postgraduados campus Córdoba, Veracruz, México. La C-ficocianina se obtuvo por el método de extracción en buffer de fosfatos con agitación. Ambas AuNPs fueron caracterizadas por UV-Visible, FTIR, SEM y potencial zeta.



El espectro UV-Visible de C-ficocianina presentó una banda máxima de absorción a 618 nm característica de este pigmento y otras bandas en la región de 200 a 300 nm que corresponden a la presencia de proteínas, el espectro UV-Visible de las AuNPsQ y AuNPsV presentó una banda a 521 nm y 530 nm que corresponde a la banda de absorción del plasmón superficial, lo que nos indica la formación de las AuNPs, además el espectro de AuNPsV presentó bandas entre 200 a 300 nm que corresponde a la presencia de proteínas que se encuentran en C-ficocianina, lo que corrobora su presencia en la superficie de AuNPsV.

El análisis FTIR identificó bandas asociadas a proteínas en C-ficocianina a  $1652\text{ cm}^{-1}$  (amida I),  $1544\text{ cm}^{-1}$  (amida II) y  $1019\text{ cm}^{-1}$ . El espectro FTIR de las AuNPsQ presentó bandas a  $1452$ ,  $1428$  y  $1541\text{ cm}^{-1}$  correspondientes a los grupos aromáticos y la banda  $1641\text{ cm}^{-1}$  pertenece al carbono doble enlace (C=C), el espectro de AuNPsV presentó similitud de bandas con respecto al FTIR de AuNPsQ, sin embargo, se presentan ligeros corrimientos de bandas lo que sugiere la interacción entre la sal precursora de oro y la C-ficocianina, lo que permite la reducción de los iones de oro y la formación de las AuNPsV, también se identificaron bandas asociadas a la presencia de proteínas en la superficie de las AuNPs por lo que nos indica que recubre la superficie de las AuNPsV. Las mediciones SEM mostraron para ambas AuNPs forma esférica y tamaño manométrico entre 9 y 15 nm sin agregaciones. Los valores de potencial zeta fueron de  $-25.13$  y  $-13.27\text{ mV}$  para AuNPsQ y AuNPsV respectivamente, lo que implica una estabilidad coloidal favorable para ambas síntesis ya que sugiere una fuerte repulsión entre partículas evitando agregación. La estabilidad de ambas AuNPs se debe al recubrimiento de la superficie por parte de los agentes reductores (citrato de sodio y C-ficocianina) que a su vez actúan como estabilizador de superficie. Las AuNPsV presentan similitud con las AuNPsQ respecto a las propiedades óptimas, morfológicas, estructural y de carga superficial. Por lo que se concluye que la C-ficocianina actúa como reductor y estabilizante recubriendo la superficie de las AuNPsV además de otorgarle propiedades antioxidantes lo que lo convierte en un agente funcional y sostenible en la obtención de nanomateriales.



## **NUEVAS SÍNTESIS DEL MOF HKUST-1 Y ESTUDIO PRELIMINAR**

**Valdez-Primo Jorge Hilson<sup>1</sup>, Rivera-Villanueva José María<sup>1</sup>, Colorado-  
Peralta Raúl<sup>1</sup>, Morales-Tapia Alfredo Alberto<sup>1</sup>, Peña-Rodríguez  
Rodolfo<sup>1,\* †</sup>.**

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz,  
México. Orizaba, Veracruz, México, 94340 \*†ropena@uv.mx

Área de conocimiento: Ingeniería Química

En el contexto del desarrollo químico en el siglo XXI, la transición de una economía lineal a una economía circular se ha vuelto una necesidad imperiosa. Diversas herramientas pueden ser empleadas para optimizar aplicaciones con un impacto social significativo. Entre estas herramientas, los catalizadores han avanzado considerablemente, enfocándose en mejorar su actividad y selectividad. Dentro de este marco, los polímeros de coordinación metalorgánicos (MOFs, por sus siglas en inglés) se destacan como una familia de materiales ampliamente estudiada por sus diversas aplicaciones, particularmente en catálisis. La ventaja competitiva de los MOFs radica en sus propiedades intrínsecas, como una elevada área superficial, estabilidad térmica y la capacidad de ajustar su tamaño y morfología, lo que los convierte en materiales versátiles y altamente eficientes para diversas aplicaciones industriales.

Este trabajo se centra en la síntesis del MOF HKUST-1 utilizando técnicas como la sonoquímica y el reflujo con agitación, mediante metodologías que no han sido reportadas previamente en la literatura. Además, se propone un mecanismo de reacción plausible para el uso del HKUST-1 como catalizador en la producción de biodiésel. Para la síntesis de estos materiales, se utilizó como precursor metálico el nitrato de cobre hexahidratado y como ligante el ácido trimésico. Los disolventes empleados fueron N,N-dimetilformamida, etanol y agua desionizada. En la síntesis sonoquímica, se evaluaron el 60% (H1\_sono) y 80% (H2\_sono) de la capacidad de potencia del equipo. Por otro lado, la síntesis por reflujo, que ha sido escasamente reportada en la literatura, se evaluó a las 5 h (H1\_reflujo) y a las 10 h (H2\_reflujo) de reacción, con el fin de una potencial optimización para un posible escalamiento industrial.

En cuanto a los rendimientos de reacción, H1\_sono presentó el 27% con una cristalinidad del 70% y un tamaño de cristalito de 19 nm, mientras que H2\_sono exhibió una cristalinidad del 75%, un rendimiento del 74% con



respecto al metal y 14 nm de tamaño de cristalito. De forma análoga, los rendimientos de reacción, cristalinidad y tamaño de cristalito para el HKUST-1 sintetizado mediante reflujo fueron calculados, en H1\_reflujo se obtuvo un 62% de rendimiento, una cristalinidad del 65% y 13 nm del tamaño de cristalito, mientras que para H2\_reflujo un rendimiento del 78%, una cristalinidad del 78% y un tamaño de cristalito de 15 nm.

Para la caracterización espectroscópica del HKUST-1, se realizó la difracción de rayos X de polvos (DRXP). En los difractogramas de las muestras etiquetadas como H1\_sono y H2\_sono, se observaron una coincidencia de gran medida con el simulado del monocristal, indicando que ambas muestras presentan la misma estructura cristalina del HKUST-1. Asimismo, los patrones de difracción obtenidos en H1\_reflujo y H2\_reflujo muestran una tendencia similar a las muestras con las muestras sintetizadas mediante la técnica sonoquímica, indicando que todas las metodologías evaluadas para la síntesis del MOF producen una fase pura de HKUST-1. Los picos más significativos en todos los difractogramas se encontraron en los ángulos de difracción de  $9^\circ$ ,  $11^\circ$  y  $13^\circ$ , correspondientes a los índices de Miller (0,2,2), (2,2,2) y (0,4,4) respectivamente.

Además, se empleó la caracterización electrónica mediante la espectroscopía UV-Vis en estado sólido para todas las muestras de HKUST-1. En donde se observaron tres bandas de absorción. La primera, ubicada en 277 nm, la cual se asigna a la transición  $\pi^* \leftarrow \pi$  de los electrones del anillo bencénico perteneciente al ligante. La segunda banda, a 374 nm, corresponde a la transición  $\pi^* \leftarrow n$  de los pares de electrones no enlazantes del oxígeno del trimesato.

Por último, se observó una banda amplia y de alta intensidad que abarca desde los 500 hasta los 800 nm, que se asocia con la transición d-d de los electrones del cobre, dado que esta última transición descrita es típicamente de baja intensidad, se sugiere que el material exhibe un carácter de transferencia de carga ligante-metal. La caracterización espectroscópica sustenta la conclusión de una síntesis exitosa del

HKUST-1 con una cristalinidad superior al 65%, en todas las metodologías evaluadas. Además, también se reporta que la metodología de síntesis afecta significativamente en el tamaño de los cristalitos, sin modificar sus propiedades electrónicas ni el arreglo cristalino.



## **Estudio Computacional de los Tiempos de Difusión Rotacional del 2-(2'-piridil) bencimidazol en Mezclas Binarias de Ciclohexano y Alcoholes Primarios**

**Morales-Tapia Alfredo Alberto<sup>1</sup>, Galicia-Beltrán César<sup>1</sup>, Colorado-Peralta Raúl<sup>1</sup>, Rivera-Villanueva José María<sup>1</sup>, Durán-Hernández Jesús<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México.  
Orizaba, Veracruz, México, 94340  
\*jesduran@uv.mx  
Ingeniería Química

Los bencimidazoles son compuestos que tienen diversas aplicaciones, principalmente biológicas. También, presentan propiedades fotofísicas las cuales se ven alteradas por la polaridad, viscosidad y por las interacciones no covalentes con el disolvente en el que se encuentran, ya que son sensibles al ambiente local que las rodea. Se sabe que el 2-(2'-piridil) bencimidazol (2-PBI) exhibe abatimiento de su fluorescencia a causa de una transferencia de protón intermolecular en el estado excitado cuando está en presencia de alcoholes primarios.

El estudio de estas interacciones es importante ya que el comportamiento hidrodinámico de esta molécula puede aportar información de sus mecanismos de acción cuando está en presencia de una enzima de interés biológico. En el presente trabajo estudiamos la contribución hidrodinámica de los tiempos de la difusión rotacional de la molécula 2-PBI en mezclas binarias de ciclohexano y alcoholes primarios (metanol, etanol, propanol y butanol) en función de la variación de su fracción molar. Se elaboraron dos casos de estudio, en el primero no se consideró la interacción con el alcohol primarios correspondiente. Mientras que, en la segunda si se tomó en cuenta.

Se determinaron los tiempos de difusión rotacional a través de la teoría hidrodinámica de Stokes-Einstein-Debye. Para ello, se realizaron cálculos de estructura electrónica a nivel de la Teoría de los Funcionales de la Densidad. Para el caso del 2-PBI libre se usó la base 6-311G (d, p). Mientras que, para el segundo caso se utilizó la base 6-311++G (d, p). En combinación con el funcional híbrido PBE0, junto con el modelo continuo polarizable, como modelo de solvatación. Todos los cálculos fueron realizados con la paquetería de software Gaussian09.



Los primeros resultados mostraron que cuando se toma en cuenta puramente el modelo de solvatación implícito los máximos de absorción para cada cálculo en los diferentes alcoholes primarios están en promedio 11.75 nm por debajo de los valores experimentales. Mientras que, para el caso en donde se toma en cuenta la interacción no covalente con una molécula de disolvente, las energías se ven mejoradas. En estos casos la energía está en promedio 0.6 nm por debajo de los valores experimentales. Tomando en cuenta el modelo de solvatación explícito se puede modelar mejor el comportamiento de local del 2-PBI en disolución.

Por otro lado, para los tiempos de difusión rotacional se estimaron bajo el modelo de solvatación implícito y explícito en función de la fracción molar de las mezclas binarias ciclohexano/alcohol primario. A continuación, se describen los intervalos para cada uno de estos alcoholes y entre paréntesis se encuentran los tiempos hidrodinámicos para el segundo caso, para MeOH: 10-6 ps (10.6-10.7 ps), EtOH: 10-12 ps (10-23 ps), PrOH: 10-21 ps (10-56 ps), y BuOH: 10-27 ps (10-103 ps). Se puede notar que los valores para los tiempos hidrodinámicos bajo el modelo de solvatación explícito son mayores con respecto al modelo implícito. Esto se debe a que el 2-PBI al estar unido a su correspondiente molécula de alcohol primario los volúmenes hidrodinámicos y el área superficial aumentan, lo que se ve reflejado en tiempos de rotación más largos. Además, de tomar en cuenta el aumento de la fricción rotacional a causa del incremento de la viscosidad del disolvente.

El estudio rotacional del 2-PBI bajo esquema de solvatación explícito permite conocer los volúmenes hidrodinámicos de la molécula en presencia de alcoholes primarios y con ello una mejor comprensión de las interacciones específicas que experimenta este bencimidazol en disolución. También el estudio de dicha molécula puede servir en aplicaciones como una sonda molecular para evaluar la viscosidad en microambientes.



## **Estudio Teórico de la Transferencia de Energía Resonante Electrónica en un Derivado Azoico Funcionalizado con Fluoresceína**

**Jacobo-Justo Perla<sup>1</sup>, Morales Tapia Alfredo Alberto<sup>1</sup>, Guzmán-Gómez  
Daniel<sup>1</sup>, Peña-Rodríguez Rodolfo<sup>1</sup>, Durán-Hernández Jesús<sup>1†</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Química, Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana,  
Orizaba, Veracruz, México.  
Orizaba, Veracruz, México, 94340.  
\*jesduran@uv.mx  
Ingeniería Química

Entre los fotointerruptores más conocidos están los azocompuestos, los cuales se pueden isomerizar tras su excitación directa con luz. Esta clase de materiales ha permitido su desarrollo en diversos campos que van desde la ciencia e ingeniería de materiales hasta su uso en medicina. Esto es posible debido a sus cambios geométricos. Se sabe que el azobenceno cambia de conformación de *trans* a *cis* cuando es excitado con radiación UV, lo que limita sus aplicaciones biológicas. Pues es deseable tener materiales con absorbancias en las regiones visible e infrarrojo cercano para evitar el daño en el tejido biológico, si se desea aplicar en medicina. La funcionalización del azobenceno con grupos “*push-pull*” permite un incremento en la conjugación electrónica. Como resultado los espectros de absorción experimentan corrimientos hacia el rojo, esto los hace ideales para aplicaciones médicas. La isomerización de los azoderivados también se puede efectuar a través del fenómeno de transferencia de energía resonante tipo Förster. Para ello es necesario diseñar una molécula del tipo donador-efector. En donde el donador es una antena molecular cuya función es absorber energía y después transferirla al efector por emparejamiento energético de sus estados excitados. La cual es mediada por el acoplamiento de sus momentos dipolares eléctricos de transición. Y, el efector es un fragmento molecular que experimenta una respuesta tras ser sensibilizado por el donador. Esta respuesta puede ser una ruptura de enlace, una reacción óxido-redox, emisión de luz o la isomerización. En este trabajo examinamos la transferencia de energía tipo Förster de un sistema bicromofórico. En donde el donador es una molécula de fluoresceína (**F**) y el efector es un derivado azoico de conjugación extendida (**C23**). El cual está constituido por un fragmento de arilideno de ácido barbitúrico (*pull*) y por su otro extremo de 1-naftol (*push*). La diada donador-efector está unida a través de un puente de diéter de etilo, que



interrumpe la resonancia entre ellos, sin afectar la energía, y simetría de los estados excitados de cada unidad cromofórica.

Para este estudio se optimizaron las geometrías del estado basal  $S_0$  de la fluoresceína (**F**) y del fragmento azoico (**C23**) de forma individual. Entonces, se utilizó el conjunto base 6-311+G(d,) junto con el funcional B3LYP. Después, se corrigieron las energías del estado  $S_0$  y se obtuvieron los primeros 10 estados excitados singuletes,  $S_n$  ( $n>0$ ) con la base aug-cc-pVTZ en combinación con el funcional PEB0. Por último, se calculó la geometría del estado de mínima energía de la molécula completa (**F-C23**) con el funcional B3LYP y la base SVP. En todos los cálculos se ocupó el modelo de solvatación implícito CPCM por sus siglas en inglés, “*conductor-like polarizable continuum model*” y como disolvente etanol. Todos los cálculos fueron realizados bajo la teoría de los funcionales de la densidad y con la paquetería de software ORCA 5.0.3.

De acuerdo con los cálculos realizados la energía del primer estado excitado singulete  $S_1$  del fragmento azoico (**C23**) es de 2.3 eV que equivale a 539.1 nm en el espectro de absorción UV-Vis. Esta energía es muy cercana al máximo de emisión del espectro de fluorescencia de la fluoresceína (**F**), cuyo valor es de 540 nm (2.29 eV). Estos resultados satisfacen el primer criterio para que suceda la transferencia de energía resonante. El segundo es el traslape espectral el cual es favorecido ya que existe un gran acoplamiento entre los espectros de fluorescencia y de absorción de la fluoresceína (**F**) y de derivado azoico (**C23**). Este valor fue determinado a partir de calcular el área bajo la curva en donde se cruzan ambos espectros. Esta integral arrojó un valor de  $7.4 \times 10^{-14} \text{ cm}^6 \text{ mmol}^{-1}$ . Otro parámetro empleado fue el factor de orientación relativa entre los vectores de momento dipolar del donador (**F**) y efector (**C23**),  $\kappa^2$ . Este factor se encuentra en un intervalo de 0-4, si es 0 no hay acoplamiento dipolar, mientras que, si es 4 se maximiza el acoplamiento. En nuestro caso, de acuerdo con los cálculos obtenidos la separación y los vectores fueron tomados a partir de los centros de masas de cada una de las especies. La separación entre el donador (**F**) y el efector (**C23**) es de 6.2 Å y  $\kappa^2 = 3.8$ , este último valor es cercanamente a 4, lo que significa que hay un excelente acoplamiento dipolar. Adicionalmente, la eficiencia y tasa de transferencia de energía fueron estimadas con la ecuación de Förster que está implementada en el software PhotochemCad 3.1. Por último, la eficiencia y tasa de transferencia de energía es de 99.99 % y  $2.8 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Esto significa, que el canal de transferencia de energía bloquea la relajación radiativa de la fluoresceína (**F**), transfiriendo casi en su totalidad la energía absorbida hacia el efector (**C23**).



## **Tamizaje fitoquímico y capacidad antioxidante de maíz (*Zea mays* L.) azul raza Bolita de Oaxaca, México**

**Juárez-Segovia, Karla G.<sup>1</sup>, Varapizuela-Sánchez, Carlos F.<sup>2\*</sup>, Pérez-Mendoza, Fernando<sup>2</sup>, García-Montalvo, Iván A.<sup>1</sup>, Sánchez-Medina, Marco A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica

Dirección de la institución de adscripción  
Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México, 68033

\*carlos.varapizuela@itoaxaca.edu.mx  
Ingeniería Química

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más cultivados alrededor del mundo y forma parte de la herencia cultural y biológica de varios países de América Latina. En México se han identificado 59 razas consideradas nativas, de las cuales 35 se han reportado en el estado de Oaxaca, encontrando una gran variedad con diferentes formas, tamaños y colores en sus granos, como morado, azul, negro y rojo, conocidos como maíces pigmentados. Estas variedades de maíz contienen compuestos fenólicos, los cuales poseen uno o más anillos aromáticos, con uno o más grupos hidroxilo, y pueden estar categorizados como flavonoides, estilbenos, ácidos fenólicos, cumarinas y taninos, a los cuales se les ha atribuido propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue realizar el tamizaje fitoquímico y evaluar la capacidad antioxidante de maíz azul de raza Bolita perteneciente a la comunidad de Trinidad Zaachila, Oaxaca.

La muestra de maíz fue recolectada en la comunidad de Trinidad Zaachila (16.9372.1 N, -96.7967.1 E) perteneciente a la región de los Valles Centrales del estado de Oaxaca, México, durante los meses de octubre-noviembre del 2023. Para el tamizaje fitoquímico, se pesaron 100 g de granos de maíz, se molieron y se tamizó a un tamaño de partícula de 0.5 mm. El extracto se obtuvo mezclando 1 g de harina con 20 ml de solvente acetona: agua (70:30 v/v), se llevó a un baño sonicador por 30 min., se agitó durante una hora y se centrifugó a 2500 g por 10 min. El sobrenadante se filtró con papel Whatman No. 4 y se almacenó en un frasco ámbar a -20°C hasta su análisis.



Se realizó la identificación cualitativa de cumarinas, saponinas, alcaloides, taninos y flavonoides por pruebas colorimétricas y se evaluó la capacidad antioxidante total y el poder reductor del hierro III, los cuales se determinaron a partir de una curva de calibración y se expresaron los resultados como mg equivalentes de ácido ascórbico por gramo de muestra (mg EAA/g) para ambas pruebas. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Las pruebas del tamizaje fitoquímico del extracto de maíz dieron positivo a la presencia de cumarinas, taninos y flavonoides, sin embargo, no se encontraron alcaloides y saponinas. Para el cálculo de la capacidad antioxidante total y poder reductor de hierro III, se obtuvo una  $R^2=0.9972$  y  $R^2= 0.9951$  respectivamente, dando como resultado  $1.09\pm 0.04$  mg EAA/g de muestra para la capacidad antioxidante total y  $2.59\pm 0.14$  mg EAA/g de muestra para el poder reductor de hierro III. Los resultados obtenidos en las pruebas colorimétricas coinciden con lo establecido por otros autores, ya que han reportado en variedades pigmentadas de maíz nativo la presencia de diferentes compuestos fenólicos, como flavonoides, taninos y antocianinas, sin embargo, la cantidad de estos compuestos puede variar por factores genéticos y por las condiciones de cultivo de la planta. Estos a su vez, contribuyen a la capacidad antioxidante de los extractos, los cuales pueden tener actividad reductora y de neutralizar radicales libres. Por lo anterior, en los dos ensayos realizados se obtuvieron resultados que resaltan el poder reductor del extracto de la variedad de maíz azul raza Bolita, colocando a esta variedad como una fuente rica en compuestos bioactivos, además de resaltar la importancia de conservar las razas nativas de maíz, las cuales contienen un patrimonio genético de gran relevancia.



## **Incorporación de *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Pseudomonas putida* en la germinación de *Acacia pennatula* (Schltdl.& Cham) Benth.**

**Martínez-Hernández María de Jesús<sup>1\*</sup>, Torres Pelayo Vianey del Rocio<sup>2</sup>, Alvarado-Castillo Gerardo<sup>1</sup>, Ramirez-Benítes María del Carmen<sup>2</sup>, Falfan-Cortes Armando<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa, Universidad Veracruzana.

<sup>2</sup>Facultad de Biología, Universidad Veracruzana.

Universidad Veracruzana. Circuito Aguirre Beltran S/N, Zona Univerisataria, ,  
Xalapa Veracruz ,México, C. P. 9100

\*mhernandezmj@gmail.com

Área de conocimiento  
Ingeniería Química

El Huizache (*Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham) Benth, es una especie nativa del El Salvador, Colombia, Venezuela y México, para nuestro país se registra en el estado de Veracruz principalmente, ya que está reconocida como especie invasora en zonas transformadas para ganadería, como son en los municipios de Xalapa, Teocelo, Jilotepec, Emiliano Zapata, Xico, entre otras, es un árbol que tiene diversos usos agrícolas como son cercas vivas, madera para postes, otros usos importantes es que en algunos lugares utilizan la corteza para la indigestión, para carbón y también el uso que se le da para leña ya que no se tiene un control sobre esta especie la cual está siendo degradada por cambio de uso de suelo así como por explotación de sus recursos. Así también algunos productores dejan caer las vainas maduras en sus potreros para que el ganado se alimente de ellas, especialmente para las vacas de ordeña, considerando que el proceso que tienen estas en el estomago de las vacas les ayuda a germinar cuando son evacuadas; esto da como resultado la perdida en un gran porcentaje de la semilla de esta especie, de la cual no se encuentran sembradíos para su preservación, la implementación de plantaciones comerciales, o algún paquete tecnológico para frenar su explotación lo cual podría en un futuro con llevar a la extinción de la especie el objetivo de esta investigación fue: Evaluar la eficacia de tres cepas de rizobacterias como bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV),



en la germinación y desarrollo inicial de *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.

Se llevó a cabo la colecta de vainas que contenían las semillas de *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth, en la comunidad del Lencero municipio de Emiliano Zapata, Veracruz. Se trasladaron al laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa, donde se llevó a cabo la limpieza y el beneficiado de las mismas, obteniéndose en total 360 semillas las cuales fueron inoculadas con tres cepas de rizobacterias *Pseudomonas putida*, *Aeromonas sp.*, *Enterobacter sp.*, que fueron los tres tratamientos pregerminativos. Se llenaron tubetes con el sustrato arena con composta y peatmoss con agrolita, se sembraron un total de 120 semillas por cada tratamiento. Las variables a medir fueron porcentaje de germinación, la altura, diámetro, número de ramificaciones, peso fresco, longitud de raíz, volumen de raíz de las plantas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos que fueron las cepas de rizobacterias y un testigo con cuatro repeticiones, los datos fueron analizados con el paquete estadístico Statical Análisis Sistem (SAS).

Los resultados obtenidos muestran el porcentaje de germinación fue de 58.33% para *Pseudomonas putida* en sustrato arena con composta y 44.44% en peatmoss y agrolita, 41.66% en arena y composta para *Aeromonas sp.* y 50% en peatmoss y agrolita, 55.55% en arena con composta para *Enterobacter sp.* y 41.66% en peatmoss con agrolita, 69.44% para el testigo en arena con composta y 34.44% para peatmoss con agrolita, mostrando diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) con la bacteria *Enterobacter sp.* La actividad de *Aeromonas sp.* tuvo un efecto positivo en el volumen radicular de 4.5 ml y un diámetro de 2.5 cm y *Enterobacter sp.* con 14 ramificaciones, en lo que respecta al peso fresco fue 94.04% y la longitud de raíz fue de 13 cm, la *Pseudomonas putida* el volumen radicular de 5.0 ml y un diámetro de 3.2 cm, con 17 ramificaciones y un peso fresco de 97.09%, con una longitud de raíz de 14.5 cm, fue la que mejor resultados mostró, mientras que el testigo comparado con todas las cepas sus resultados fueron menores volumen radicular de 2.0 ml y un diámetro de 1.7 cm, con 10 ramificaciones y un peso fresco de 87%, con una longitud de raíz de 9 cm. Por lo tanto, de acuerdo con lo analizado se puede mencionar que la incorporación de las cepas de rizobacterias, aumentaron la germinación y el desarrollo de las variables morfométricas de las plantulas *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.



## **Aislamiento y caracterización de celulosa de pseudotallo de plátano pera (*Musa paradisiaca*) ABB**

**Trujillo-Acosta, Heidy Janeth<sup>1</sup>, Bolio-López, Gloria Ivette<sup>1\*</sup>, Hernández-Bolio, Gloria Ivonne<sup>2</sup>, Hernández-Villegas, Manuel Mateo<sup>1</sup>, Almenares-López, Damianys<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Universidad Popular de la Chontalpa Ra. Paso y Playa Km. 2.0 s/n Carretera Cárdenas – Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86529

<sup>2</sup>Departamento de Física Aplicada, Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales, CINVESTAV- Unidad Mérida, Carr. Ant. a Progreso, Km.6, Cordemex, Yucatán, México. C.P. 97310

<sup>1\*</sup>gloria.bolio@upch.mx  
Ingeniería Química

Los residuos agrícolas se han convertido en una preocupación a nivel mundial debido a sus efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Cada año se desechan billones de toneladas de residuos agroindustriales ricos en biomasa, pero la mayoría de ellos son tirados a vertederos o quemados (Hafeman et al., 2019). La mayor parte de la biomasa vegetal se denomina lignocelulósica y se refiere a los principales biopolímeros que son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. La celulosa, en particular, es el recurso renovable más abundante y disponible hoy en día, con una producción mundial que alcanza aproximadamente 181.5 mil millones de toneladas por año (Mujtaba et al., 2023). Por esta razón, es una fuente casi inagotable de materia prima para la creciente demanda de productos amigables con el medio ambiente. Por otra parte, Tabasco es el segundo productor a nivel nacional del cultivo de plátano (SIAP, 2023), del cual se aprovecha solo el 30% de su biomasa, y un 70% son residuos de la planta. Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue utilizar la biomasa residual (el pseudotallo) del plátano pera (*M. paradisiaca* ABB) para la obtención de celulosa. La materia prima y la celulosa obtenida fueron caracterizadas para conocer sus propiedades y evaluar su posterior uso en la generación de biopolímeros.

El recurso biológico utilizado fueron residuos pertenecientes al plátano (*M. paradisiaca* ABB) específicamente el pseudotallo, procedentes de las plantaciones de la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH), Tabasco, México, entre las coordenadas 17°57'35.1"N y 93°21'57.8"W. Primeramente, se colectó la especie para su identificación. Posteriormente se procedió a deshojar y lavar para eliminar impurezas, se cortaron en secciones de 5 cm aproximadamente y, posteriormente, se secaron al sol. La obtención de celulosa del pseudotallo de plátano se llevó a cabo mediante un



pretratamiento por el método Cazaurang et al. (1990) Para eliminar ceras, pectinas y resinas presentes en la fibra, tratando las muestras secas con una solución acuosa al 10% de NaOH. La obtención de la celulosa se realizó usando la técnica de pulpeo, que consta de cuatro pasos: una hidrólisis ácida suave con  $H_2SO_4$  al 0.4%, una cloración con NaClO al 3.5%, una extracción alcalina con NaOH al 20% y un blanqueo con una solución de NaClO al 0.5%, finalmente se realizó lavados hasta pH neutro. Posteriormente el material se desmenuzó y se colocó en una charola de aluminio durante 1 día a temperatura ambiente y posteriormente en una estufa durante 24 horas a 60°C. El rendimiento de celulosa se determinó usando la siguiente ecuación:  $\% \text{ de Rendimiento} = (\text{celulosa obtenida/material pretratado}) * 100$

Finalmente se realizó la caracterización fisicoquímica con las técnicas de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR); la Difracción de Rayos-X (XRD) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

El rendimiento obtenido fue de 70.9 %, comparado con el pseudotallo de bananos del 24.4 % obtenido por NaOH y 49.3 % obtenido por  $H_2O_2$  (Restrepo et al., 2021); mientras que Bolio et al. (2011) reporta un 66 % de pseudotallo y raquis de (*Musa cavendish*) con el mismo tratamiento de este estudio. Los difractogramas de FTIR de las muestras de pseudotallo antes de procesar, mostraron la presencia de grupos funcionales característicos del material lignocelulósico en la región  $3360 \text{ cm}^{-1}$  que corresponde a las vibraciones de los enlaces del grupo O-H de agua (Thuy, 2022) y en la banda  $2947 \text{ cm}^{-1}$  a los grupos C-H de metilenos en estiramientos asimétricos y simétricos correspondientes a celulosa y de anillos aromáticos de ligninas (Coates, 2000), el grupo carbonilo C=O se observa en una banda a  $1725 \text{ cm}^{-1}$  que denota existencia de (goma y pectinas) hemicelulosas y ligninas (Sánchez, 2019), mientras que, en el interferograma de la celulosa obtenida, ya no se observan las bandas características de las ligninas presentes en el pico a  $1725 \text{ cm}^{-1}$  (Bolio et al., 2018). Por otra parte, en base a los difractogramas (XRD), se determinaron los índices de cristalinidad (*I<sub>c</sub>*) de 42.2 % en la muestra sin procesar, y se observó un índice de cristalinidad mayor (*I<sub>c</sub>* de 64.4 %) en el difractograma de la celulosa obtenida, confirmándose la remoción de las zonas amorfas y la efectividad del proceso, observándose los picos de cristalinidad típicos de la celulosa (Presenda et al., 2020); El SEM mostró que el diámetro de la fibra de celulosa promedio fue de  $7 \pm 1 \mu\text{m}$ . Se concluye que la celulosa a partir de los pseudotallos de plátano pera puede tener potencial para la generación de biopolímeros, contribuyendo el uso de este residuo a la economía circular.



## **Incremento del contenido de Celulosa en Bagazo de caña a nivel Planta Piloto para la para la producción de biocombustibles**

**Monterd-Hernández, Carlos Iván<sup>1</sup>, Aguilar-Uscanga, María Guadalupe<sup>2</sup>, López-Zamora, Leticia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9, 852. Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz C.P. 94320, México

<sup>2</sup>Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, Veracruz, Ver. 91897, México

[M17010625@orizaba.tecnm.mx](mailto:M17010625@orizaba.tecnm.mx).

Área de conocimiento: Ingeniería Química

El uso intensivo de combustibles fósiles es uno de los principales factores detrás de la crisis energética global y el cambio climático, impulsando la necesidad de generar fuentes energéticas más sostenibles. En respuesta, los biocombustibles, han surgido como alternativas viables, el bioetanol producido a partir de biomasa lignocelulósica como el bagazo de caña de azúcar, se ha convertido en un enfoque prometedor gracias a su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La hidrólisis ácida, es un proceso crucial en la conversión de la biomasa, ya que permite descomponer los polímeros de celulosa y hemicelulosa en azúcares fermentables, los cuales pueden ser fermentados para generar bioetanol de segunda generación (2G). Este proceso no solo aprovecha residuos agrícolas, sino que también contribuye a la creación de una plataforma más ecológica para la producción de energía y otros productos de valor agregado. (Armas, *et al.*, 2019)

En el proceso de Hidrólisis Ácida de bagazo de caña de azúcar se aplicaron las condiciones óptimas de laboratorio (NL) (relación líquido-sólido (RLS) de 10:1 mL/g, una concentración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 3 % p/p y un tiempo de 15 min (Moran, 2018)). A nivel planta piloto (PP), se empleó un reactor con una capacidad de 1000 L, se realizaron dos corridas experimentales con las condiciones de operación del equipo indicadas en la Tabla 1. El bagazo crudo y el bagazo hidrolizado, se les realizó una caracterización lignocelulósica, siguiendo el protocolo del NREL (Sluiter, 2018).



Las condiciones de operación a nivel planta piloto se establecieron en el Lote 1 a 120°C y 1.2 atm, y en el Lote 2 a 116°C y 1 atm, ambas con agitación constante. A nivel laboratorio, se empleó una autoclave Felisa modelo FE339 a 121°C y 1.2 atm durante 15 minutos, sin agitación.

El bagazo crudo utilizado en el estudio presentó una composición de 40.9% de celulosa, 28.3% de hemicelulosa y 25.4% de lignina, valores similares a los reportados por Saraswathi *et al.* (2019). Tras el pretratamiento ácido, se observó un incremento significativo en el contenido de celulosa, alcanzando un 60.88% a NL y un 63.08% a PP, con una composición final entre 65.8-66.6%. En cuanto a la hemicelulosa, se registró una reducción del 51.59% a NL, obteniendo un 13.7% residual, mientras que en PP se logró una eliminación del 100% en el Lote 1 y del 90.8% en el Lote 2, demostrando la eficiencia del proceso.

La remoción completa de hemicelulosa en el pretratamiento con ácido sulfúrico de biomasa, como el bagazo de caña de azúcar, tiene un impacto considerable tanto en la estructura como en el color del material. Durante la hidrólisis ácida, la hemicelulosa es degradada en azúcares como la xilosa. Cuando se incrementa la concentración de ácido o se aumenta la severidad del proceso, se pueden eliminar casi completamente los componentes hemicelulósicos, lo que produce cambios estructurales significativos en la biomasa (Varilla *et al.*, 2022). Los cambios generados durante el proceso de pretratamiento incluyen la exposición de la celulosa y la lignina residual, lo que altera significativamente tanto el color como la textura del bagazo. A nivel laboratorio, el bagazo pretratado presentó un color café claro y conservó una textura fibrosa, similar al bagazo crudo. Sin embargo, a nivel planta piloto, el bagazo adquirió una apariencia más terrosa y de color marrón oscuro, probablemente como resultado de la degradación de los componentes estructurales, especialmente la hemicelulosa y parte de la lignina, lo que influye en su composición y características físicas. El color del bagazo pretratado suele tornarse más oscuro debido a la formación de compuestos secundarios como furfural y ácido acético, derivados de la descomposición de azúcares pentosos durante la hidrólisis de hemicelulosa. Estos compuestos también actúan como inhibidores en procesos posteriores de fermentación. Además, la pérdida de hemicelulosa puede afectar la integridad estructural del bagazo, volviéndolo más frágil y poroso, lo que facilita el acceso de enzimas en etapas posteriores de sacarificación (Yaverino-Gutierrez *et al.*, 2024).



## **Síntesis, caracterización y evaluación de BiFeO<sub>3</sub> y LaFeO<sub>3</sub> para la degradación fotocatalítica de azul de metileno y tetraciclina**

**Sánchez-Martínez Daniel<sup>1\*</sup>, Hernández-Uresti Diana B.2, Juárez-  
Ramírez Isaías<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil,  
Departamento de Ecomateriales y Energía, Cd. Universitaria, C.P. 66455, San  
Nicolás de los Garza, N.L., México.*

*<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencia Físico  
Matemáticas, Cd. Universitaria, C.P.*

*66455, San Nicolás de los Garza, N.L., México*

*Autor de correspondencia: dansanm@gmail.com*

*Área de conocimiento: Ingeniería Química*

Actualmente existe una problemática a nivel mundial por el abastecimiento de agua, debido a que la mayoría de los cuerpos de agua se encuentran sumamente contaminados y las plantas tratadoras no son suficientes para disminuir este problema. Un sector que aporta una gran cantidad de contaminantes debido a sus actividades, es el sector de la industria textilera y farmacéutica. Para ayudar a mitigar este tipo de problema de contaminación del agua se está recurriendo cada vez más al uso del proceso avanzado de oxidación de la fotocatalisis. Dentro de la gran gama de materiales semiconductores para su uso en el proceso de la fotocatalisis, los materiales con estructura tipo perovskita cuya fórmula general es  $ABO_3$  han demostrado buenas propiedades en diversos procesos fotocatalíticos.

En este sentido, los materiales basados en hierro ( $AFeO_3$ ) tales como:  $BiFeO_3$  y  $LaFeO_3$  denominados como ferratos, han atraído considerablemente la atención debido a sus bandas de energía capaces de absorber energía visible de tal manera que son pocos los estudios enfocados a estos tipos de materiales. Por tal motivo, en este trabajo se preparan estos materiales por reacción de estado sólido para evaluar su desempeño fotocatalítico en la degradación de azul de metileno (AM) y tetraciclina (TC) bajo irradiación de luz visible.

Se desarrollaron por medio de reacción de estado sólido  $BiFeO_3$  y  $LaFeO_3$ , los cuales fueron caracterizados por DRX en polvo para corroborar su formación y estructura, la caracterización de complemento mediante



microscopía electrónica de barrido (MEB), espectroscopia UV visible ( $E_g$ ) y análisis de área superficial (BET). Además, para evaluar la actividad fotocatalítica del  $\text{BiFeO}_3$  y  $\text{LaFeO}_3$  se utilizaron como modelos de contaminantes emergentes un medicamento, la tetraciclina (20 ppm); y un colorante, el azul de metileno (15 ppm); a los cuales se les dio seguimiento mediante espectroscopia de UV-Vis en rango de 200 a 800 nm.

Para complementar las pruebas fotocatalíticas se determinó el grado de mineralización de los contaminantes orgánicos mediante análisis de carbón orgánico total (TOC por sus siglas en ingles). Se logró sintetizar satisfactoriamente  $\text{BiFeO}_3$  y  $\text{LaFeO}_3$  por reacción de estado sólido lo cual fue corroborado por DRX mediante la tarjeta de referencia del JCPDS 071-2494 para  $\text{BiFeO}_3$  y 074-2203 para el  $\text{LaFeO}_3$ . El  $\text{BiFeO}_3$  presentó una morfología irregular facetado mientras que el  $\text{LaFeO}_3$  una morfología irregular ovalada y este último con un tamaño de partícula menor. Ambos materiales presentaron una energía de banda prohibida ( $E_g$ ) de  $\sim 2.1$  eV, lo cual los hace buenos candidatos para activarse bajo el espectro de radiación de luz visible. Ambos materiales presentaron un área superficial (BET) de  $\sim 1 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

Se logró degradar parcialmente los contaminantes emergentes, en el caso del azul de metileno se degradó con ambos compuestos alrededor de un 20% mientras que la tetraciclina se degradó un 40% con el  $\text{BiFeO}_3$  y un 60% con el  $\text{LaFeO}_3$ . El que mostró un mejor desempeño fotocatalítico en la degradación de AM fue el  $\text{BiFeO}_3$  a pesar de tener una mineralización menor (18%) a la obtenida por el  $\text{LaFeO}_3$  (21%), mientras que el que mostró una actividad superior de degradación de la TC fue el  $\text{LaFeO}_3$  (5%) a pesar de presentar una mejor mineralización el  $\text{BiFeO}_3$  (18%).

En este sentido es recomendable realizar más estudios para ver la correlación de la degradación con el grado de mineralización de los contaminantes.



## **Estudio del comportamiento electroquímico del acero P20 en electrolito ácido.**

**Pérez-Ramírez, Francisco<sup>1,2</sup>, Godínez-García, Andrés<sup>2</sup>, Martínez-Merlín,  
Ivan<sup>2</sup>, Bárcenas-Castañeda, Mariana<sup>1</sup>, Castellanos-Escamilla, Víctor<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tecnm/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec  
Av. Tecnológico S/N, Valle de Anahuac, 55210 Ecatepec de Morelos, Méx.

<sup>2</sup>Tecnm/Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.  
Av. Instituto Tecnológico s/n, La Comunidad, 54070 Tlalnepantla, Méx.

\*†m.barcenas@tese.edu.mx

Ingeniería Química

La contaminación, el cambio climático y el calentamiento global son desafíos críticos que enfrenta la humanidad, con un impacto directo en la salud pública y en diversas industrias. La contaminación ha generado un deterioro significativo en máquinas, herramientas y materiales metálicos en múltiples sectores, lo que se traduce en pérdidas económicas considerables. En este contexto, mejorar las propiedades de los materiales metálicos, especialmente los aceros, se ha convertido en una prioridad. Un problema relevante es el desgaste de los materiales, que está estrechamente vinculado con la corrosión. A nivel mundial, las pérdidas económicas provocadas por la corrosión ascienden a miles de millones de dólares anualmente (NACE International, 2016), por lo que su control sigue siendo un reto constante. Los tratamientos termoquímicos para la generación de recubrimientos ofrecen una solución efectiva para mitigar la corrosión, ya que mejoran las propiedades de los materiales metálicos. El borurado es un tratamiento de endurecimiento que destaca por mejorar las propiedades mecánicas de las superficies de los aceros, incrementando su resistencia al desgaste y prolongando su vida útil. La eficiencia de este tratamiento radica en la formación de capas de FeB y Fe<sub>2</sub>B, derivadas de la cantidad de boro difundido en los espacios intersticiales de la superficie ferrosa. Este trabajo se enfoca en el análisis del recubrimiento de boro en acero P20, un material de amplio uso industrial. Se describe el comportamiento del material tratado térmicamente mediante borurado, con el objetivo de mejorar su resistencia al desgaste y a la corrosión.

Se diseñaron dos modelos experimentales basados en el diseño factorial 2K y mixto, en los cuales se hace una combinación entre variación de temperatura y tiempo para el tratamiento termoquímico. Se utilizaron probetas de acero P20 de 1 in de diámetro. Para desarrollar el tratamiento



termoquímico se utilizó una mufla a una temperatura de 1050°C y 850°C. El estudio electroquímico se llevó a cabo en un equipo AUTOLAB. Se desarrolló un estudio computacional para analizar la eficiencia del tratamiento de borurado de la probeta utilizando la técnica de dinámica molecular. Para el estudio computacional se construyó una estructura de hierro utilizando el programa VESTA, con el cual se obtiene una celda unitaria y se replicó para conformar el tamaño deseado de la superficie. La topología y los archivos de entrada para el sistema de estudio se generaron con apoyo de las plataformas ATB y CHARM-GUI. Para la simulación se utilizó una caja cubica con condiciones de frontera en las tres direcciones, un ensamble NVT y un termostato Berendsen. La caja se llenó de partículas de boro y en el centro la estructura metálica, se minimizó y equilibrio la energía del sistema de estudio para finalmente desarrollar los cálculos de simulación.

Se analizaron dos temperaturas para el tratamiento termoquímico: 850°C y 1050°C. Estos tratamientos fueron evaluados electroquímicamente a diferentes tiempos de exposición, específicamente 1, 4 y 7 horas, en un electrolito ácido 1M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se obtuvieron datos sobre la pérdida de material por año. Se encontró una pérdida de material de 0.87 mm/año para el borurado a 1050°C y un tratamiento electroquímico de 4 horas, a diferencia del tratamiento a 850°C que presenta una pérdida mayor (8.26 mm/año). Estos resultados demuestran que el borurado a 1050°C es más eficiente para el recubrimiento del material. Las muestras fueron comparadas con una probeta sin tratamiento, la cual presentó una pérdida de 33.66 mm/año, aproximadamente 38 veces mayor al tratamiento más eficiente. Por lo tanto, el borurado es un método eficaz para alargar la vida útil del material. Utilizando simulación molecular se calcularon las propiedades del sistema como energía potencial, energía total, función de distribución radial y desplazamiento cuadrático medio (MSD). Se observó para un sistema en equilibrio, la formación de capas FeB, Fe<sub>2</sub>B y Fe<sub>3</sub>B, con una tendencia lineal de crecimiento del MSD, que indica una difusión exitosa de las moléculas de boro en los espacios intersticiales. La energía potencial y energía total del sistema oscila entre  $-8.0505 \times 10^{-7}$  y  $-8.049 \times 10^{-7}$  teniendo una estabilidad en las energías para el sistema, se presenta un desplazamiento exponencial significativo de 2500nm<sup>2</sup> en un tiempo de  $1 \times 10^5$ ps, el RDF muestra un comportamiento convencional, presentando un pico alto en la gráfica lo cual muestra que las partículas analizadas han interactuado hasta con 20 partículas a su alrededor.



## **Evaluación del efecto superhidrofílico fotoinducido en la fotocatalisis de recubrimientos TiO<sub>2</sub>**

**García-López, Saúl<sup>1</sup>, López-Rodríguez, Angélica Silvestre<sup>1</sup>, Sifuentes-Gallardo, Pio<sup>1</sup>, Díaz-Flores, Laura Lorena<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km 1, La Esmeralda. Cunduacán, Tabasco, México, 86690  
\*l1df72@yahoo.com  
Ingeniería Química

Los estudios relacionados con innovación en superficies de autolimpieza se llevan a cabo en distintas partes del mundo. El TiO<sub>2</sub> es uno de los compuestos más estudiados por sus propiedades de autolimpieza y descontaminación en la superficie de materiales mediante la degradación de compuestos orgánicos tóxicos a compuestos menos agresivos con el medio ambiente y las personas. Uno de los métodos de síntesis empleados es el versátil solgel, ya que a partir de las reacciones de hidrólisis de alcóxidos de titanio es posible impurificar con otro componente y su posterior policondensación en óxido metálico con impurificación.

El TiO<sub>2</sub> obtenido en condiciones ácidas se alinea en forma de cadenas ramificadas con viscosidades menores a los 10 cP, lo que permite que pueda depositarse en forma de película sobre cualquier tipo de sustrato. La técnica del depósito a emplear depende del tipo, tamaño y forma del sustrato, de esta forma la centrifugación fue el método que se llevó a cabo en este trabajo. Por lo que la contribución que se presenta está relacionada con el desarrollo de recubrimientos de TiO<sub>2</sub> que mediante la activación de las reacciones de fotólisis por efectos de radiación electromagnética visible generen descomposición por fotodegradación de contaminantes orgánicos y adquieran propiedades de autolimpieza: Películas de TiO<sub>2</sub> con C fueron obtenidas por el método de solgel a partir de la hidrólisis de isopropóxido de titanio y la adición de polisorbato en 5 y 20 % en volumen, depositadas sobre sustratos de placas de vidrio Corning por la técnica de centrifugado a 1000 rpm. Todos los recubrimientos se calcinaron a 500 °C. La estructura cristalina fue determinada usando un Difractómetro de Rayos X (DRX) Malvern Panalytical.

El análisis morfológico se realizó con un Microscopio Electrónico de Barrido Tescan, Mira 3. Por otra parte, la mojabilidad se determinó



analizando el ángulo de contacto, irradiando los recubrimientos con luz ultravioleta y luz visible de manera independiente durante 15 min. La evaluación fotocatalítica se llevó a cabo utilizando una sección de los recubrimientos de 3.5 cm por 2.6 cm sumergidos en 10 ml de una solución de Azul de Metileno (AM) a 6 ppm, bajo irradiación ultravioleta (lámpara 13 W y 254 nm) e irradiación visible (lámpara 100 W de espectro completo), durante dos horas. Los resultados fueron analizados con un espectrofotómetro Shimadzu modelo 1280.

Los patrones obtenidos mediante DRX mostraron los picos de difracción característicos de la estructura cristalina tetragonal del  $\text{TiO}_2$  en su fase anatasa, donde los planos cristalográficos (101), (103), (004), (112), (105), (211) y (204) reflejan la naturaleza policristalina del  $\text{TiO}_2$  en tamaño nanométrico, con una fuerte orientación preferencial en el plano (101).

Los espectros de absorción visible presentaron una disminución en la concentración del AM después de ser irradiados con luz ultravioleta y visible, sin embargo, también es observable un efecto de adsorción en condiciones de oscuridad y el efecto de la fotólisis sobre el AM. Los porcentajes de degradación se ajustaron eliminando los efectos de adsorción-fotólisis. Resultando el recubrimiento 5%-500 °C (5-500) el que mejor actividad fotocatalítica presentó con 47% (UV) y 30% (Visible) de degradación.

Por otra parte, las medidas de ángulo de contacto confirmaron la fotoactividad de ambos recubrimientos al disminuir su ángulo de contacto después de ser irradiados, presentando un comportamiento superhidrofílico fotoinducido bajo condiciones de luz visible. Con un decrecimiento del ángulo de  $19.6^\circ$  a  $8.1^\circ$  (5-500) y de  $21.4^\circ$  a  $10^\circ$  (20- 500).



## **RESTAURACIÓN BIOLÓGICA DE UN SUELO CONTAMINADO CON PETRÓLEO MEDIANTE HONGOS PETROFÍLICOS PRODUCTORES DE BIOSURFACTANTES**

**López-Pérez, Perla<sup>1</sup>, Ojeda-Morales, Marcia Eugenia<sup>1†</sup>, Hernández-Rivera, Miguel Ángel<sup>1</sup>, López-Lázaro, José De los Santos<sup>1</sup>, Gómez-Jiménez, Sulma Guadalupe<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, México, C. P. 86690.

\*†marcia.ojeda@ujat.mx

Área de conocimiento: Ingeniería Química

Los campos petroleros con mayor capacidad de producción se localizan en el Golfo de México y en parte del litoral. Sin embargo, en tierra, las principales zonas productoras se encuentran ubicadas en el sureste del país, especialmente en territorio tabasqueño. Derivado de la explotación, transporte y procesamiento del petróleo y sus derivados, las actividades de este sector se encuentran relacionadas con impactos negativos sobre el medio ambiente, provocados por el mal manejo y accidentes operacionales. Los derrames de petróleo han provocado contaminación en cuerpos de agua y en suelos, afectando el crecimiento de la vegetación, así como, la salud y la economía de los campesinos y agricultores que viven de estas actividades primarias. Aunado a la contaminación de nuestros suelos, se ha hecho énfasis en la investigación de microorganismos que puedan degradar contaminantes, y estos pueden ser bacterias, hongos o levaduras petrofílicas. Como consecuencia de la poca solubilidad del petróleo, no solo basta encontrar estos microorganismos, sino, que además produzcan surfactantes para elevar la biodisponibilidad del hidrocarburo y aumentar la mojabilidad de suelo. Los biosurfactantes son compuestos no tóxicos y amigables con el medioambiente, son biodegradables, y su elección debe tener en cuenta las características del suelo a tratar y el ecosistema donde será añadido.

El petróleo de esta investigación provino de la batería de separación del Campo Girdaldas, propiedad de Petróleos Mexicanos (PEMEX), y ubicada en



el poblado San Manuel, Huimanguillo, Tabasco. El petróleo fue caracterizado con base en la NOM-016-CRE-2016; por otra parte, los microorganismos petrofílicos se obtuvieron en tres etapas consecutivas. Etapa 1. En condiciones *in vitro* se obtuvo el desarrollo de tres cepas de hongos filamentosos provenientes del petróleo crudo, las cuales fueron catalogadas como: HP1, HP2 y HP3. Etapa 2. Método del papel filtro para determinar la capacidad de los hongos para degradar petróleo. Para esto, se utilizó el método de papel filtro impregnado con petróleo registrando solamente la sobrevivencia de una cepa (HP1). Etapa 3. Determinación de la degradación de petróleo en suelo. La cepa fue inoculada en un suelo vertisol contaminado con 50,000 ppm de petróleo y se obtuvo una degradación del 61 % en 63 días; mientras que, el crecimiento poblacional microbiano petrofílico creció de 31,000 hasta 81,000 unidades formadoras de colonias (UFC/g). Las mediciones de la concentración de petróleo fue con base en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, demostrando que la cepa HP1 era petrofílica. De igual manera, la cepa fúngica fue estudiada microscópicamente para determinar el género, y fue identificada como *Aspergillus sp.* La evaluación de producción de surfactantes fue a través de una batería de técnicas analíticas, en donde el caldo con el microorganismo fue evaluado a través de diferentes etapas para inferir el punto máximo de producción, el cual fue a las 72 h de haber establecido el ensayo, ya que en ese tiempo se obtuvo un máximo en el tamaño de la gota colapsada (4.52 cm), dispersión de aceite (11.01 cm), del índice de emulsión IE<sub>24</sub> (86 %) y en la capacidad de emulsión (80%). Hasta este punto, la cepa HP1 denominada *Aspergillus sp* demostró ser petrofílica y productora de biosurfactantes.



## **APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ POR MEDIO DE CARBONIZACIÓN HIDROTÉRMICA COMO MATERIAL ABSORBENTE Y BIOCOMBUSTIBLE**

**<sup>1</sup>Ojeda-Rodríguez Víctor Eduardo, <sup>1</sup>Méndez-Contreras Juan Manuel,  
<sup>1</sup>Vallejo-Cantú Norma Alejandra, <sup>1</sup>Alvarado-Lassman Alejandro, <sup>1</sup>Rosas-  
Mendoza Erik Samuel**

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9, 852. Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz C.P. 94320, México  
veor1812@gmail.com

La creciente demanda mundial de recursos de carbono está aumentando el estrés sobre los recursos finitos de petróleo y materiales inorgánicos. Por otro lado, cada año se generan alrededor de 140 mil millones de toneladas métricas de biomasa residual en todo el mundo a partir de actividades agrícolas. Dentro de estos residuos, se encuentra la cascarilla de arroz (CA), la cual es un residuo con alta disponibilidad y que a su vez no cuenta con un plan de gestión. Por esta razón, se conoce que la producción de arroz es de 769.9 millones de toneladas de los cuales 140 millones de toneladas son aproximadamente de la cascarilla, por consiguiente, la CA representa entre el 20 y 23 % en peso de todo el arroz procesado. Una característica única de la CA es su alto contenido de sílice, el cual oscila entre un 18 y 25 % en peso, esto presenta un reto y a su vez un área de oportunidad para ser aprovechada. Además, se conoce que la CA está constituida por lignina (25 – 31 %), celulosa (25 – 33 %) y hemicelulosa (18 – 21 %), por lo que se considera una biomasa lignocelulósica (BL).

Actualmente, existen procesos termoquímicos que permiten el aprovechamiento de la BL. Dentro de los procesos termoquímicos se encuentra la carbonización hidrotérmica (CHT), que es un proceso eco-amigable debido a su bajo consumo energético; siendo comparado con la pirólisis, gasificación y combustión, para la obtención de un producto poroso y rico en carbono. El proceso de CHT genera gas de síntesis, fracción líquida e hidrochar. Debido a estudios previos, se conoce que el hidrochar proveniente de CA tiene un alto potencial en diferentes usos,



por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar las aplicaciones de la CA como material absorbente y biocombustible.

Para esta investigación, se empleó como caso de estudio una planta procesadora de arroz de la región, con capacidad de producción de 51 mil toneladas de arroz por mes y generación de cascarilla de arroz de 10 mil toneladas por mes. Así mismo, se realizó una revisión exhaustiva del estado del arte, además de recolección y caracterización de la cascarilla de arroz procedente de la planta procesadora para evaluar su potencial aplicación en el proceso de CHT. Las determinaciones analíticas para caracterizar la cascarilla de arroz fueron pH por método potenciométrico y métodos gravimétricos para humedad (%), sólidos totales (%), sólidos volátiles (%) y cenizas (%). Así mismo, se realizó un análisis de composición inorgánica de la CA mediante fluorescencia de rayos X.

La caracterización realizada a la CA nos indicó que tiene un pH de  $6.79 \pm 0.01$ , por otro lado, tuvo una humedad de  $10.30 \pm 0.09$  %, por lo cual, se necesita realizar un acondicionamiento para someterla a CHT debido a que este proceso emplea biomásas con alto contenido de humedad (mayor al 75 %), sugiriendo una relación 1:1 CA:agua (masa:masa). Mediante la determinación de los sólidos volátiles, se comprendió que tiene una composición orgánica del  $78.71 \pm 0.19$  %, lo cual indica que existe carbono disponible para la obtención de hidrochar con aplicación para uso como material absorbente y/o biocombustible. Por otro lado, la composición inorgánica representa el  $21.29 \pm 0.19$  % que, de acuerdo con literatura, se menciona que el contenido de sílice se encuentra entre el 18 y 23 % de peso seco de la CA. Sin embargo, de acuerdo con el análisis de fluorescencia de rayos X existe poca presencia de material inorgánico, destacando la presencia de elementos como el Si, Ca, Mg y Na. Finalmente, la CA tiene un alto potencial para emplearse como material absorbente y/o biocombustible por medio de CHT.



## **Etapas de descomposición térmica por TGA de biomateriales micro y nanoestructurados basados en almidón de sorgo**

**Ruiz-Martínez, Isidra Guadalupe<sup>1\*</sup>, Rodrigue, Denis<sup>2</sup>, Pacheco-Vargas, Glenda<sup>1</sup>, Arizmendi-Giles, Esmeralda Yamileth<sup>1</sup>, Solorza-Feria, Javier<sup>1†</sup>.**

<sup>1</sup>Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-Instituto Politécnico Nacional. Carretera Yautepec-Jojutla Km 6, Calle Ceprobi 8, Col. San Isidro. Yautepec, Morelos, México. C.P. 62731. <sup>2</sup> Universidad Laval. Rue de l'Université, 2325. Quebec, Canada. C.P. QC, G1V 0A6. \*†iruizm1500@alumno.ipn.mx  
Área de conocimiento: Ingeniería Química

En las últimas décadas ha crecido la necesidad de estudiar, analizar y usar materiales biodegradables para sustituir algunas aplicaciones de los polímeros obtenidos de fuentes no renovables, ya que éstos al ser usados son desechados y contribuyen como residuos sólidos que afectan al medio ambiente, además ha generado una crisis de contaminación mundial debido a su perfil no biodegradable (Nwuzor et al., 2023; Wang et al., 2024). Entonces, se han desarrollado materiales biodegradables, producidos con materias primas procedentes de polisacáridos, proteínas y otros (Nordin et al., 2020; Iheanacho et al., 2024), esto ha demostrado ser una alternativa viable para minimizar estos problemas. Sin embargo, surgen muchos desafíos cuando se utilizan compuestos biodegradables como matriz polimérica para la formación de biopelículas.

El análisis de las propiedades térmicas es un proceso crucial para estudiar el comportamiento de los materiales expuestos a determinadas temperaturas y con ello derivar su posible aplicación. El análisis termogravimétrico (TGA) se registra de manera continua y expresa el cambio de masa del material colocada en una atmosfera controlada en función de la temperatura o tiempo, así mismo, se obtiene la primera derivada del TGA (DTG) siendo un arreglo matemático aplicado a la termogravimetría, donde la derivada del cambio de masa con el tiempo ( $dm/dt$ ), se registra en función del tiempo o la temperatura. Se utilizan principalmente para comprender y predecir la estabilidad térmica y oxidativa de las muestras, incluso permiten evaluar varios parámetros, como el intervalo de degradación, los picos a una alta tasa de degradación; la presencia de materiales inertes inesperados o cantidades diferentes a las esperadas; análisis del contenido de materia volátil, cenizas, carbono fijo y humedad (Santana y Bonomo, 2024). En este estudio se exploró la preparación de biopelículas de almidón de sorgo (M1-muestra control) incorporadas con glicerol, bentonita, microfibra y ácido tánico en diferentes concentraciones (M2-M7) mediante la técnica vaciado en placa



o casting. Las propiedades térmicas de las biopelículas resultantes se caracterizaron por termogravimetría por triplicado. Para la parte experimental se utilizó un equipo de análisis térmico (TA Instruments, modelo STD-Q600) conectado a una computadora para el control y análisis de datos. Para cada una de las muestras, se pesaron entre 3 a 7 mg y fueron colocadas en una charola de platino, la cual fue calentada de 25 a 600 °C con una rapidez de calentamiento a 10 °C min<sup>-1</sup> en una atmósfera inerte de nitrógeno gaseoso (20 mL min<sup>-1</sup>) para evitar la oxidación de las muestras. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

Al encontrar diferencias significativamente entre las medias de las repeticiones de cada experimento fueron comparados en base a un intervalo de confianza de ( $p < 0.05$ ) usando de la prueba de Tukey mediante el software Origin Pro 2024. Los resultados muestran que por la presencia de los materiales de refuerzo (microfibra y nanoarcilla) aumentaron los perfiles de degradación térmica, revelaron que las temperaturas máximas necesarias para empezar la degradación fueron superiores a la biopelícula control (M1) ocurriendo a 58.73°C, mientras que específicamente M5 tuvo la temperatura más alta a 90.36 °C, donde el análisis de varianza mostró que existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre dichas concentraciones, con valores desplazados a una temperatura más alta, muestra compatibilidad entre los materiales y una mejor estabilidad térmica. Además, se obtuvo la energía de activación, esta señala la compactación o ligereza térmica del material, ya que es la energía requerida para que ocurra una reacción o cambio térmico para cada etapa de descomposición, encontrándose en un rango de 24.58 a 107.10 kJ/mol para todas las concentraciones analizadas. En las películas de almidón las pérdidas de masa para la comienzan en un intervalo de temperatura de 40 a 110 °C en la primera etapa corresponde a la evaporación de agua y/o volátiles, la segunda etapa de pérdida de masa (150 a 250 °C) se encuentra asociada a la descomposición de la fase rica en glicerol que también contiene almidón y celulosa (microfibra), la tercera y cuarta etapa se encuentran (300 a 550 °C) relacionadas con la degradación de los otros componentes (bentonita y ácido tánico) y los residuos de los compuestos inorgánicos. En conclusión, el análisis de la degradación térmica de los materiales resultó exitoso con la técnica de TGA, mostrando un amplio panorama del comportamiento de cada muestra y se observó que la inclusión de los refuerzos condujo a una mejora en el rendimiento general de las películas de almidón de sorgo (M2-M7), por ello podrán competir ante materiales convencionales.



## **Evaluación de las propiedades de las fases líquida y sólida obtenidas mediante carbonización hidrotérmica de sargazo**

**Campos-Juárez Luis Mario<sup>1</sup>, Balderas-Caballero Israel de Jesús<sup>1</sup>, Landeta-Escamilla Ofelia<sup>1</sup>, Vallejo-Cantú Norma Alejandra<sup>1</sup>, Alvarado-Lassman Alejandro<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9, 852. Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz C.P. 94320, México  
M17010552@orizaba.tecnm.mx

El sargazo es una macroalga flotante originaria de África, transportada al Caribe Mexicano por corrientes marinas. En los últimos años, su arribo excesivo ha generado un problema significativo en las costas mexicanas. Se han explorado diversos métodos para aprovechar el sargazo, algunos con mayor éxito que otros, incluyendo estudios de carbonización tradicional. Sin embargo, la carbonización hidrotérmica ha emergido como una técnica prometedora para convertir este residuo invasivo en un recurso valioso, específicamente en la producción de biocombustibles.

La carbonización hidrotérmica es un proceso termoquímico en fase líquida que descompone de manera controlada la biomasa, utilizando temperaturas y presiones moderadas. Este método ofrece varias ventajas, como su eficiencia energética, la rapidez del proceso y la capacidad de transformar una amplia gama de materias primas, en este caso el sargazo, en productos de alto valor agregado, como el biocarbón. La caracterización detallada de los productos obtenidos mediante carbonización hidrotérmica es crucial para evaluar el proceso, y es fundamental determinar la composición química, el rendimiento de carbonización, la calidad del biocombustible producido y sus propiedades energéticas, como el poder calorífico y la estabilidad térmica.

La valorización del sargazo como biocombustible a través de la carbonización hidrotérmica no solo ofrece una solución ambiental al problema, sino que también genera nuevas oportunidades de empleo en las comunidades costeras afectadas, crea ingresos mediante la producción y venta de biocombustibles, y reduce los costos asociados al manejo y disposición del sargazo.



La recolección de sargazo se llevó a cabo en Playa del Carmen, Quintana Roo, una zona con alta incidencia de arribazones. Las muestras se lavaron con agua corriente para reducir o eliminar la arena, sal y otros contaminantes presentes. Posteriormente, se realizaron carbonizaciones del sargazo en un reactor hidrotérmico con capacidad de 1 litro (Toption Instruments, Modelo CFI) a una temperatura de 180 °C, variando los tiempos de reacción (1 y 2 horas) y utilizando diluciones con agua: 1:3 y 1:1.

El experimento se monitoreó mediante la caracterización tanto del sargazo como del hidrochar obtenido. Los parámetros evaluados incluyeron el pH, la demanda química de oxígeno (DQO) total y soluble del bioaceite, así como los sólidos totales, volátiles y cenizas del hidrochar. Además, se midió la producción de biogás dentro del bioreactor, proporcionando una visión integral del rendimiento del proceso. Se presentan los resultados de las propiedades del sargazo crudo, el bioaceite y el hidrochar obtenidos. En fracción líquida se obtuvo pH 7.28, ST 0.65%, SV 79.17%, cenizas 20.83%, humedad 99.35% y de fracción sólida, pH 6.52, ST 43.54%, SV 71.83%, cenizas 28.17%, y humedad 56.46%.

Se les realizaron caracterizaciones fisicoquímicas al bioaceite donde todas fueron a una temperatura de 180 °C en que la muestra 1 se obtuvo tiempo 1 hr, dilución 1:3, pH 7.18, DQO<sub>T</sub> 13.96, DQO<sub>S</sub> 12.21, muestra 2, tiempo 1 hr, dilución 1:1, pH 6.78, DQO<sub>T</sub> 13.25, DQO<sub>S</sub> 10.66, muestra 3, tiempo 2 hr, dilución 1:3, pH 7.05, DQO<sub>T</sub> 16.46, DQO<sub>S</sub> 10.35, muestra 4, tiempo 2 hr, dilución 1:1, pH 7.05, DQO<sub>T</sub> 16.46, DQO<sub>S</sub> 9.92, muestra 4 tiempo 2 hr, dilución 1:1, pH 6.61, DQO<sub>T</sub> 24.65, DQO<sub>S</sub> 10.35. En las corridas de igual manera, se tuvo la obtención de biogás, muestra 1: fue de 680 ml, muestra 2: 1460 ml, muestra 3: 980 ml y muestra 4: 1560 ml. De igual manera se le realizaron caracterizaciones fisicoquímicas al hidrochar obteniendo los siguientes resultados: muestra 1, tiempo 1 hr, dilución 1:3, pH 7.16, ST 21.80%, SV 78.87%, cenizas 21.13%, humedad 78.20%, muestra 2, tiempo 1 hr, dilución 1:1, pH 7.03, ST 23.62%, SV 69.98%, cenizas 30.02%, humedad 76.38%, muestra 3, tiempo 2 hr, dilución 1:3, pH 6.90, ST 20.86%, SV 80.76%, cenizas 19.24%, humedad 79.14%, muestra 4, tiempo 2 hr, dilución 1:1, pH 6.94, ST 26.97%, SV 59.25%, cenizas 40.75%, humedad 73.03%. Estos resultados se pueden llegar a diferenciar debido a los parámetros con los que se están estableciendo, en donde también podemos obtener los resultados del rendimiento de cada corrida con el reactor, donde la muestra 1: fue de 53.75%, muestra 2: 44.78%, muestra 3: 49% y muestra 4: 57% en donde cabe resaltar que con la que obtuvimos mejor rendimiento fue en la muestra 4.



## **"Producción de un Biocombustible Sólido a partir de Biomasa de Sargazo mediante Carbonización Hidrotermal"**

**Balderas-Caballero, Israel<sup>1</sup>, Vallejo-Cantú, Norma A.<sup>1</sup>, Méndez-  
Contreras, Juan Manuel<sup>1</sup>, Rosas-Mendoza, Erik Samuel<sup>1</sup>, Alvarado-  
Lassman, Alejandro,<sup>1†</sup>**

<sup>1</sup> Laboratorio de Ambiental I y II, División de Estudios de Posgrado e  
Investigación, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba  
Av. Oriente 9 núm. 852 Col. Emiliano Zapata  
Orizaba, Veracruz, México, 94320  
<sup>†</sup> alejandro.al@orizaba.tecnm.mx  
Ingeniería Química

En Quintana Roo se está presentando dos fenómenos naturales que merecen una gran atención: 1) fenómenos naturales, como tormentas y huracanes 2) arribazones masivos de sargazo, que desde 2015 han ocurrido anualmente, llegando grandes cantidades de biomasa en verano y primavera (Rodríguez-Martínez et al., 2023a). Además de causar problemas ecológicos, económicos y de salud humana, los lixiviados y la materia orgánica producidos por la descomposición de esta biomasa dañan la calidad del agua del océano, disminuyendo el oxígeno, el pH y aumentando el contenido de azufre y amoníaco (Rodríguez-Martínez et al., 2023b). Entre las diferentes tecnologías para la transformación de la biomasa destaca la carbonización hidrotermal (HTC), que es un proceso de conversión termoquímica a temperaturas entre 180 °C - 290 °C y presiones entre 10 - 50 bar (Chambers et al., 2023) donde se transforma la biomasa lignocelulósica en un sólido rico en carbono (hidrocarburo) en presencia de agua (Zeng et al., 2018). La principal ventaja de la HTC es el empleo de biomásas con alto contenido de humedad, el cual es favorable porque se elimina por completo proceso de secado (Pauline et al., 2020).

El proceso de carbonización hidrotermal ocurre en un reactor automatizado con su propio sistema de calentamiento, Marca Toption Instruments, Modelo: CF-1. El reactor contiene un cilindro de acero inoxidable con una capacidad de 1 L y 0,7 L de volumen de trabajo, y está cubierto por una camisa calefactora para manejar una temperatura máxima de 400 °C, lo que permite que el interior del reactor alcance una temperatura de 210 °C. El sistema está instrumentado con un manómetro y un termopar para controlar la presión y la temperatura en el interior del reactor, y el sistema también tiene un termopar para controlar la temperatura en la camisa de calentamiento. Además, hay un panel de



control que se puede utilizar para ajustar las temperaturas y los tiempos de trabajo durante el proceso de carbonización hidrotérmica. La biomasa se sometió al proceso de carbonización hidrotérmica, se trató el lote 1 a una temperatura de 180 °C a una presión de 1 MPa con un tiempo de operación de 1 h. El lote 2 mismas condiciones, pero un tiempo de operación de 2 h. Para los lotes, se introdujeron 250 g en el reactor HTC y se añadieron 250 g de agua, es decir, una proporción 1:1 (p:p) y 125 g y se añadieron 375 g de agua, es decir, una proporción 1:3 (p:p). Tras aplicar el HTC, el hidrochar obtenido se secó durante aproximadamente 1 h a 120 °C para eliminar el exceso de agua. A continuación, se analizaron las muestras de hidrochar para determinar sus características como biocombustible potencial mediante caracterización fisicoquímica, análisis elemental y mediante la determinación del poder calorífico superior.

Se obtuvieron rendimientos de 58.05 y 74.51% en los hidrocarbones. Los valores de pH de ambos lotes fueron similares entre 6.89 y 7.13 y, por lo tanto, los valores no representan desviaciones significativas de la biomasa inicial (6.62). En términos de contenido de humedad después del proceso de secado, el valor del hidrocarbón es inferior al 10%, lo que significa que el hidrocarbón puede considerarse una fuente de energía renovable y sostenible. Debido a la evaporación del agua, el contenido de ST aumenta en comparación con la biomasa original. En contraste, SV y las cenizas mantuvieron valores cercanos a sus valores iniciales, en el hidrocarbón. El análisis elemental del sargazo arrojó C (34.74%), H (4.26%), N (1.57%) y O (30.31%), produciendo H/C (1.47) y O/C. (1.27), que indica que la biomasa residual se puede convertir mediante métodos termoquímicos como el HTC con un HHV (12.41 MJ/kg). El análisis elemental del hidrocarbón (180°C/1 h/1:1) arrojó C (45.86%), H (4.71%), N (1.28%) y O (23.27%), A partir de esto, el HHV (18.05 MJ/kg) se obtuvo utilizando una temperatura de 180 °C, por lo cual se observó un incremento del en el valor 45.45% en el HHV con respecto a la biomasa inicial.



## **Tamiz fitoquímico, polifenoles totales, capacidad antioxidante e Inflamación *In vitro* del extracto metanólico de raíces de *Tradescantia spathacea*.**

**Aguilar-Piedras, Adriana<sup>1</sup>, Pérez-Vargas, Josefina<sup>1</sup>, García-Martínez, Ignacio<sup>1</sup>, Pérez-González, Mariana Zuleima<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Tecnologico Nacional de México/TES de Ecatepec. Av. Tecnológico S/N, Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec de Morelos, Estado de México. México, C.P. 55210  
adriana-aguilar-piedras@hotmail.com  
Ingeniería Química.

El uso de plantas con propiedades curativas es muy antigua, y hasta nuestros días se ha convertido en una práctica común, consumiéndose de forma directa, en infusiones o en presentación homeopática. *Tradescantia spathacea* es una especie nativa de México y Centro América, debido a su amplia presencia a lo largo del territorio nacional, los pobladores de diversas entidades han encontrado múltiples usos para males de variada naturaleza en el cuerpo humano. Para el desarrollo de este trabajo se siguió lo siguiente:

**Cromatografía en capa fina.** Se utilizaron placas cromatográficas de silica gel 60 F<sub>254</sub>, la cámara cromatográfica se saturó con una mezcla de solventes según los compuestos a identificar.

**Cuantificación de Polifenoles totales con el reactivo *Folin Ciocalteu*.** Se empleó ácido gálico como control para realizar la curva patrón y el extracto a distintas concentraciones (6.25, 12.5, 25, 50, 100 y 200 µg/mL), finalmente se midió la absorbancia a 746 nm.

**Capacidad antioxidante por inhibición del radical DPPH.** Se utilizó Quercetina como control para la curva patrón a distintas concentraciones (8, 16, 32, 62, 125, 250, 500 µg/mL) y para el extracto (25, 50, 100, 200, 400, 1000 µg/mL), finalmente se midió la absorbancia a 540 nm.

**Actividad antiinflamatoria *in-vitro* (inhibición de proteinasas).** Para la mezcla de reacción se realizaron diluciones de 20, 40, 60, 80, 100 µg/mL del extracto y del control aspirina. Se midió la absorbancia a 210 nm.



Para la identificación de los posibles compuestos fenólicos se utilizó el sistema Cloroformo-MeOH [95:5], en el cual se logró identificar ácido gentísico con un RF de 0.93 y ácido o-cumárico con un RF de 0.21; en la identificación de azúcares se utilizó el sistema n-butanol-Acetato de etilo-Ácido acético-H<sub>2</sub>O [4:3:2.1], identificando glucosa con un RF de 0.38 y sacarosa con un RF de 0.28; finalmente se utilizó el sistema Hexano-Acetato de etilo [95:5] para la identificación de terpenos, lográndose evidenciar  $\beta$ -sitosterol con un RF de 0.074 y verbascósido con un FR de 0.419.

Se presentan como resultados para Capacidad antioxidante por inhibición del radical DPPH los porcentajes de inhibición de Quercetina (control) 84.5, 62.49, 45.33, 41.03, 36.29 y del extracto de raíces de *T. spathacea* 78.64, 55.52, 48.3, 35.28, y se dedujo la concentración inhibitoria media (CI<sub>50</sub>) donde para Quercetina fue de 48.80  $\mu$ g/mL mientras que en las raíces se obtuvo un valor de 1172.69  $\mu$ g/mL.

El método de referencia para la cuantificación de polifenoles totales fue *Folin-Ciocalteu* en el cual los resultados fueron 0.06, 0.59, 1.03, 2.34, 3.04 y 13.22  $\mu$ g GAE/g muestra.

La Capacidad antiinflamatoria mediante Inhibición de proteinasas expone como resultados los porcentajes de inhibición del fármaco control (aspirina) 37.34, 54.38, 64.13, 72.04, 77.29 y del extracto metanólico de raíces de *T. spathacea* 11.11, 16.88, 39.62, 47.10, 53.95, así como también la concentración inhibitoria media (CI<sub>50</sub>) donde para aspirina fue de 33.42  $\mu$ g/mL mientras que en las raíces se obtuvo un valor de 92.39  $\mu$ g/mL.



## **Producción de biocombustibles a partir de bagazo de malta mediante simulación en el *software* COCO**

**Mendiola, Reynaldo<sup>1</sup>, Pérez-Montoya, Luz Mariana<sup>1</sup>, Bañuelos, Cecilia<sup>1†</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Investigación y Estudios Multidisciplinarios. Programa de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco, Ciudad de México, México, 07360.

\*†cebanuelos@cinvestav.mx

Ingeniería Química

La industria cervecera es una de las más importantes en México, generando 94.5 millones de hectolitros en los primeros ocho meses del 2023, con ganancias aproximadas de 16 mil 163 millones de dólares. En el proceso de elaboración de la cerveza se genera un residuo llamado bagazo de malta, también conocido como BSG por sus siglas en inglés (*Brewer's spent grain*). Dicho residuo representa un problema por las grandes cantidades en las que se produce, llegando hasta 20 kilogramos por cada 100 litros de cerveza elaborados. Posee hasta 30% de las propiedades del grano de cebada antes de someterlo al proceso de filtrado, sin embargo, dichas propiedades no son aprovechadas, pues en la mayoría de los casos se dispone el BSG en vertederos y depósitos sanitarios. En este trabajo, se realizó la simulación de una planta de producción de biocombustibles a través del *software* COCO para comprobar la efectividad del BSG como fuente de segunda generación de biocombustibles, partiendo de su alto contenido de azúcares, triglicéridos, ácido palmítico y proteína soluble.

Se analizaron los porcentajes de azúcares y proteínas del BSG para simular la producción de bioetanol, biogás y biodiésel. Se usó una entrada de 5,479,452.055 kg/día de BSG, basada en residuos no reutilizados de GRUPO MODELO según su Informe ASG del 2022.

A continuación, se describe brevemente el desarrollo de cada simulación.

1. Biodiésel: Se ingresan al *software* los valores de ácido palmítico (550 mg/kg) y triglicéridos (250 g/kg) del BSG. Se convierte el ácido palmítico en palmitato de etilo, a través de oxidación en presencia de etanol y ácido sulfúrico como catalizador a 40°C, para finalmente implementar decantación y obtener el producto. Mediante transesterificación se hacen reaccionar los triglicéridos utilizando hidróxido de potasio como catalizador y efectuando la reacción en



presencia de etanol a 50°C, se obtiene palmitato de etilo, linoleato de etilo y oleato de etilo.

2. Bioetanol: Se incluyeron los contenidos de celulosa (271 g/kg) y hemicelulosa (193 g/kg) del BSG. Se utiliza un reactor de hidrólisis a 30°C, seguido de un reactor de fermentación alcohólica a 25°C para generar etanol.
3. Biogás: Se introducen al *software* los contenidos de celulosa (271 g/kg), hemicelulosa (193 g/kg) y proteína soluble (247 g/kg) del BSG. Se usó un reactor de hidrólisis a 140°C y 6 ATM, seguido de un reactor anaerobio a 45°C en pH de 6.5 a 7.5 para la producción de biogás.

Se logró obtener 1,322,655 Kg/día de biodiésel, 36,180 Kg/día de biogás y 89 Kg/día de bioetanol. El biocombustible que destaca por tener la mayor corriente de producción es el biodiésel; esto se le atribuye principalmente porque al ser una reacción de transesterificación, no depende del metabolismo de microorganismos, sino de un proceso previo de extracción de triglicéridos, además su generación se puede ver acelerada debido a parámetros como la temperatura y la presión en las que se ejecute la reacción (aunque generalmente se realiza a presión atmosférica). Sin embargo, este biocombustible necesita reactivos como el etanol y el ácido sulfúrico para poderse llevar a cabo la reacción, en conjunto con un proceso previo de extracción de triglicéridos y ácido palmítico, lo que se ve reflejado en generación de residuos; lo anterior implica perder el enfoque sustentable en el tratamiento del BSG. Por otro lado, el biogás y el bioetanol, al ser generados principalmente por el metabolismo de microorganismos no se producen a grandes velocidades ni cantidades exorbitantes en comparación al biodiésel. Pese a dichas desventajas, el proceso de obtención de estos biocombustibles los convierte en opciones viables para la disposición final del BSG. Aunque son procesos más sustentables en comparación con el proceso de generación de biodiésel, se debe contemplar que también deben ser sometidos a procesos de purificación para obtener el producto principal. La simulación demuestra que el BSG es un residuo viable para ser empleado como biomasa de segunda generación, debido a la composición química que posee y a la generación tan vasta de este residuo en territorio nacional. Es importante mencionar que para trabajos posteriores será necesario comprobar los rendimientos de los biocombustibles de manera experimental, incluso utilizando el BSG como fuente mixta y considerando otros productos de valor agregado que pueden ser generados alternativamente a partir de este residuo.



## **CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE BIOMASA VEGETAL (*Eichhornia crassipes*)**

**May-Rodríguez, Keyla M. <sup>1</sup>, Ojeda-Morales, Marcia E. <sup>1</sup>, García-Frías,  
Fátima <sup>1\*</sup>, López-Lázaro, José De los Santos <sup>1</sup>, Cruz-Pérez, Alida E. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa  
Km 1. Colonia La Esmeralda CP 86690 Cunduacán, México

\*†232A28005@alumno.ujat.mx

Área de conocimiento: Ingeniería Química

La necesidad de implementar estrategias que permitan utilizar energías más limpias y renovables, tiene su origen en el hecho de que en la actualidad, los hidrocarburos del petróleo son la principal y casi única fuente de energía y subproductos usados en la industria, tanto en el ramo automotriz, plásticos, aviación, alimentos, medicinas, entre otros. Más del 80% es un porcentaje muy alto y de preocupación dado el decremento en la producción mundial y la carencia de fuentes alternativas reales y alcanzables a corto plazo. Es por eso que el uso de subproductos como el etanol, ha tomado importancia, debido a que puede ser producida a partir de biomasa que no compite como fuente de alimentación para seres humanos. Especies de plantas, que incluso pueden ser consideradas como plagas, son identificadas como potenciales productoras. El caso de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua o lirio acuático) es importante debido a su alta tasa de crecimiento y su potencial para generar biomasa en la producción de etanol, ya que contiene 10% de lignina, 28% de celulosa, 33% de hemicelulosa, 26.3% de azúcares C6 (glucosa y galactosa) y 20.5% de azúcares C5 (xilosa y arabinosa). Sin embargo, el crecimiento acelerado mediante técnicas como los campos electromagnéticos (CEM) pueden mejorar el rendimiento de biomoléculas como el etanol, de lo cual pocos han sido los estudios llevados a cabo.

Es por esta causa que el objetivo de esta investigación ha sido optimizar la producción de biomasa celulósica para la obtención de etanol empleando plantas de *E. crassipes*, bioinoculada por el uso de microorganismos mediante la aplicación de CEM, para lo cual se recolectaron ejemplares en estado maduro de *E. crassipes* de la laguna de Soyataco, Jalpa de Méndez, Tabasco (18°13'54.5" LN, 93°03'43.4" LO), los cuales fueron desinfectados y deshidratados a 60 °C. Los microorganismos que pudieran tener la capacidad de degradar celulosa y convertirlo en alcohol fueron obtenidos



de una muestra de agua de la laguna Soyataco. La muestra fue trasladada al laboratorio donde fue inoculada en medio agar dextrosa papa y medio agar nutritivo, por el método de diluciones seriadas y sembrado en placa por extensión. Para la obtención del campo magnético que permitiera la máxima producción de etanol, se estableció un bioensayo in vitro donde a cada tratamiento se le añadieron 20 mL de agua magnetizada (1mT, 3mT, 5mT), 10 g de material vegetativo (*E. crassipes*) y 50 mL de medio Kim que contenía el consorcio microbiano. Una de las variables más importantes fue estudiar el desarrollo poblacional microbiano a través de la cinética de crecimiento, y se evaluó en un espectrofotómetro UV-VIS a una DO600nm cada 4 h por 20 h. Para estimar el rendimiento de etanol se estableció un diseño experimental completamente aleatorizado unifactorial con una variable independiente de tres niveles (1mT, 3mT, 5mT). Los resultados obtenidos fueron analizados por el paquete estadístico Statgraphic Centurion™ V.XVIII, con un  $\alpha = 0.05$ . El rendimiento de etanol fue determinado mediante el CO<sub>2</sub> producido por el sustrato consumido por los microorganismos. La determinación de CO<sub>2</sub> se realizó por el método de incubación en medio cerrado.

El mayor rendimiento de etanol se obtuvo en el tratamiento con el CEM 3 mT (35.818%), en comparación con el tratamiento 1 mT (27.714%) y el 5 mT (24.236%). Por otro lado el análisis estadístico determinó una tasa máxima de crecimiento microbiano en un CEM 3 mT (1.099 OD 600nm), mientras que los CEM 1 mT y 5 mT el crecimiento microbiano fue de 0.6925 OD 600nm, y 0.569 OD 600nm, respectivamente.

El mejoramiento en la producción de etanol es una consecuencia de la estimulación del medio de cultivo mediante la aplicación de CEM en esta investigación.



## **DEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS EN SUELO DE MANGLAR POR PROCESO FENTON**

**Fuentes-Domínguez Irene <sup>1b</sup>, Ojeda-Morales Marcia E.<sup>1a</sup>, Morales-Bautista Carlos M. <sup>†</sup>, Córdova-Bautista Yolanda.<sup>1a</sup>, Morales-López Karla C<sup>1a</sup>.**

<sup>1</sup>División Académica de Ingeniería y Arquitectura<sup>a</sup>. División Académica de Ciencias Básicas<sup>b</sup>. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco México, C.P 86690.

\*†Email: carlos.morales@ujat.mx  
Ingeniería química

Los manglares son de suma importancia ya que son claves en materia de cambio climático. Por esta razón se han creado mecanismos para su conservación y restauración. Algunos de estos ecosistemas están aledaños a zonas industriales, y, por lo tanto, susceptibles a derrames de contaminantes. Los manglares de Tabasco han sido contaminados durante décadas por la industria petrolera. Por lo que, se deben buscar nuevas alternativas para la remediación de estos sitios, principalmente de agua y suelo.

Las reacciones oxidación-reducción química ha demostrado ser una alternativa prometedora y ampliamente utilizadas para la remoción de compuestos orgánicos hidrofóbicos tóxicos presentes en aguas oleosas, sedimentos, recortes de perforación, etc. Una de la más estudiada es la reacción Fenton, la cual tiene tres componentes principales: reductor, oxidante y catalizador. Dentro de los agentes reductores se encuentran los ácidos ( $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $H_3PO_4$ ), quienes proporcionan condiciones de intercambio de cationes. Los oxidantes son oxisales ( $NaMnO_4$ ,  $KMnO_4$ ,  $O_3$ ,  $ClO^-$ ,  $H_2O_2$ ,  $Cl_2$ ). Los catalizadores son precursores metálicos, el más empleado son las de Fe, los cuales se usan con los oxidantes para formar el reactivo Fenton en medio ácido.

En los últimos años, uno de los contaminantes que han sido estudiado por su toxicidad, son los hidrocarburos totales del petróleo (HTP) presentes en el ambiente. En el caso de remediación de suelos, la sorción y desorción son procesos que influyen en la cantidad de contaminantes retenidos y liberados. La sorción puede darse por adhesión del HTP en la superficie de



la partícula del sólido. En este trabajo se cuantificó la remoción de hidrocarburos del petróleo en un suelo contaminado experimentalmente, utilizando el método de extracción continua y gravimétrico (Soxhlet/peso constante) con base en NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. La matriz ambiental se ubica en el ejido Úrsulo, Galván, Jalpa de Méndez, Tabasco, en la zona 15 Q 494261 m E y 2032112 m N. Se evaluaron las remociones en función del tipo de ácido ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  y  $HCl$ ) y el porcentaje del agente oxidante (30% y 50%), con el fin de optimizar el tratamiento y su posible aplicación en suelos de zonas de manglar.

Los resultados mostraron que los suelos tratados presentaron un decremento de HTP (tratamiento con 50% de  $H_2O_2$ ), en donde  $H_2SO_4$  mostró mejores resultados alcanzando una remoción final del 75%, en comparación con los tratamientos  $HCl$  y  $HNO_3$  que obtuvieron un 58% y 53%, respectivamente. Sin embargo, al comparar las remociones según el % $H_2O_2$ , se observó que el  $H_2SO_4$  conservó la misma remoción de HTP (75%), en cambio  $HNO_3$  mostró mejoras al aumentar el % de oxidante (con 30% $H_2O_2$  = 40% remoción de HTP y 50%  $H_2O_2$  = 53% remoción de HTP), en contraste  $HCl$  no presentó mejoras ya que con 30% $H_2O_2$  = 70% remoción de HTP y 50%  $H_2O_2$  = 58% remoción de HTP) Por lo anterior se concluyó que la reacción Fenton utilizando como precursor al  $Fe^{+2}$  como catalizador está limitada por el tipo de ácido y la cantidad de agente oxidante empleados. Además,  $H_2SO_4$  y  $HCl$  muestran remociones muy cercanas con (30% $H_2O_2$ ), la disponibilidad en el mercado y en el manejo de la sustancia hacen que  $H_2SO_4$  sea redituable.



## **Potencial remoción de hidrocarburos de un suelo costero por electro-fitorremediación**

**Morales-López, Karla C.<sup>1</sup>, Córdova-Bautista Yolanda<sup>1\*</sup>, Ojeda Morales  
Marcia E.<sup>1</sup>, Rivera Hernández Miguel A.<sup>1</sup>, Fuentes Domínguez Irene<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,  
Carretera Cunduacán-Jalpa Km 1. Colonia La Esmeralda CP 86400 Cunduacán,  
México.

\*[yolanda.cordova@ujat.mx](mailto:yolanda.cordova@ujat.mx)  
Ingeniería Química

El sector petrolero juega un papel estratégico en el desarrollo económico y productivo del país. En México, Petróleos Mexicanos (PEMEX) es responsable de la exploración, producción, refinación y distribución de petróleo y sus derivados, proporcionando energía y productos útiles que contribuyen a la economía nacional. La contaminación causada por derrame de hidrocarburos tiene un impacto inmediato y de largo plazo dañando la fauna y la flora del sitio contaminado. Uno de los principales ecosistemas afectados por los derrames de petróleo es el manglar. La fitorremediación es una técnica que se distingue por ser una estrategia sostenible y respetuosa con el medio ambiente ya que utiliza plantas para remover o erradicar contaminantes del suelo o cuerpos de agua. En los últimos años se ha utilizado una combinación de tratamientos biológicos y eléctricos, tal como la electro-fitorremediación existen investigaciones sobre el tratamiento de suelos empleando la fitorremediación con mangle blanco, pero no hay reportes sobre el efecto en la eliminación de hidrocarburos totales utilizando la electro-fitorremediación con mangle blanco. Por esta razón el propósito de este estudio es evaluar la remoción de hidrocarburos de un suelo mediante electro-fitorremediación con la especie *Laguncularia racemosa*.

Las muestras de suelo empleadas en la investigación se obtuvieron con base en la Norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000, se recolectaron en la ranchería Las Flores en Paraíso Tabasco ubicado en las coordenadas geográficas (18°25'25.8"N 93°15'09.5"W). Para la selección de plántulas se colectó especies de mangle blanco (*Laguncularia Racemosa*) con aproximadamente tres meses de crecimientos y se mantuvieron en condiciones de vivero previo al montaje del ensayo.

El sedimento recolectado fue analizado de acuerdo a los procedimientos establecidos en la NOM-021-RECNAT-2000. Primero, las muestras se



colocaron en una superficie de polietileno y fueron secadas al aire y temperatura ambiente bajo sombra con el fin de eliminar humedad, posteriormente las muestras se trituraron con martillo y se eliminaron residuos orgánicos. Por último, se molieron con un molino de mano y tamizaron con un tamiz de acero inoxidable de 10 mm, se etiquetaron y resguardaron en recipientes de vidrio para su posterior uso. El suelo se identificó como tipo Vertisol esto conforme al mapa edafológico presentado por la INEGI, el sedimento presento las siguientes características físico-químicas: pH relativamente alcalino y baja salinidad con un alto contenido de materia orgánica y altos niveles de fosforo, boro, potasio, calcio, sodio y magnesio.

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno: fitorremediación (F), Electro-fitorremediación a 1.5V (EF1.5), Electro-fitorremediación a 2V (EF2), Planta en suelo sin petróleo (C). El experimento se realizo en condiciones contraladas en invernadero este consistió de mesocosmos con un total de 12 unidades experimentales cada unidad fue de una plántula de mangle sembrada en una maceta de policloruro de vinilo (PVC) de 30 cm de alto y 10 cm de diámetro con 2 kg de suelo. Para electro-remediación se ocuparon electrodos de grafito conectados a una fuente de alimentación. El ensayo se mantuvo durante 90 días y los datos fueron analizados por un análisis de varianza y prueba de medias Tukey al 95% de confianza.

Las condiciones de operación adecuadas para la actividad microbiana hidrocarbonoclasta son fundamentales para la degradación de hidrocarburos., En este trabajo de los cuatro tratamientos el tratamiento (EF2) con la aplicación de voltaje de 2V presenta la mayor eficiencia de remoción con un 95% en comparación con el tratamiento de 1.5V (EF1.5) de 82%, seguido de la fitorremediación (F) con un 56% y la población de microorganismos fue favorable en el tratamiento EF2 con una población de bacterias totales de  $56 \times 10^3$  UFC/mL mientras que en la fitorremediación convencional la población microbiana fue de  $15 \times 10^3$  UFC/mL.

Se puede decir que la técnica de electro-fitorremediación presenta mayor eficiencia remoción ante una fitorremediación cuando se aplica voltaje entre 1.5 - 2V y favorece el crecimiento microbiano que es esencial para la remoción del hidrocarburo y el crecimiento de las plántulas de mangle. La efectividad de los tratamientos con la aplicación de un campo eléctrico depende de los cambios en las condiciones del suelo (pH, temperatura, iones disueltos y conductividad eléctrica) debido a las reacciones de oxidación y reducción que ocurren en los electrodos.



## **Análisis de betalainas, polifenoles y actividad antioxidante en bebidas de jugo de pitaya y quinoa fermentadas con *Lactobacillus plantarum***

**Martínez-Morán, Miriam de Lourdes<sup>1</sup>, Paz-Gamboa, Ernestina<sup>1†</sup>, Vivar-  
Vera, María de los Ángeles<sup>1</sup>, Pérez-Silva, Araceli<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Bioquímica, TecNM/Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja No. 561, Col. Predio el Paraíso. San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, México, C.P. 68350.

\*†[ernestina.pg@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:ernestina.pg@tuxtepec.tecnm.mx)

Ingeniería química

Actualmente la demanda de bebidas funcionales no lácteas, frescas y apetecibles ha aumentado significativamente; debido a la creciente tendencia del veganismo y la prevalencia de la intolerancia a la lactosa. En este contexto, los jugos de frutas y vegetales fermentados por bacterias ácido lácticas son una alternativa prometedora para satisfacer estas necesidades [1]. La pitaya (*Stenocereus stellatus*), fruto endémico de México, es una fuente importante de betalainas con capacidad antioxidante, lo que la convierte en una excelente opción para la elaboración de bebidas. Asimismo, los pseudocereales como la quinoa (*Chenopodium quinoa*) son una alternativa ideal para incorporar en bebidas funcionales debido su aporte de proteínas y la ausencia de gluten. Entre las bacterias ácido-lácticas utilizadas en la fermentación de alimentos se encuentra el *Lactobacillus plantarum*, una bacteria gram positiva y heterofermentativa que favorece el equilibrio microbiano y contribuye a la estabilidad de enzimas digestivas. Algunas cepas seleccionadas de *L. plantarum* son empleadas en el desarrollo de bebidas funcionales. Por lo que, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una bebida funcional fermentada con *Lactobacillus plantarum* a base de jugo de pitaya y extracto acuoso de semillas de quinoa y determinar su contenido de betalainas, polifenoles y capacidad antioxidante. El jugo de pitaya se obtuvo mediante prensado manual en manta cielo, mientras que el extracto acuoso de quinoa se preparó siguiendo la metodología de Chilo-Ramos (2020). Se elaboraron tres tratamientos con diferentes proporciones de jugo de pitaya-extracto acuoso de quinoa: T1 (1:1), T2 (2:1) y T3 (2:1), endulzados con 10 g/L de estevia. Las bebidas fueron pasteurizadas a 85 °C/5 min, se atemperaron a 37 °C para inocular *Lactobacillus plantarum* en concentraciones de T1 (0.5%), T2 (0.5%) y T3 (1.0%). Posteriormente se fermentaron a 37 °C durante 6 horas y se monitorearon



a los 0, 7, 14, y 21 días de almacenamiento a  $4 \pm 1$  °C. Para la obtención de los extractos se siguió la metodología de Pérez-Loredo *et al.* (2017) con algunas modificaciones y se emplearon para determinar betalaínas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. El contenido de betalaínas se evaluó mediante la metodología de Castellanos-Santiago y Yahia (2008). El contenido de polifenoles totales se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu según la metodología de Singleton *et al.* (1999). La actividad antioxidante se cuantificó por ABTS ·+, DPPH+ y FRAP. Todos los análisis se realizaron por triplicado y se expresaron como la media de tres repeticiones  $\pm$  la desviación estándar, utilizando una prueba de Fisher con un nivel de significancia del 95% mediante el software estadístico Statistica versión 10. Los resultados mostraron un contenido inicial de betalaínas de 5.94, 8.57 y 8.38 mg/100 mL en el día 1, disminuyendo a 5.28, 7.11 y 6.66 mg/100 mL al día 21 para T1, T2 y T3 respectivamente, predominando las betacianinas en todas las muestras. El contenido inicial de polifenoles fue de 36.41, 45.45 y 47.81 mg GAE/100 mL, disminuyendo a 27.36, 38.21 y 37.04 mg GAE/100 mL al final del almacenamiento, esta disminución podría deberse a la utilización metabólica de estos compuestos por *L. plantarum*, lo cual sugiere un posible efecto prebiótico sobre el microorganismo. La capacidad antioxidante al finalizar el almacenamiento fue de 56.95, 90.36 y 93.65  $\mu$ M EqTrolox/100 mL (ABTS·+), 54.58, 98.45 y 91.57  $\mu$ M EqTrolox/100 mL (DPPH+) y, 131.75, 197.40 y 186.27  $\mu$ M EqTrolox/100 mL (FRAP). Durante el almacenamiento, se registró una disminución en la capacidad antioxidante, posiblemente influenciada por factores como el pH, la acidez y el metabolismo de *Lactobacillus plantarum*. A pesar de estos cambios, los resultados indican que las bebidas siguen siendo una fuente rica en probióticos y proporcionan compuestos antioxidantes benéficos para el consumidor, siendo el tratamiento T2 la mejor formulación.



## **Tratamiento de aguas contaminadas con petróleo más producción de voltaje en dispositivo bioelectroquímico**

**Oliva-Campos, Andy D<sup>1</sup>, Córdova-Bautista Yolanda<sup>1</sup>, Ojeda Morales  
Marcia E<sup>1</sup>, Díaz Flores Laura L<sup>1</sup>, López Lázaro Jose D. S<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,  
Carretera Cunduacán-Jalpa Km 1. Colonia La Esmeralda CP 86400  
Cunduacán, México.

\*†[yolanda.cordova@ujat.mx](mailto:yolanda.cordova@ujat.mx)  
Ingeniería Química

En México el petróleo es el combustible fósil que aporta en más del 80% a la economía del País. Sin embargo, debido al mal manejo también es considerado como una fuente de contaminación de ecosistemas acuáticos. Con la resiente necesidad de encontrar alternativas amigables con el medio ambiente en el tratamiento de los residuos y la producción de energías alternativas. Se está desarrollando una tecnología prometedora como las celdas de combustible microbianas. Este dispositivo bioelectroquímico aprovecha la capacidad de algunas bacterias que degradan el hidrocarburo con la producción simultánea de energía. En este trabajo se evaluó la degradación de hidrocarburos totales en aguas utilizando la celda de combustible microbiana y una especie bacteriana de *Bacillus sp.*

La cepa *Bacillus sp.* fue el electrógeno utilizado en el ánodo de la celda de combustible microbiana. Esta cepa bacteriana fue aislada de recortes de perforación de pozos petroleros ubicados en el Golfo de México en abril de 2019. Las muestras de recortes fueron recolectados del sitio de disposición final de la empresa BIENES SUSTENTABLES S. A. Para evaluar el efecto de la concentración de tres inóculos bacterianos sobre la remoción de hidrocarburos y la producción de voltaje. Se estableció un experimento unifactorial con 3 tratamientos por triplicado. La concentración de hidrocarburos en el agua fue de 20000 ppm y la concentración del inóculo bacteriano fue de 34, 25 y 15 x 10<sup>-4</sup> UFC/mL. Cada unidad experimental consistió de una celda de combustible microbiana de doble cámara (ánodo y cátodo). En el ánodo de la celda se realizó la remoción del hidrocarburo y el electrodo fue un cepillo de grafito. El electrodo del cátodo fue de tela de carbon dopado con Pt, La cámara catódica contenía una solución buffer de búfer a 82 mM de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. Las cámaras estuvieron separadas por una membrana intercambiadora de protones Nafion 112. Y



mediante un alambre de aleación cobre-aluminio se conectaron las cámaras para cerrar el circuito. El experimento se mantuvo por 100 días y las variables monitoreadas fueron: la concentración de hidrocarburos, la población bacteriana y la producción de voltaje.

De los tres tratamientos estudiados la mayor producción de voltaje con 400 mV se registró en la celda con la concentración de inóculo de  $34 \times 10^{-4}$  UFCmL<sup>-1</sup>. Seguido por la celda con inóculo de  $25 \times 10^{-4}$  UFCmL<sup>-1</sup> con 225 mV y con menor generación de voltaje de 150 mV para la celda con inóculo de  $15 \times 10^{-4}$  UFCmL<sup>-1</sup>. La producción de voltaje se relacionó directamente con remoción de hidrocarburos. Ya que, cuando el voltaje fue de 400, 225 y 150 mV la remoción de hidrocarburos totales fue de 70, 50 y 25% respectivamente.

Estos resultados demuestran que la bacteria *Bacillus sp* esta utilizando al hidrocarburo como unica fuente de carbono para su crecimiento. Además existe la liberación de electrones durante el metabolismo microbiano y estos electrones son capturados por el electrodo sólido para la producción de voltaje. Pero el aumento en la producción de voltaje depende de la concentración inicial de microorganismos. Se puede decir que la aplicación de celdas de combustibles microbianas con *Bacillus sp* en el ánodo es util para la remoción de hidrocarburos en agua con la producción simultánea de voltaje.



## **Capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria *in vitro* del extracto metanólico de bayas de *Phytolacca dioica* L.**

**Pérez-Pichardo, Andrea Guadalupe<sup>1</sup>, Pérez-Vargas, Josefina<sup>\*</sup>, García-Martínez, Ignacio<sup>1</sup>, Pérez-González, Mariana Zuleima<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / TES de Ecatepec. Av. Tecnológico S/N, Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec de Morelos, Estado de México. México C.P. 55210.

\*josefinapv@tese.edu.mx

Ingeniería Química

Las plantas medicinales han sido utilizadas en todo el mundo desde antiguas civilizaciones, y en ocasiones han servido para prevenir, aliviar y/o controlar enfermedades.<sup>1</sup> *Phytolacca dioica* L. llamada comúnmente como Ombú, pertenece a la familia *Phytolaccaceae*, es una especie nativa de América del Sur.<sup>1</sup> La literatura científica reportada sobre esta planta ha encontrado que posee prometedoras e interesantes actividades biológicas como efectos antiinflamatorios, antifúngicos y antibacterianos.<sup>2</sup> Sin embargo, es necesario realizar diferentes técnicas que nos proporcionen información acerca del uso seguro y responsable del consumo de plantas medicinales.

**Cromatografía en capa fina (ccf):** En placas de sílica gel 60 F<sub>254</sub> se colocaron los estándares, así como del extracto de bayas. Posteriormente se colocó en una cámara cromatográfica con una mezcla Cloroformo: Metanol [7:3] para la identificación de compuestos fenólicos, Hexano: Acetato de etilo [95:5] para terpenos y n-butanol: Acetato de etilo: Ác. Acético: H<sub>2</sub>O [4:3:2:1] para azúcares.

**Cuantificación de Polifenoles Totales con el reactivo Folin-Ciocalteu:** Para este ensayo se empleó ácido gálico como control y el extracto de bayas de *P. dioica* a concentraciones de 200,100,50,25,12.5 y 6.25 µg/mL. La absorbancia se midió a 760 nm.

**Capacidad antioxidante por inhibición del radical DPPH:** Para la evaluación de la actividad inhibitoria de radicales libres del extracto de bayas se ocupó quercetina como control a concentraciones de 4, 8, 16, 31 y 63 µg/mL y para el extracto de bayas se emplearon concentraciones de 500, 1000, 2000 y 5000 µg/mL. La absorbancia fue medida a 540 nm.

**Capacidad antiinflamatoria *in vitro* (inhibición de proteinasas):** para preparar la mezcla de reacción se realizaron diluciones de 20,40,60,80,100,



$\mu\text{g/mL}$  del extracto y del control aspirina. El sobrenadante obtenido fue utilizado para medir la absorbancia a 210 nm.

En el extracto metanólico de bayas de *Phytolacca dioica L.* se identificó la posible presencia de Naringenina con un Rf: 0.86, Quercetina con un Rf: 0.79, Ácido ferúlico con un Rf: 0.68 y Rutina con un Rf: 0.18 todos estos compuestos fenólicos, en la identificación de terpenos hubo presencia de  $\alpha$ -mirina con un Rf: 0.51 y  $\beta$ -sitosterol con un Rf: 0.09, para azúcares se observó la presencia de Ramnosa con un Rf: 0.40 y Galactosa con un Rf: 0.32.

Se presentan los resultados para Capacidad antioxidante por inhibición del radical DPPH, los porcentajes de inhibición de Quercetina (control) fueron de 84.5, 62.49, 45.33, 41.03, 36.29, y para el extracto metanólico de bayas de *Phytolacca dioica L.* fueron de 40.77, 41.71, 45.58, 57.22, se calculó la concentración inhibitoria media (CI50) donde para Quercetina fue de 12.60 mientras que en el extracto de bayas se obtuvo un valor de 2495.31.

Para la cuantificación de polifenoles totales con el reactivo Folin-Ciocalteu se realizaron concentraciones de 6,25, 12.5, 25, 50, 100 y 200 ( $\mu\text{g/mL}$ ) y se obtuvieron 10.87, 14.38, 14.86, 15.26, 15.65, 16.84  $\mu\text{g GAE/g}$  muestra.

La Capacidad antiinflamatoria mediante Inhibición de proteinasas presenta los porcentajes de inhibición del fármaco control (aspirina) 37.34, 54.38, 64.13, 72.04, 77.29, mientras que para el extracto metanólico de bayas de *Phytolacca dioica L.* 23.52, 51.49, 60.84, 66.32, y 74.60, se calculó la concentración inhibitoria media (CI50) donde para aspirina fue de 33.32 mientras que en el extracto de bayas se obtuvo un valor de 43.75. Los resultados obtenidos son favorables para realizar diferentes actividades biológicas y garantizar la seguridad del extracto de baya de *Phytolacca dioica L.*



## **CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE UNA PELÍCULA ACTIVA DE ALMIDÓN, PVOH Y GLICEROL OPTIMIZADA**

**Lara-Gómez, Ariadna Bárbara<sup>1</sup>, Hernández-Hernández, Ernesto<sup>2</sup>,  
Morones-González, Pablo<sup>2</sup>, Cadena-Ramírez, Arturo<sup>3</sup> y Castro-Rosas,  
Javier<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.  
Ctra. Pachuca-Tulancingo km 4.5, Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo,  
México, C.P. 24184.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Química Aplicada, CONAHCYT. Blvd. Enrique Reyna  
Hermosillo No. 140, San José de los Cerritos. Saltillo, Coahuila, México, C.P. 25294.

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica de Pachuca.  
Ctra. Pachuca-Cd. Sahagún Pachuca Cd, Sahagún km 20, Ex-Hacienda de Santa  
Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México, C.P. 43830

\*[jcastro@uaeh.edu.mx](mailto:jcastro@uaeh.edu.mx)

Ingeniería Química: Alimentos

El incremento poblacional de los próximos años causará el aumento del uso de empaques plásticos no biodegradables destinados a la protección de alimentos, lo que dificultará garantizar la seguridad alimentaria, sin afectar el ambiente. Las películas a partir de almidón (AM), podrían sustituir gradualmente a los empaques tradicionales. Sin embargo, su uso en los alimentos aun es limitado por sus propiedades funcionales débiles. Por ello, es común que las películas se adicionen con plastificantes y principios activos que también actúan como agentes antimicrobianos y antioxidantes, tales como el alcohol polivinílico (PVA), glicerol (G) y ácido hibiscus (AH), este último predomina en hasta un 24% del total de los ácidos orgánicos presentes en *H. Sabdariffa* L. El presente trabajo presenta la caracterización estructural (FT-IR, DRX y TGA) de una película con formulación filmógena previamente optimizada, que permitió generar un material polimérico con propiedades mecánicas predefinidas, para utilizarse como base para la incorporación subsiguiente de ácido hibiscus, el cual actuará como agente antimicrobiano y antioxidante, para asegurar la conservación de productos cárnicos bajo condiciones de refrigeración.

De la optimización y validación previa (diseño experimental Box Behnken), una película de AM/PVA/G, con resistencia a la tracción (RT), porcentaje de elongación (%E) y módulo de Young (MY) de 0.33 MPa, 152.43% y 3.36 MPa respectivamente, se caracterizó estructuralmente mediante difracción de Rayos X (DRX), Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR) y Análisis Termogravimétrico (TGA).



De la caracterización estructural, en **FT-IR** se identificó O-H (3299.124), C-H (2931.269), C-O (1657.517), C-H<sub>2</sub> (1435.743), C-OH (1365.836) y C-O (1010.999), grupos que corresponden al AM, PVA, y G, sin formación aparente de nuevos grupos funcionales, lo que se relaciona con la interacción física entre los componentes de la película, lo que influye directamente en las propiedades mecánicas del material. De la caracterización por **DRX**, se observan 4 picos de difracción en ángulos  $2\theta = 12.70^\circ$ ,  $14.76^\circ$ ,  $18.80^\circ$  y  $21.71^\circ$ , con un porcentaje de cristalinidad de 56.58%. Finalmente, en la caracterización de **TGA**, se identificó una primera pérdida de peso por evaporación de agua (100°C) y una segunda por la masa total de la muestra (280.41°C). No obstante, mediante la derivada de la termodegradación (DTG) se identificó la superposición de la degradación de diferentes compuestos en la misma región de temperatura, por lo que con la separación numérica de los picos con el algoritmo Gauss, se diferenciaron 4 fases de degradación con diferentes porcentajes de masa pérdida: FI: evaporación de agua (6.45%), FII: PVA (7.72%), FIII: G (14.33%), FIV: AM (58.88%) y 12.62% de carbono pirolítico. Los datos de la caracterización, son similares a lo reportado por Frangopoulos et al. 2023 y Rangel-Marrón et al. 2019, quienes optimizaron por Método de superficie de respuesta (MSR), formulaciones filmogénicas de AM de diferentes orígenes, aplicadas como películas y recubrimientos antimicrobianos y antioxidantes.



## **Efecto del uso de diferentes solventes en la actividad antioxidante y cuantificación de compuestos bioactivos libres, ligados y totales de extractos de maíz azul, frijol negro y berro.**

**Cabrera-Domínguez, Edgar Daniel<sup>1</sup>, Cariño-Cortes, Raquel<sup>2</sup>,  
Fernández-Martínez, Tomás Eduardo<sup>2</sup>, Rodríguez-Miranda, Jesús<sup>3</sup>,  
Gómez-Aldapa, Carlos Alberto<sup>1†</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo  
Km 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, 42184,

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Dr. Eliseo Ramírez Ulloa, 400,  
Colonia Doctores, Pachuca de Soto, Hidalgo, México, 42090

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja, s/n, Colonia 5 de  
Mayo, Tuxtepec, Oaxaca, México, 68350

\*†cgomez@uaeh.edu.mx

Ingeniería Química

Los alimentos naturales contienen en su composición química nutrientes importantes para el funcionamiento y desarrollo de nuestro organismo y compuestos bioactivos (CB), que poseen propiedades biológicas importantes, tales como: antiproliferativas, antiinflamatorias, antihipertensivas, antidiabéticas, entre otras, que coadyuvan en la reducción o prevención de enfermedades crónicas no transmisibles como cáncer, obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, a través de su capacidad antioxidante. En este sentido, es importante estudiar alimentos naturales que contengan CB, para incluirse en alimentos carentes de aporte nutricional y benéficos a la salud. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es caracterizar extractos de harinas de maíz azul, frijol negro y berro, por maceración con metanol, etanol y agua e identificar el extracto con mayor actividad antioxidante y compuestos bioactivos. El maíz azul y el frijol negro fueron obtenidos del municipio Mineral de la Reforma, Hidalgo. El berro fue obtenido en el municipio de Jalapa de Díaz, Oaxaca, se ocuparon únicamente las hojas, deshidratándose mediante secado convectivo a temperatura de 60 °C por 4 horas. Posteriormente las tres materias primas fueron molidas y tamizadas obteniéndose un tamaño de partícula de 180 µm según lo establecido por el sistema estándar Sieves USA (ASTM E-11). Para la obtención de los extractos se utilizó metanol al 80%, etanol al 80% y agua, y se determinó la actividad antioxidante (ABTS<sup>+</sup> y DPPH<sup>\*</sup>) y CB (fenoles y flavonoides) libres, ligados y totales de cada extracto. Los resultados



obtenidos de los extractos se representaron como la media de tres repeticiones  $\pm$  desviación estándar. Se realizó un análisis de varianza de una vía, y una prueba de comparación de medias por el método Tukey con un nivel de confianza del 95%, utilizando el software estadístico Statistica versión 10 (StatSoft, Inc., 2011). Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) presentando los mayores contenidos de fenoles totales en los extractos acuosos de maíz azul, frijol negro y berro (337.36, 627.01 y 2929.18 mg EAG/100 g, respectivamente). Los mayores porcentajes de inhibición de formación de radicales libres por el método ABTS<sup>+</sup> (2,2'-azino-bis-(3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) resultaron en extractos etanolicos de maíz azul (97.78%), frijol negro (97.62%) y el extracto acuoso del berro (95.56%), esto se debe a las estructuras químicas de los CB, ya que contienen varios grupos hidroxilos (-OH) que van a otorgar la capacidad de donación de sus átomos de hidrógeno a los radicales libres que se forman, disminuyendo el contenido de estos y el posible desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas. En conclusión, el uso del agua como solvente para la cuantificación de CB libres, ligados y totales determinados por los métodos espectrofotométricos fue el que dio mejores resultados, por lo que se sugiere utilizar este solvente para futuras investigaciones con estas materias primas. Así mismo, por el alto contenido de CB y actividad antioxidante, se propone utilizar las harinas de maíz azul, frijol negro y berro en la inclusión de productos alimenticios con la finalidad de aumentar su contenido nutricional y la funcionalidad en el área de la salud.



## **Análisis fisicoquímico y del contenido de silicatos en ceniza de bagazo de caña de azúcar**

**Fernández-Orozco Isaura Victoria<sup>1</sup>, Rojas-Blanco Lizeth<sup>1</sup>, Hernández-Rivera Miguel Ángel<sup>1</sup>, Juárez-Zirate Salvador<sup>2</sup>, Díaz-Flores Laura Lorena<sup>1†</sup>,**

- 1 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1, La Esmeralda. Cunduacán, Tabasco, México C.P 86690.
  - 2 Tecnológico Nacional de México. Av. Tecnológico No. 1500, Lomas de Santiaguito. Morelia, Michoacán, México C.P. 58120.
- † lldf72@yahoo.com, laura-diaz@ujat.mx  
Ingeniería Química

El bagazo de la caña de azúcar (BCA) es un subproducto fibroso resultante de la extracción del jugo de la caña que es aprovechado para la cogeneración de energía tras su calcinación. Sin embargo, la ceniza residual (CBCA) provoca contaminación de vertederos, aire y cuerpos de agua. La estimación anual de generación de CBCA es de 6 millones de toneladas a nivel mundial, considerando que por cada tonelada de azúcar se genera 36 Kg de ceniza. En consecuencia, han surgido diversos estudios para explorar el uso potencial de la CBCA y para ello, es esencial conocer su naturaleza fisicoquímica.

Existen factores que influyen en la composición química de la CBCA, el tipo de fases y ordenamiento cristalino de sus compuestos como las condiciones de cultivo de la caña y condiciones de combustión del bagazo. Por tal, es recomendable que cada región realice la caracterización de su ceniza residual con el fin de proponer tratamientos que reduzcan su efecto contaminante o alternativas de usos. El presente trabajo muestra el análisis fisicoquímico de la CBCA generada en Tabasco, ya que en dicha entidad no están documentados de forma sistemática estudios de este residuo a pesar de ocupar el 6° lugar nacional de producción de azúcar con  $\approx$  200 mil toneladas anuales; y de que México es el 8° mayor productor a nivel mundial.

Durante 3 días se recolectaron, de hornos y tolvas, 100 Kg de CBCA del ingenio azucarero Benito Juárez en Tabasco, México bajo las siguientes condiciones industriales de calcinación: temperatura (650 - 700 ° C), humedad del BCA (48 - 48.5 %), Pol (<1.2) y tierra adherida (8 - 22 %).



Paso siguiente, se tomó una muestra representativa y por triplicado se determinó la humedad (**H**), densidad aparente ( $\gamma$ ) y gravedad específica (**Gs**) de acuerdo con las normas ASTM D2216, ASTM C29/C 29M y ASTM C128 respectivamente. Se calculó también el contenido de materia orgánica y pérdidas por ignición (LOI) bajo la norma ASTM D7348. Para el estudio morfológico y químico-elemental se usó el microscopio electrónico de barrido Tescan, Mira 3/ detector EDS Bruker xflash 6160. La composición de óxidos se cuantificó mediante Fluorescencia de rayos X con un equipo Spectro Xepos con tubo de rayos X (Pd) a 60 W. Para la identificación de las fases se empleó un difractómetro Malvern Panalytical, Empyrean con radiación Cu  $K\alpha_1$  con  $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$  a 30 mA y 45 kV.

Las muestras CBCA presentaron en promedio una **H** =  $0.49 \pm 0.03 \%$ , una  $\gamma$ -suelta y  $\gamma$ -compactada de  $661.9 \pm 3.0$  y  $803.0 \pm 10.0 \text{ kg/m}^3$  respectivamente y una **Gs** =  $2.23 \pm 0.1$ . También se observaron valores altos de materia orgánica ( $9.6 \pm 0.7 \%$ ) y de LOI de  $16.4 \pm 3.2 \%$  como resultado de una mala combustión del BCA. La morfología y composición químico-elemental de la CBCA mostró que se trata de una mezcla heterogénea de partículas porosas con abundante sedimento amorfo y material orgánico cuyos componentes principales fueron el oxígeno (33.3 %), silicio (19.7 %) y carbono (41.2 %).

Respecto al contenido de óxidos, la sumatoria de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2$  representó el 74.9 % siendo el componente mayor el  $\text{SiO}_2$  (63.4 %). En cuanto al contenido de  $\text{SO}_3$  fue de 0.14 %. Estos resultados cumplen con los requerimientos químicos de la norma ASTM C618 para su uso en concreto. Sin embargo, es necesario reducir el valor de LOI entre 10 y 6 % ya que es superior al máximo especificado por dicha norma.

En cuanto al estudio de fases por DRX, se encontró que las CBCA posee cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) como fase dominante con un sistema cristalino hexagonal, P3221(154). Así mismo, se observó la presencia del feldespato Albita desordenada  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})_8$  triclinica, C-1 (2), zeolita natural Gismondina-Ca [ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$ ] monoclinica, P21/c (14) y carbono en forma de grafito.



## **Evaluación del efecto de dos precursores en la síntesis de Acetato de Isoamilo por *Kluyveromyces marxianus* utilizando lactosuero como fuente de carbono**

**Hernández-Cruz Miguel Ángel<sup>1,2</sup>, Castro-Rosas Javier<sup>1</sup>, Páez-Lerma  
Jesús Bernardo<sup>3</sup>, Ramírez-Vargas María del Rocío<sup>4</sup>, Cadena-Ramírez  
Arturo<sup>5\*†</sup>**

<sup>1</sup>Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería,  
Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo, Ctra. Pachuca-Tulancingo km. 4.5,  
Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, 42184.

<sup>2</sup>División de Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior del Occidente  
del Estado de Hidalgo, Paseo del Agrarismo 2000, Ctra. Mixquiahuala-Tula, km  
2.5, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México, 42700.

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Química-Bioquímica, Instituto  
Tecnológico de Durango, Blvd. Felipe Pescador 1830, Nueva  
Vizcaya, Victoria de Durango, Durango, México, 34080.

<sup>4</sup>Posgrado en Biotecnología, Universidad Politécnica de  
Pachuca, Ctra. Pachuca-Cd. Sahagún km 20, Ex-Hacienda de  
Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México, 43830.

<sup>5</sup>Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica de Pachuca,  
Ctra. Pachuca-Cd. Sahagún km 20, Ex-Hacienda de Santa Bárbara, Zempoala,  
Hidalgo, México, 43830.

\*†arturocadena@upp.edu.mx  
Ingeniería Química

En las últimas décadas, el aumento en el consumo de queso ha llevado a un incremento proporcional en los desechos generados, que representan entre el 85 y el 95% del total de la leche procesada y que tienen un alto contenido orgánico. Este residuo, conocido como lactosuero, a menudo no recibe tratamiento antes de su disposición final. Además, el rechazo a los compuestos sintetizados químicamente ha impulsado la búsqueda de alternativas biológicas para su obtención, como el acetato de isoamilo, utilizado en la industria alimentaria por su característico aroma a plátano. Por ello, la valorización de desechos agroindustriales para la producción de diversos productos, se presenta como una alternativa emergente que contribuye a mitigar el impacto ambiental de la industria quesera. Este estudio se centra en la síntesis de acetato de isoamilo mediante *Kluyveromyces marxianus*, utilizando lactosuero dulce como sustrato, y analiza el efecto alcohol isoamílico y leucina en la síntesis del aroma y la reducción de la carga orgánica. Como medio base se utilizó un lactosuero dulce obtenido de una empresa quesera en Acatlán-Tulancingo, Hgo.,



pasteurizado a 63 °C por 30 min. Se utilizó *K. marxianus*, cultivada en agar lactosado a 28 °C por 24 h y almacenada a 4 °C. A partir de resultados previos de la adición de precursores, donde se realizaron cinéticas de fermentación utilizando alcohol isoamílico y leucina de manera separada, se optimizó la producción máxima de acetato de isoamilo a través de un diseño experimental central compuesto con 13 tratamientos. Se realizaron cinéticas de fermentación de lactosuero con base en el diseño, añadiendo  $1 \times 10^6$  cel/mL como cultivo inicial. Las variables de respuesta evaluadas fueron: crecimiento de biomasa (cámara de Neubauer), comportamiento de pH, consumo de lactosa (DNS), producción de etanol, alcohol isoamílico y acetato de isoamilo (CG-MS). Los resultados indican que el crecimiento de *K. marxianus* está influenciado por la concentración de alcohol isoamílico, sin observarse un impacto significativo asociado a la concentración de leucina. El uso de bajas concentraciones del precursor alcohol isoamílico (0.067-0.35%) favorece el crecimiento del organismo, sin embargo, a concentraciones altas (0.55% y 0.63%), la levadura experimenta estrés, coadyuvando a su muerte. Este comportamiento también se refleja en el consumo de lactosa, que es mayor en condiciones de bajo estrés, es decir, con una baja concentración de alcohol isoamílico, se presentó un consumo de lactosa superior al 50% a las 36 horas de iniciada la fermentación. Por otro lado, el monitoreo de pH muestra un descenso durante las primeras 24 horas, derivado de la producción de ácidos orgánicos del metabolismo de lactosa por parte de *K. marxianus*, posteriormente se presentó un incremento hasta un pH  $\approx 5$  debido al catabolismo de proteínas. Finalmente, la producción de acetato de isoamilo y etanol se ve favorecida en los tratamientos que contenían una concentración de 0.35% de alcohol isoamílico, cuantificándose a las 12 horas una producción máxima de acetato de isoamilo  $\approx 36$  mg/L y de etanol de  $\approx 14$  g/L.



## **Descomposición de la glicerina utilizando catalizador mecánicamente activado de latón**

**Sifuentes-Gallardo, Pío<sup>+</sup>, Pérez-Vivas, Ivan<sup>1</sup>, López-Rodríguez,  
Angélica<sup>1</sup>, Ramón-Hernández, Gabriel<sup>2</sup>, Gómez Torres, Faviola Del  
Carmen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez  
Autónoma de Tabasco  
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km 1, C.P. 86690, Tabasco. México.  
\*psifuentes1@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Tabasco  
Carretera Federal Villahermosa - Teapa, Km. 14.6 Parrilla II, Centro, Tabasco. C.P.  
86288  
Ingeniería Química

La producción del 1,3-Propanodiol (1,3-PDO) ha captado una atención importante durante los últimos años. Tiene aplicaciones sustanciales como producto químico especializado, también el 1,3-PDO es considerado como elemento principal en la síntesis de polítrimetilén tereftalato (PTT), un polímero biodegradable que se emplea en la producción de fibras textiles y alfombras. Actualmente el 1,3 PDO es obtenido mediante síntesis química y bioconversión de glicerina

La síntesis química actual tiene la desventaja de que los catalizadores usan metales nobles, altas temperaturas y presiones durante esta reacción. En contraste la bioconversión de la glicerina a 1,3-Propanodiol por la vía de la fermentación es una vía atractiva por su temperatura moderada y ha sido investigada desde hace varias décadas, pero su rendimiento es bajo.

En la presente investigación se utilizaron partículas de latón compuestas por metales económicos para una reacción estable a diferencia de los microorganismos que normalmente requieren cuidados especiales.

En la síntesis de conversión del glicerol para la obtención de 1,3 propanodiol (1,3 PDO), primero se prepararon las partículas del catalizador de latón por medio de corte mecánico y lavadas con ácido clorhídrico diluido. Luego se empleó la técnica de destilación reactiva, la cual consistió en hacer reaccionar la glicerina en estado gaseoso a través del catalizador de latón dentro de un reactor tubular, usando atmósfera de nitrógeno. La mezcla de productos obtenidos es posteriormente separada por medio de una destilación fraccionada.



Para la caracterización del catalizador se realizó microscopía electrónica de barrido (SEM), análisis elemental del latón mediante Espectroscopía de Energía Dispersiva de rayos X (EDS,) determinación del área superficial del latón por adsorción de nitrógeno. La estructura química de las fracciones obtenidas de la destilación se analizó estructuralmente por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

Las partículas del latón activadas mecánicamente mostraron diferentes tamaños y formas como se muestra en las micrografías de SEM. Algunas partículas presentan forma de placas planas y otras placas están roladas en forma de tubos pequeños. Ambas partículas presentan estrías en su superficie incrementando el área superficial catalítica. Sobre la superficie de las partículas planas se encontraron partículas esféricas con tamaños de 0.3 a 1.0  $\mu\text{m}$  de diámetro aproximadamente. También se encontraron partículas en forma de agujas con tamaños aproximados de 10  $\mu\text{m}$ . Estas partículas después de reaccionar mostraron un envenenamiento de carbono y oxígeno evidenciado por el Análisis elemental (EDS), mostrando las señales características para el oxígeno de 0.5 eV y para el carbono de 0.3 eV. El área de superficie obtenida mediante la adsorción de nitrógeno para las partículas envenenadas después de la reacción fue de 0.818  $\text{m}^2/\text{g}$ , que fue suficiente para realizar la reacción. Se obtuvo una curva de lazo de histéresis cerrado, que es clasificado como tipo H3 de acuerdo a la clasificación de isotermas de adsorción emitido por la IUPAC. Los Análisis por FTIR mostraron la actividad catalítica para la descomposición de la glicerina en diferentes tipos de mezcla de glicoles que todavía son posibles de separar por destilación fraccionada. Una de las fracciones separadas a 100 °C muestra una banda amplia e intensa en la región de los 3398  $\text{cm}^{-1}$  señalando claramente la función química de los alcoholes. Otra banda aguda de mediana intensidad ubicada aproximadamente en 1646  $\text{cm}^{-1}$  sugiere la posible presencia de enlaces C=C. Este espectro diferente al de la glicerina, sugiere la descomposición de la glicerina en otros alcoholes por acción del catalizador.



## **Evaluación de la Citotoxicidad de Extractos de Raíz de *Ibervillea sonora* usando diferentes solventes**

**López-Castillo, Álvaro<sup>1</sup>, Fabián-Cruz, Ángela<sup>1</sup>, Moreno-Rodríguez,  
Adriana<sup>2</sup>, Herman-Lara, Erasmo<sup>1</sup>, Martínez-Sánchez Cecilia Eugenia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México campus Tuxtepec, Calzada Dr. Víctor Bravo  
Ahuja No. 561, Col. Predio el Paraíso, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca  
México, C.P. 68350,

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de  
Oaxaca, Oaxaca, México, C.P. 68120

\*[cecilia.ms@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:cecilia.ms@tuxtepec.tecnm.mx)

Ingeniería Química

### **Keynote**

La salud es uno de los bienes más preciados para cualquier persona, independientemente de su edad o nacionalidad. Sin embargo, todas las personas están expuestas a una amplia gama de enfermedades que pueden comprometer su bienestar y poner en riesgo su vida. Según el Instituto Nacional del Cáncer (NIC, por sus siglas en inglés), las enfermedades degenerativas son aquellas que afectan la función o la estructura de los tejidos y órganos, y que tienden a empeorar con el tiempo. Estas enfermedades presentan manifestaciones clínicas neuropatológicas variadas, pero en su mayoría afectan el movimiento, el lenguaje, la memoria y las funciones cognitivas, lo que conduce a una disminución progresiva de las capacidades de la persona hasta la pérdida total de la autonomía.

En México, las enfermedades más prevalentes que afectan a la población son las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la diabetes, las cuales representan las principales causas de mortalidad en adultos mayores. Esta alta incidencia subraya la necesidad urgente de explorar nuevos enfoques terapéuticos y preventivos, así como de investigar los posibles beneficios de diferentes compuestos naturales y extractos vegetales, como es el caso de la *Ibervillea sonora*, una raíz que se emplea y distribuye como un suplemento en la dieta siendo recomendado por sus propiedades hipoglucemiantes, sin embargo, se carece de estudios a nivel toxicológico y por lo tanto su seguridad. El presente estudio tiene como objetivo determinar el nivel de citotoxicidad de los extractos e infusión de la raíz de *Ibervillea sonora* en polvo y de una cápsula comercial de la raíz de la marca NATSA. La investigación incluyó dos métodos distintos de



extracción. En primer lugar, una extracción asistida por ultrasonido (80 kHz con una potencia al 100% durante 30 minutos a 20 °C), utilizando como agentes extractantes diversas mezclas de etanol y agua (100/0, 70/30, 50/50, 30/70 y 0/100). En segundo lugar, se llevó a cabo una extracción secuencial (relación de 1:10) con solventes de polaridad creciente: hexano, acetato de etilo y metanol. Adicionalmente, se realizó una infusión de la raíz (2.50 g en 250 mL de agua a 96 °C).

Los resultados del estudio revelaron diferentes niveles de citotoxicidad entre las muestras evaluadas. La cápsula de wereke presentó una  $CI_{50}$  de 91.41  $\mu\text{g/mL}$ , mientras que el extracto de etanol en una proporción de 100/0 mostró un valor de 103.12  $\mu\text{g/mL}$ . Por su parte, el extracto de etanol en proporciones de 70/30, 50/50 y 30/70 mostró valores de 93.23  $\mu\text{g/mL}$ , 103.21  $\mu\text{g/mL}$  y 99.48  $\mu\text{g/mL}$ , respectivamente. El extracto de etanol en una proporción de 0/100 presentó una  $CI_{50}$  de 126.74  $\mu\text{g/mL}$ . En el caso del extracto de hexano, se obtuvo un valor significativamente bajo de 2.98  $\mu\text{g/mL}$ , mientras que el extracto de acetato de etilo tuvo una  $CI_{50}$  de 112.47  $\mu\text{g/mL}$ . Por otro lado, el extracto de metanol mostró un valor de 40.28  $\mu\text{g/mL}$ . Finalmente, la infusión preparada con 250 mL de agua y 20 g de raíz presentó una  $CI_{50}$  de 94.00  $\mu\text{g/mL}$ .

Estos resultados sugieren que a mayor valor de  $CI_{50}$ , el efecto citotóxico es menor, y viceversa. Considerando estos valores, se recomienda realizar estudios adicionales con los extractos de 100% agua y acetato de etilo, que presentaron menores niveles de citotoxicidad, demostrando ser adecuados para futuros análisis y pruebas sobre sus actividades biológicas y sobre todo sobre pruebas de actividad hipoglucemiante *in vitro*.



## **Evaluación de las propiedades mecánicas y de barrera de biopelículas de biomasa de kéfir reforzada con celulosa microcristalina**

**Moreno-Leon, G.R.<sup>1</sup>, Pacheco-Vargas, G.<sup>1</sup>, Ávila- Reyes, S.V.<sup>1</sup>, Rodrigue, D.<sup>2</sup> y Solorza-Feria J.<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> *Dpto. de Desarrollo Tecnológico, CEPROBI-IPN, Carr. Yautepec-Jojutla, Km. 6, CEPROBI #8, San Isidro, Yautepec C.P. 62731, México*

<sup>2</sup> *Department of Chemical Engineering and CERMA, Université Laval, Quebec City, QC, G1V 0A6, Canada.*

*\*tjsolorza@ipn.mx*

Área: **Ingeniería Química**

Los biopolímeros (Bp) en las últimas décadas han despertado el interés en el desarrollo de biomateriales sostenibles, obtenidos a partir de macromoléculas como proteínas, lípidos y carbohidratos. La biomasa (Bm) es una materia prima sostenible que se ha denominado como “biopolímeros de base biológica”, refiriéndose a “biopolímeros” como derivados de plantas, animales y exopolisacáridos microbiano. Las propiedades mecánicas y de barrera, así como la permeabilidad son características imprescindibles que debe de poseer un Bp, sin embargo, la Bm de kéfir carece de estas, por lo que es importante la adición de compósitos que mejoren estas propiedades, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la adición de celulosa microcristalina (Cmc) como material de reforzamiento.

Para la obtención de la Bm los granulos de kéfir fueron lavados, prensados y secados hasta obtener un polvo, este se usó para la preparación de una dispersión formadora de películas de 2% en peso de materia seca de Bm. Posteriormente, con el propósito de evaluar el efecto reforzante de Cmc sobre las propiedades de las biopelículas, se añadió Cmc puro a la dispersión en niveles de 0 que fue la biopelícula control (B), 2 (B2) y 4 (B4) % en peso respecto a la materia seca, y como agente plastificante se les agrego 25% de glicerol a todas las biopelículas. A partir, de estas soluciones filmogénicas, se elaboraron las biopelículas por el método vaciado en placa, posteriormente se secaron a 40°C por 24h. Se determinó la permeabilidad de vapor de agua de las biopelículas siguiendo la norma ASTM-E96 (ASTM, 1995) y las propiedades mecánicas de las biopelículas, Tensión a la Fractura (TF), Módulo de Young (ME) y el % de elongación (%E) de acuerdo con la ASTM (ASTM D882- 02, 2002). El análisis estadístico se llevó a cabo con el software OriginPro 8.5 (OriginLab Corporation, EE.UU.).



El porcentaje de adición de Cmc fue significativo en una concentración del 2%, para los valores de VTA ( $4.191 \pm 0.311^a \times 10^{-03} \text{kg/s} \cdot \text{m}^2$ ) y PM ( $1.602 \pm 0.118^a \times 10^{-06} \text{kg/s} \cdot \text{Pa} \cdot \text{m}^2$ ) con respecto al control (B) (VTA:  $3.634 \pm 0.113^b \times 10^{-03} \text{kg/s} \cdot \text{m}^2$  y PM:  $1.393 \pm 0.020^b \times 10^{-06} \text{kg/s} \cdot \text{Pa} \cdot \text{m}^2$ ), mientras que, en la prueba de permeabilidad, el aumento reflejó diferencias significativas, con una tendencia no proporcional a este (PVA ( $\times 10^{-10} \text{kg} \cdot \text{m/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}$ ); B:  $1.180 \pm 0.014^c$ , B2:  $2.981 \pm 0.221^a$  y B4:  $1.766 \pm 0.018^b$ ). Este resultado mostró que el aumento del contenido de celulosa microcristalina en la matriz polimérica aumentó la WVP del biocomposito, esto condujo a una distribución heterogénea del material de celulosa microcristalina en la matriz biopolimérica, la interrupción de las interacciones de la matriz de biomasa total de kéfir en las biopelículas.

Las biopelículas adicionadas con Cmc lograron disminuir los valores de TF, ME y %E, mostrando que la biopelícula B fue  $6.829 \pm 0.487^a$  Mpa,  $1.341 \pm 0.181^a$   $\text{Mpa} \cdot \text{mm}^{-1}$  y  $46.495 \pm 1.697^a$  %, respectivamente. Por otro lado, al agregar el material de reforzamiento disminuyo entre un 72-66 % la capacidad de resistencia a la fractura (TF) para B4 ( $2.288 \pm 0.524^b$  Mpa) y B2 ( $1.912 \pm 0.306^b$  Mpa), respectivamente. La disminución de estos valores en presencia de este material reforzante se puede atribuir a que se forman enlaces de hidrógeno intramolecular entre Bm y Cmc en lugar de enlaces intermoleculares, lo que posiblemente resulta en una separación de fases entre el biopolímero de kéfir y la celulosa cristalina. Así mismo, los valores de ME tuvo un comportamiento similar con respecto a los vales de TF, los valores ME disminuyeron al adicionar B2 ( $0.559 \pm 0.094^b$   $\text{Mpa} \cdot \text{mm}^{-1}$ ) y B4 ( $1.113 \pm 0.244^a$   $\text{Mpa} \cdot \text{mm}^{-1}$ ) de celulosa microcristalina cuyos valores fueron hasta de 58.30 y 17.02 %, respectivamente. Esto causo defectos en la firmeza, homogenización y la adhesión interfacial del material reforzante. Así mismo, mostro una disminución en los valores de %E, arrojando 15.42 y 2.76%, para las biopelículas B2 ( $15.424 \pm 1.559^b$  %) y B4 ( $2.7602 \pm 0.1911^c$  %) con respecto al control (B). Se puede decir que este comportamiento se debe a las partículas de celulosa influyen en la estabilidad del biopolímero y de los mono y disacáridos producidos durante la preparación disminuyendo el %E. El análisis de resultados de las propiedades mecánicas y de barrera se realizó a partir del valor promedio  $\pm$  desviación estándar;  $n=5$ . Los valores con letras iguales no muestran diferencias significativas entre ellas, mediante análisis de medias por Tukey ( $p > 0.05$ ). En general, los cambios en las propiedades mecánicas pueden atribuirse a interacciones específicas entre la matriz biopolimérica y la celulosa microcristalina afectados por la humedad relativa, la presencia de otros constituyentes y la temperatura. Una buena reorganización de la red biopolimérica se logra con adecuadas propiedades mecánicas, las composiciones químicas con diferentes propiedades pueden según su naturaleza, crear enlaces con la matriz polimérica, reorganizar el polímero y, en consecuencia, mejorar estas propiedades.

## **Propiedades Térmicas y espectroscópicas de compuestos de PET reciclado usando Pigmentos Termocrómicos**

**Palma-Landero, Hedilberto<sup>1</sup>, López-Rodríguez, Angélica Silvestre<sup>2</sup>, Sifuentes-Gallardo, Pío<sup>3</sup>, Díaz-Flores, Laura Lorena<sup>4</sup>, Córdova-Bautista, Yolanda<sup>5</sup>**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
División Académica de Ingeniería y Arquitectura  
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda,  
Cunduacán, Tab; 86690  
palmahedilberto@gmail.com  
Área de conocimiento: Ingeniería Química

El PET es un polímero que se utiliza como materia prima en la fabricación de recipientes y botellas para múltiples productos alimenticios y de almacenamiento. La gran mayoría de los desechos provenientes del PET no reciben tratamiento para su reutilización o desecho, ante lo cual terminan en grandes cantidades en los centros de disposición final o en los sistemas ecológicos. Una vez que el PET ha sido utilizado se convierte en un residuo en forma de botella, fibra o nanopartículas que finalmente terminan contaminando los diferentes ecosistemas. Para este proyecto al sintetizar una base polimérica a partir del PET y la integración de pigmentos termocrómicos, es una alternativa para el reciclaje del polímero.

Este trabajo de investigación consiste en la síntesis y caracterización de los compuestos de PET con pigmento termocrómico, a través de una reacción de glicólisis entre el PET reciclado y Etilenglicol, para obtener el monómero bis(2-hidroxietil)tereftalato (BHET). Se utilizó un pigmento comercial, Let's Resin, con un cambio de color de naranja a amarillo a 31°C. Se seleccionó este color porque la resina PET reciclada con el pigmento termocrómico podría usarse en las marcas de la superficie de la carretera. Se obtuvieron compuestos de PET reciclado con 0.1, 0.3, 0.5 y 0.7 % de pigmento termocrómico, que fueron identificados como PET-PT-01, PET-PT-03, PET-PT-05 y PET-PT-07 respectivamente. Los compuestos obtenidos se analizaron mediante el análisis termogravimétrico (TGA) y la Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR).

El análisis por FTIR sirve para identificar los grupos funcionales presentes en los materiales, así el espectro de referencia BHET comercial son: pico de absorción a 3340  $\text{cm}^{-1}$  y 1135  $\text{cm}^{-1}$  que indican la presencia de grupos hidroxilo (-OH), el pico de absorción en 1716  $\text{cm}^{-1}$  son asignados a la vibración del grupo C=O, a 1253  $\text{cm}^{-1}$  vibración asimétrica del enlace éster C-O, y a 1072  $\text{cm}^{-1}$  se debe a vibración simétrica del enlace éster C-O.

El pico de absorción entre  $900\text{ cm}^{-1}$  y  $675\text{ cm}^{-1}$  se atribuyen a la vibración de los anillos aromáticos (Guo et al., 2018). El espectro FTIR muestra que el PET reciclado no presenta pico de absorción a  $3340\text{ cm}^{-1}$  que indicaría la presencia del grupo hidroxilo (-OH) y que sí se puede observar en el monómero BHTE, esta variación se debe a que durante la reacción de depolimerización el grupo hidroxilo se adiciona para la formación del monómero. Para el caso del pigmento no se encontró presencia del grupo hidroxilo a  $3340\text{ cm}^{-1}$  y grupo Carbonilo a  $1253\text{ cm}^{-1}$ ; para el caso de los compuestos PET-PT-01, PET-PT-03, PET-PT-05 y PET-PT-07 se presentan todos los grupos funcionales incluyendo el grupo hidroxilo que debe ser aportado por el pigmento a los compuestos y que este grupo puede ser el responsable de mantener unidos al PET con el pigmento.

El análisis por TGA es utilizado para cuantificar la estabilidad térmica de los materiales, el PET reciclado se tienen 3 regiones distintas, la primera corresponde a la vaporización de los compuestos volátiles absorbidos a temperaturas de  $60$  a  $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la segunda región corresponde a descomposición del PET a  $350$  a  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  y finalmente la pirólisis lenta de los restos a temperaturas mayores de  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Hamidi et al., 2022). El análisis por TGA muestra que el PET reciclado presenta las tres zonas de degradación del material, que conserva una estabilidad térmica al perder menos del  $15\%$  de masa antes de los  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  y que se tiene una pérdida de la masa por encima del  $80\%$  entre  $350$  a  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para el caso del BHTE la estabilidad térmica del material disminuye al degradarse por encima del  $20\%$ , entre los  $350$  a  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  la degradación es del  $90\%$ . En lo que corresponde al pigmento la vaporización de compuestos volátiles la pérdida del material es cercana al  $30\%$  antes de los  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una pérdida del  $80\%$  antes de los  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Los compuestos PET-PT-01, PET-PT-03, PET-PT-05 y PET-PT-07 presentan una vaporización de compuestos volátiles con una pérdida entre el  $35$  y  $40\%$  a temperaturas menores de  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para los  $350$  a  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  la degradación se encuentra entre  $85$  y  $90\%$ . Se puede observar que la estabilidad térmica de los compuestos se ve comprometida debido a la vaporización de compuestos volátiles presentes en el pigmento, de igual forma se ve afectada la degradación del material.

En conclusión la adición de pigmento al PET comercial tiene un efecto sobre las propiedades físicas de los materiales caracterizados, el análisis por FTIR demostró la ausencia del grupo hidroxilo en el espectro infrarrojo a los  $3340\text{ cm}^{-1}$  para el PET comercial y los compuestos con pigmento si presentan este grupo funcional; la degradación de los compuestos volátiles aportados por el pigmento, provocan una reducción de la estabilidad térmica de los compuestos como se demostró con el análisis por TGA.



## **Aprovechamiento sostenible del bagazo de *Agave angustifolia* Haw para la obtención de fitosteroles**

**Garcia-Avila, Edna<sup>1</sup>, Avila-Reyes, Sandra<sup>2</sup>, Camacho-Díaz, Brenda<sup>1</sup>,  
Arenas-Ocampo, Martha<sup>1</sup>, Campos-Mendiola, Roberto<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>CEPROBI-Instituto Politécnico Nacional  
Carretera Yautepec-Jojutla, Km 6, Calle CEPROBI no. 8  
Yautepec, Morelos, México C.P. 62731

<sup>2</sup>CONAHCyT-CEPROBI-Instituto Politécnico Nacional  
Carretera Yautepec-Jojutla, Km 6, Calle CEPROBI no. 8  
Yautepec, Morelos, México C.P. 62731

\*<sup>†</sup>rcamposm@ipn.mx  
Ingeniería Química

Actualmente, la generación y acumulación de toneladas de subproductos derivados de los procesos agroindustriales provocan problemas medioambientales y pérdidas económicas por no tener una adecuada disposición final. La bioeconomía aplicada a la gestión de residuos agroindustriales busca promover su reutilización en la creación de productos con valor agregado. En México, la generación de bagazo, un residuo obtenido durante el procesamiento de destilación del Agave ha ido en aumento debido a la creciente demanda a nivel mundial de esas bebidas y otros productos como jarabes y endulzantes obtenidos de esta planta. El bagazo por ser un residuo lignocelulósico es susceptible de ser reutilizado como materia prima para la obtención de compuestos bioactivos como fenoles, saponinas y fitosteroles, los cuales han sido estudiados por su actividad biológica antiinflamatoria, anticancerígena, hipocolesterolémica, entre otras.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue obtener, identificar y cuantificar fitosteroles del bagazo residual del proceso extractivo de fructanos (patente No. MX/a/2015/016512) de *Agave angustifolia* Haw desarrollado en el departamento de Desarrollo Tecnológico del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi-IPN).

Mediante maceración etanólica se evaluó el rendimiento de extracción del bagazo y de dichos extractos se cuantificó la cantidad de  $\beta$ -sitosterol y su glucósido, obtenidos con diferentes condiciones de extracción. Se probaron diferentes proporciones de material vegetal/disolvente (1:5 y 1:10), tiempos de maceración (24 h y 48 h), temperaturas (28°C y 40° C) y agitación (con y sin agitación constante). Los fitosteroles fueron



identificados y cuantificados por Cromatografía de Capa Fina de Alto Rendimiento (HPTLC) y Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR).

Las condiciones de extracción influyeron en la variación del porcentaje de rendimiento, donde a las 48 h de maceración, el rendimiento más alto se obtuvo en una relación 1:10 sin agitación y sin control de temperatura (0.900 %). Por el contrario, el rendimiento más bajo para el extracto a las mismas 48 h de maceración se encontró en una relación de 1:5, con agitación y temperatura (0.138 %). La cuantificación del glucósido de  $\beta$ -sitosterol mediante HPTLC permitió la comparación en los diferentes extractos. El valor más alto obtenido fue de 138  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , que corresponde al extracto de 24 h en una relación 1:10 en condiciones normales (sin agitación y 28 °C), mientras que el valor más bajo de 57.40  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , fue el cuantificado en el extracto de 24 h en una relación 1:5 en condiciones de agitación y calentamiento (40 °C). Respecto al  $\beta$ -sitosterol, el extracto de 24 h en una relación 1:10 con agitación y temperatura de 40 °C obtuvo el valor más alto (143.7  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) y el extracto de 48 h en relación 1:10 sin agitación y temperatura de 28 °C el valor más bajo (89.77  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ).

El análisis por FTIR presentó señal en regiones del espectro similares a los de las estructuras químicas de los estándares utilizados: glucósido de  $\beta$ -sitosterol y  $\beta$ -sitosterol en los diferentes extractos. Las principales coincidencias se observaron en la intensidad de las bandas correspondientes a la región del grupo hidroxilo (3200-3400  $\text{cm}^{-1}$ ) y en las vibraciones de los enlaces éter (1700 -1800) y del enlace glicosídico en el caso del glucósido (600-800).

En conclusión, los resultados mostraron que las condiciones de extracción influyeron de forma inversa en el rendimiento y concentración de los fitosteroles evaluados en el estudio. Ya que una mayor relación de disolvente, menor tiempo y menor temperatura fueron favorables para la extracción del glucósido de  $\beta$ -sitosterol y el  $\beta$ -sitosterol sin afectar la molécula muy probablemente por reacciones de oxidación de los fitoesteroles.



## **Propagación *in vitro* de *Tradescantia spathacea***

**García-Fernández, Alexis<sup>1</sup>, Pérez-González, Mariana Zuleima<sup>1</sup>, García-Martínez, Ignacio<sup>1</sup>, Jiménez-Arellanes, María Adelina<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ TES de Ecatepec. Av. Tecnológico S/N, Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec de Morelos, Estado de México. México, C.P. 55210

<sup>2</sup>Unidad de Investigación Médica en Farmacología, UMAE Hospital de Especialidades, CMNS XXI, IMSS. Av. Cuauhtémoc 330, Col. Doctores, CDMX, México, C.P. 06720.

**\*adelinajim08@prodigy.net.mx; alexis\_garfer@hotmail.com**

Área de conocimiento: Ingeniería Química.

*Tradescantia spathacea* es una especie nativa de México y Centro América, se utiliza en la medicina tradicional contra el resfriado, asma, micosis superficial, psoriasis, heridas, disentería, inflamación, cáncer, etc. El extracto metanólico y/o acuoso tiene actividad antioxidante, gastroprotectora, anticancerígena, antidiabética, antimutagénica, antibacteriana, antifúngica, antiviral, diurética, neuroprotectora e inmunológica. Por su amplio uso y actividad biológica descrita, es necesario establecer las condiciones biotecnológicas como la micropropagación, que permita una producción constante y un aumento en la biosíntesis de metabolitos secundarios de interés farmacológico.

Las hojas y semillas se colectaron en el Estado de Veracruz, en diciembre del 2023. Las hojas sanas y maduras fueron cortadas en trozos (1 cm<sup>2</sup>), los cuales se desinfectaron con el siguiente proceso: 1) Detergente 10 mL/L (10 min); 2) 100 mg/L de una mezcla de antibióticos (ceftriaxona, cefalexina y amoxicilina) por 30 min; 3) 1 mL/L de fungicida por 20 min; 4) EtOH al 70% (45 s); 5) 20% NaClO + 40 µL Tween por 20 min. Finalmente, tres fragmentos se colocaron en frascos con medio Murashige y Skoog (MS) adicionando reguladores de crecimiento vegetal Kinetina (Kin, 0, 1, 2 y 4 mg/L) y ácido indol acético (ANA, 0, 1, 2 y 4 mg/L). Los frascos se incubaron a 26 ± 2 °C con lámparas florecientes (50 µmol/m<sup>2</sup>/s) y un fotoperiodo 16 h luz/8 h oscuridad por 15 días. Por otro lado, las semillas fueron lavadas con diferentes concentraciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0, 25, 50, 75 y 100 %) para inducir la escarificación y después fueron desinfectados con el proceso antes mencionado. Posteriormente, las semillas se colocaron en medio MS a diferentes concentraciones (1.10, 2.21, 3.31 o 4.43 g/L).

La identificación botánica la realizó el Biólogo Santiago Xolalpa Molina y un ejemplar de herbario fue depositado en el Herbario IMSSM, con No. de Voucher 17,124.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

En primer lugar, las diferentes concentraciones y combinaciones de Kin/ANA empleadas no permitieron la formación de callos a partir de explantes de hojas. La siguiente opción fue inducir la micropropagación mediante la germinación de semillas (400), las cuales fueron previamente escarificadas con  $H_2SO_4$  a diferentes concentraciones y después se colocaron en MS. El análisis estadístico ANOVA de dos vías indica que el medio MS tiene un mayor efecto en la germinación, contribuyendo con un 36.52% a la variación, mientras que el  $H_2SO_4$  aporta un 33.74%. Además, la interacción entre el medio MS y el  $H_2SO_4$  contribuye con un 20.25%, lo que sugiere que tanto los factores individuales como su combinación influyen considerablemente en los resultados. Obteniendo el mayor porcentaje de germinación con la combinación de  $H_2SO_4$ :MS al 50% y  $H_2SO_4$ :MS (75%:100%). El uso de  $H_2SO_4$  permite la abrasión de la semilla, dando paso a los nutrientes del medio, agua y oxígeno hacia el endospermo provocando el proceso de germinación. Además de la abrasión química, la adecuada cantidad de nutrientes en el medio MS contribuye significativamente al éxito de la germinación.



## **Análisis de la obtención de alginato de sodio a partir de la planta acuática *Elodea densa*, por el método convencional.**

**Muñoz-Gambino, Laura<sup>1</sup>, López-Zamora, Leticia<sup>1</sup>, Águila-Rodríguez Gerardo<sup>1</sup>, Cerecero-Enríquez Rosalía<sup>1</sup>, Ortiz-Celiseo, Araceli<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9, 852. Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz C.P. 94320, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería Química. Av. Oriente 9, 852. Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz C.P. 94320, México.

\*[araceli.oc@orizaba.tecnm.mx](mailto:araceli.oc@orizaba.tecnm.mx)

Área de conocimiento: Ingeniería Química

El alginato de sodio es un polisacárido derivado de algas pardas y marrones, usado como agente gelificante y para realizar esferificaciones. De acuerdo con Yong *et al.*, (2023), el alginato de sodio presenta sales de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ , que depende de la selectividad de sus enlaces y facilita su extracción. Existen desafíos debido al poco rendimiento que se obtiene, además de la temporalidad de la abundancia de las algas alrededor de las costas. La *Elodea densa* es una planta acuática considerada invasora en muchas partes del mundo, debido al rápido crecimiento que tiene en aguas frías de climas tropicales, pues sus raíces están en la capacidad de crecer en cualquier parte del tallo, permitiéndole sujetarse con facilidad del suelo (Zehnsdorf *et al.*, 2015). La planta *Elodea densa* se considera una plaga debido a que obstruye los sistemas de drenaje y causar problemas ecológicos y económicos, por lo que el objetivo de este trabajo consta en utilizarla como fuente de obtención de alginato de sodio, la cual se obtuvo de la Ciudad de Orizaba, en el estado de Veracruz. La extracción se realizó mediante tres etapas a diferentes temperaturas y pH. La caracterización de alginato de sodio se realizó mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

En la metodología se desarrolló el método convencional utilizado para la extracción de alginato de sodio en algas pardas, y consta tres etapas diferentes: a) *Recolección y preparación de las plantas acuáticas*. La planta *Elodea densa* fue recolectada en la Laguna de Nogales y Ojo de Agua, Orizaba, Ver. Se colocó en una bolsa de cierre hermético para su transporte, eliminando posteriormente toda impureza presente en las plantas. Se realizó un secado solar (24 h) y, posteriormente, se trituró y pulverizó con la finalidad de una mayor adsorción de los reactivos



aplicados. Se realizó la hidratación con formaldehído al 0.1% durante 12 h de reposo, b) *Extracción*: Se realizó un tratamiento de ácido clorhídrico (1N), se adicionó hasta obtener un pH entre 3 a 4, durante 15 min. Posteriormente, se agregó una solución de carbonato de sodio al 10%, hasta alcanzar un pH de 10. La extracción se realizó a baño maría a 80°C durante 2 h. Posteriormente, se filtró a vacío y se precipitó con la adición de solución de cloruro de calcio al 10% y c) *Tratamiento de muestra para conversión algínico a alginato de sodio*: se adicionó una solución de HCl (1N) hasta ajustar el pH a 2 y se dejó en agitación durante 15 min. La muestra se decantó y se repitió el lavado con HCl (1N) ajustando el pH a 2. Posteriormente, se adicionó una mezcla de alcohol-agua (1:1) con una cantidad de 15 mL/g. Se añadió una solución de carbonato de sodio al 10% hasta obtener un pH de 8, en agitación constante con un agitador magnético. Posteriormente se filtró la muestra, y se eliminó el exceso de agua, se lavó con alcohol etílico y se prensó. El producto se llevó a secado a 50°C durante 4 horas en un horno marca VEVOR. Se preparó la muestra para la determinación de FTIR, en un espectrofotómetro FTIR Nicolet™ IS5™.

Bajo las condiciones descritas, los resultados muestran un rendimiento del 7.61% con la muestra obtenida en Ojo de Agua, que se trabajó con un pH de 3 y una temperatura de 80 °C en la extracción. En comparación con la obtención de alginato obtenido del alga *Zygnemataceae* de agua dulce, donde se obtuvo un rendimiento de 6.08% y del alga *Laminaria digitata* de agua salada con el 43% (Naranjo, 2019). La variación de rendimiento, se debe a las características fisicoquímicas del agua donde se obtuvieron las plantas acuáticas. Se caracterizó la muestra mediante FTIR, obteniendo bandas de absorción las cuales demuestran los grupos funcionales del alginato de sodio. En los datos obtenidos, se observa un estiramiento de O-H en 3275 cm<sup>-1</sup>, el grupo de C-H corresponde a 2925 cm<sup>-1</sup>, la señal que caracteriza a los anillos. En el estiramiento asimétrico de C-O de COONa es de 1598 cm<sup>-1</sup> y de C-O del COO<sup>-</sup> con 1409 cm<sup>-1</sup>.

Para los grupos funcionales del carbohidrato y éster, presentan estiramientos de 1027 cm<sup>-1</sup>. Los anillos piranosa de la molécula, se observan en 945 cm<sup>-1</sup>. La característica física del alginato de sodio, se presentó con un color verde debido a que proviene de una planta acuática. Se esperan estudios más detallados, para mejorar el rendimiento y purificación del alginato de sodio.



## **Elaboración de biopelículas a base de coyol (*Acrocomia aculeata*) y Poli (ácido láctico) PLA, para obtener bioplásticos biodegradables**

**Peña-Juárez Mariana<sup>1</sup>, López-Zamora Leticia<sup>2</sup>, Pérez-Ávila Raúl<sup>1</sup>, Ortiz-Celiseo, Araceli<sup>\*</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9, 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, México, CP.94230.

<sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9, 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, México, C.P 94320.

\*araceli.oc@orizaba.tecnm.mx

Área de conocimiento: Ingeniería química

La utilización excesiva de plásticos derivados del petróleo causa cada vez más preocupación debido a su impacto en el medio ambiente, especialmente por la contaminación causada al ser no biodegradables. Frente a este problema, se ha propuesto el uso de biopolímeros como el ácido poliláctico (PLA), ya que provienen de fuentes renovables y tienen la capacidad de descomponerse naturalmente en condiciones apropiadas. A pesar de ser prometedoras, las propiedades mecánicas y funcionales del PLA no siempre cumplen con los estándares necesarios para su uso en aplicaciones industriales, especialmente al compararlo con plásticos convencionales. Es por eso que resulta crucial buscar estrategias para mejorar sus características sin poner en riesgo su sostenibilidad.

En este sentido, la utilización de fibras vegetales obtenidas a partir de desechos agrícolas, tales como las del coyol, en la producción de biopelículas preparadas con PLA, constituye una propuesta novedosa. El coyol, un subproducto agrícola que usualmente se desecha, tiene cualidades mecánicas que pueden ser utilizadas para fortalecer las matrices de PLA. El uso de fibras de coyol no solo aborda la preocupación por los materiales sostenibles, sino que también fomenta una gestión responsable de residuos y el desarrollo de nuevos materiales con posibles aplicaciones en empaques de alimentos.

En este trabajo se evaluó la interacción entre las fibras de coyol y el biopolímero Poly(ácido láctico) (PLA) mediante el uso del agente de acoplamiento 3-aminopropil trimetoxisilano (APTMS), con el fin de desarrollar biocompositos poliméricos que presenten propiedades



mecánicas mejoradas. En primer lugar, las fibras de coyol fueron lavadas, secadas y reducidas de tamaño utilizando un molino de aspas, y posteriormente tamizadas para obtener un tamaño de partícula uniforme. Luego, las fibras fueron sometidas a un tratamiento alcalino con NaOH para eliminar lignina, ceras y aceites, exponiendo así la celulosa y aumentando la rugosidad superficial. A continuación, se añadió APTMS por goteo, seguido de agua, y finalmente, el material se enjuagó, filtró y secó. La preparación de los biocompositos se llevó a cabo mediante el método de volatilización de disolvente.

Las biopelículas se elaboraron a partir de esta harina de coyol funcionalizada en dos concentraciones diferentes: 0.1% y 0.5%. Las biopelículas resultantes fueron sometidas a diversas pruebas fisicoquímicas para evaluar su permeabilidad, elasticidad y transparencia, características esenciales para aplicaciones potenciales. Además, se realizaron pruebas de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración. Para determinar el grado de biodegradabilidad, se realizaron ensayos enterrando las biopelículas bajo tierra.

En cuanto al comportamiento mecánico, los biocompositos preparados con fibras de coyol silanizadas mostraron un aumento del 26.8% en la elongación, lo que sugiere que las fibras actúan como refuerzos efectivos, bien integrados en la matriz polimérica. Este aumento en la elongación es indicativo de una mejor interacción interfacial entre las fibras y la matriz, contribuyendo a una mejora significativa en las propiedades mecánicas del material final.

Además, el uso de harina de coyol tuvo un efecto positivo en la solubilidad, superior en 77.5% en comparación al PLA sin refuerzos de coyol, lo cual puede ser beneficioso para liberar de manera controlada compuestos activos, como agentes antimicrobianos, antioxidantes, o conservantes, en respuesta a las condiciones del entorno del alimento. También se encontró que la permeabilidad disminuyó 52.4, lo cual ayuda a limitar la entrada de oxígeno y la salida de otros gases, lo cual es fundamental para retardar procesos como la oxidación de lípidos.

Finalmente, las propiedades anteriores facilitan su biodegradación, lo cual es beneficioso para el medio ambiente y potencialmente adecuado para aplicaciones en alimentos de baja humedad.



## **Estudio teórico de la adsorción de curcumina sobre nitruro de carbono grafítico como sistema transportador para aplicaciones biomédicas**

**Sánchez-Vázquez, Mario<sup>1</sup>, Ibarra-Rodríguez, Marisol<sup>2</sup>, Hernández-Romero, Delia<sup>3</sup>, Colorado-Peralta, Raúl<sup>3</sup>, Rosete-Luna, Sharon\*<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Alianza Norte 202 PIIT, carretera Monterrey-Aeropuerto Km. 10, Apodaca, Nuevo León, México, 66628.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León México, 66455.

<sup>3</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Prolongación de Oriente 6, No. 1009, Orizaba Veracruz, México, 94340.

[srosete@uv.mx](mailto:srosete@uv.mx)

Área de conocimiento: Ingeniería Química

La enfermedad de Alzheimer (EA) es una enfermedad neurodegenerativa progresiva que se caracteriza por un deterioro progresivo que afecta las actividades de la vida cotidiana y cambios de comportamiento; se dice que esta enfermedad es causada por distintas causas, entre ellas, la formación de placas sinápticas de  $\beta$ -amiloide y la proteína Tau. Estos péptidos se acumulan en el espacio sináptico impidiendo la transmisión de los neurotransmisores, por otra parte, la curcumina un producto natural que se encuentra en la planta conocida como curcuma longa, ha sido utilizada para retrasar el deterioro cognitivo, y es considerado como un antiamiloidogénico. Sin embargo, uno de sus principales inconvenientes es su baja biodisponibilidad, debido a su baja solubilidad acuosa y baja estabilidad, esto da pauta a la búsqueda de sistemas acarreadores que permitan aumentar su biodisponibilidad. En este trabajo se propuso un estudio teórico por cálculos por DFT evaluando la capacidad de adsorción entre la curcumina y el nitruro de carbono grafítico ( $gC_3N_4$ ) éste es un material con aplicaciones biomédicas, debido a sus propiedades fisicoquímicas, biocompatibilidad, biodegradabilidad y baja toxicidad, además de que ya ha sido estudiado por su capacidad de formar complejos de inclusión, ya que dentro de su estructura presenta átomos



aceptores de hidrógeno, evaluando a este material como posible acarreador de la curcumina.

Los cálculos computacionales se realizaron con el método PBE0 en combinación con el conjunto de bases def2/TZVP utilizando el programa Gaussian 16, además se realizaron las correcciones de dispersión empírica de Grimme(D3) para obtener las energías más precisas, se calcularon las geometrías de mínimos locales y las estructuras se visualizaron con Chemcraft v.1.8. La energía de adsorción ( $E_{ads}$ ) se define como la diferencia entre la energía total del complejo curcumina-  $gC_3N_4$  y la suma de las energías de los fragmentos aislados (curcumina y  $gC_3N_4$ ) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_{ads} = E_{\text{curcumina-}gC_3N_4} - (E_{[gC_3N_4]} + E_{[\text{curcumina}]})$$

Los resultados sugieren que la molécula de curcumina puede ser adsorbida físicamente por el  $gC_3N_4$  con las  $E_{ads}$  de -43.9kcal/mol en estado gaseoso y de -32.63 kcal/mol en estado acuoso, el complejo se encuentra estabilizado por 4 puentes de hidrógeno, estas energías son comparables con otros sistemas acarreadores de fármacos reportados en la literatura con el mismo método como el derivado de grafeno CTF, estudiado con el fármaco de adrucil, que mostró  $E_{ads}$  de -69.82 kcal/mol, así mismo el nitruro de carbono gráfico ha sido estudiado como transportador de carboplatino para el tratamiento del cáncer, donde reportaron  $E_{ads}$  de -134.11 kcal/mol en fase gaseosa y -50.17 kcal/mol en fase acuosa, realizado de igual forma por cálculos DFT.

Comparando con estos sistemas de adsorción de fármacos, el complejo curcumina-  $gC_3N_4$  presenta una energía competitiva, lo que lo posiciona como un sistema prometedor para aplicaciones en la administración de curcumina, especialmente considerando la baja toxicidad y biocompatibilidad del  $gC_3N_4$ . En conjunto, estos resultados sugieren que el  $gC_3N_4$  es un material viable para el transporte y estabilización de la curcumina. Futuros estudios experimentales y teóricos podrían profundizar la interacción con otros fármacos y evaluar su efectividad en entornos biológicos más complejos.



## CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024

TecNM - Tecnológico Nacional de México  
ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba  
DEPI - División de Estudios de Posgrado

# Sistemas Computacionales





## **Proveedores de huellas de edificios: Cobertura, tecnologías y su importancia en la planificación urbana.**

**Estévez Dorantes Thelma Leonor<sup>1</sup>, Panzi Utrera Manuel<sup>2</sup>, Vázquez Trujillo Cesar Roberto<sup>3</sup>, Hernández Acevedo Gustavo<sup>4</sup>, Colohua Castillo Cutberto<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Orizaba  
Avenida Oriente 9 No. 852. Col. Emiliano Zapata.  
Orizaba, Veracruz, México

Ote. 9, Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, México, C.P 94320

<sup>1</sup>TecNM-Orizaba [thelma.ed@orizaba.tecnm.mx](mailto:thelma.ed@orizaba.tecnm.mx), <sup>2</sup>TecNM-Orizaba [manuel.pu@orizaba.tecnm.mx](mailto:manuel.pu@orizaba.tecnm.mx),

<sup>3</sup>TecNM-Orizaba [cesar.vt@orizaba.tecnm.mx](mailto:cesar.vt@orizaba.tecnm.mx) <sup>4</sup>TecNM-Orizaba [gustavo.ha@orizaba.tecnm.mx](mailto:gustavo.ha@orizaba.tecnm.mx),

<sup>5</sup>TecNM-Orizaba [L19010397@orizaba.tecnm.mx](mailto:L19010397@orizaba.tecnm.mx)

Área de conocimiento: Planificación Urbana y Tecnologías Geoespaciales.

---

### Introducción.

La planificación urbana moderna depende cada vez más de datos geoespaciales precisos, y los proveedores de huellas de edificios (building footprints) juegan un papel crucial en este ámbito. Estos proveedores ofrecen representaciones detalladas de la geometría de los edificios en diversas áreas geográficas, lo cual es fundamental para la gestión de infraestructuras y la toma de decisiones urbanas. Este keynote analiza las diferencias entre los principales proveedores de huellas de edificios, evaluando su cobertura geográfica, las tecnologías que utilizan, su accesibilidad, la integración de herramientas y la frecuencia de actualización de sus datos.

### Desarrollo

La accesibilidad de estos datos también varía. Mientras que OpenStreetMap (OSM) ofrece acceso libre y gratuito a sus huellas de edificios, Google® (Google Maps Platform y Google Open Buildings) y Microsoft® (Azure Maps) suelen requerir licencias para su uso comercial. Además, la integración de herramientas adicionales, como los sistemas de información geográfica (SIG) en plataformas como ArcGIS de Esri, facilita a los usuarios finales la utilización de estos datos en proyectos específicos, como la planificación de nuevas infraestructuras o la evaluación del impacto ambiental de desarrollos urbanos.



## Resultados

El análisis comparativo muestra que, aunque todos los proveedores ofrecen valiosas herramientas para la planificación urbana, la elección del proveedor adecuado depende de las necesidades específicas del proyecto. Para proyectos que requieren datos en tiempo real y alta precisión en áreas urbanas densas, Microsoft® (Azure Maps) se presenta como la opción más robusta debido a su capacidad de actualización continua. Google® (Google Maps Platform y Google Open Buildings), con su vasta cobertura y accesibilidad a través de diversas plataformas, es ideal para proyectos que demandan un enfoque más global. OpenStreetMap (OSM), aunque menos preciso, sigue siendo una excelente opción para iniciativas que buscan flexibilidad y colaboración comunitaria.



## **Modelado de velocidades vehiculares en función de la congestión de tráfico utilizando la Función Logística**

**De la Cruz-Nicolás, Ernesto<sup>1\*</sup>, Estrada-Esquivel, Hugo<sup>2</sup>, Martínez-Rebollar, Alicia<sup>3</sup>, Pliego-Martínez, Odette<sup>4</sup>, Eddie Clemente<sup>1</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Cuautla

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Milpa Alta

Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, Cuernavaca, Morelos, México, 62490

\*d21ce090@cenidet.tecnm.mx

Sistemas Computacionales

### **Introducción**

El modelado de velocidades vehiculares en función de la congestión de tráfico es crucial para el análisis y gestión del transporte urbano, permitiendo comprender y predecir cómo las condiciones de tráfico influyen en el comportamiento vehicular dentro de una red vial. La congestión afecta no solo la velocidad de los vehículos, sino también la eficiencia del transporte, la seguridad y la calidad de vida en entornos urbanos. En este sentido, la aplicación de modelos matemáticos y estadísticos es esencial para la planificación y optimización del tráfico. La Función Logística ha demostrado ser una herramienta eficaz para modelar fenómenos con patrones de crecimiento y saturación en forma de S. Derivada de la ecuación logística, esta función captura la dinámica de saturación y las variaciones en la velocidad de los vehículos en respuesta a cambios en la congestión. Disponer de un modelo basado en la función logística que vincule las velocidades vehiculares con la congestión de tráfico permite predecir el punto de inflexión en el que las velocidades de las calles se ven más afectadas, así como identificar umbrales críticos y su impacto en la movilidad urbana.

### **Desarrollo**

Para desarrollar el modelo de velocidades vehiculares en función de la congestión del tráfico utilizando la Función Logística, se emplearon métodos del enfoque CRISP-DM, una metodología que integra técnicas avanzadas de ciencia de datos. A continuación, se detallan los métodos:

*Recolección de datos de velocidades y de congestión de tráfico:* La recolección de datos se llevó a cabo utilizando una API de Here Maps, que ofrece información detallada sobre el flujo vehicular en las calles de interés. Este servicio proporciona datos en formato JSON, incluyendo



velocidad actual, factor de congestión, flujo libre y velocidad esperada, entre otros. Se obtuvieron datos de velocidades y congestión de tráfico para 7,024 calles principales en las 16 alcaldías de la Ciudad de México, con intervalos de tiempo de 5 minutos durante las 24 horas, abarcando el período de febrero a junio de 2024.

*Preprocesamiento de los datos de velocidad y congestión de tráfico:* Se llevó a cabo la limpieza de datos de velocidad y congestión de tráfico, eliminando duplicados para garantizar la integridad de la información. Además, se realizó la normalización de los datos, ajustándolos a una escala uniforme entre 0 y 1, y se aplicó una transformación cúbica para mejorar la normalidad de la distribución, optimizando así la calidad de los datos.

*Desarrollo del modelo:* Se propone la ecuación 1 como modelo de velocidades vehiculares en función de la congestión de tráfico.

$$V(t) = \frac{V_{max}}{1+e^{-k(t-t_0)}} \quad (1)$$

*Dónde:*  $V(t)$  es la velocidad (variable dependiente),  $t$  es la congestión del tráfico (variable independiente),  $V_{max}$  es la velocidad máxima teórica,  $k$  es una constante que determina la pendiente de la curva,  $t_0$  es el valor de congestión en el que la velocidad es la mitad de la velocidad máxima.

*Comparación del modelo:* El modelo propuesto de velocidades vehiculares basado en la Función Logística se comparó con modelos tradicionales como el Speed Performance Index (SPI) y el Speed Reduction Index (SRI). Esta evaluación mostró que el modelo propuesto ofrece una representación más precisa del impacto de la congestión en la velocidad de los vehículos, superando a los enfoques tradicionales en la captura de las dinámicas de tráfico en entornos urbanos complejos.

## **Resultados**

Las velocidades vehiculares en función de la congestión de tráfico, se obtuvo que un valor alto de  $k$  indica que la función crece rápidamente hacia el punto de inflexión, lo que sugiere una mejor velocidad de desplazamiento. Por el contrario, un valor bajo de  $k$  indica una velocidad de desplazamiento lenta. El parámetro  $t$  representa el tiempo actual en el cual se evalúa la función para determinar el desempeño de la velocidad.  $V_{max}$  es el valor máximo que  $V(t)$  alcanza a medida que  $t$  tiende a infinito. El punto de inflexión,  $t_0$ , señala el momento en que la función cambia su tasa de crecimiento, es decir, el tiempo en que se produce el cambio en la velocidad de desplazamiento, pasando de alta a baja velocidad.



## **Identificación de Patrones en la selección de variables mediante el Análisis Factorial: Marginación en localidades**

**Pliego-Martínez, Odette<sup>1\*</sup>, Martínez-Rebollar, Alicia<sup>2</sup>, Estrada-Esquivel, Hugo<sup>3</sup>, De la Cruz-Nicolás, Ernesto<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)  
Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira  
Cuernavaca, Morelos, México, C.P. 62490  
\*d21ce092@cenidet.tecnm.mx  
Sistemas Computacionales

### **Introducción**

El proceso de selección de variables relevantes es crucial en el análisis de datos porque permite identificar las variables más significativas que explican un fenómeno de manera más efectiva. Este proceso filtra las variables que aportan más información, mejorando la claridad y eficiencia del análisis.

Un patrón es un conjunto de elementos que comparten características comunes. La selección de variables relevantes puede entenderse como una forma de identificar patrones, ya que busca descubrir qué variables tienen características similares y son esenciales para explicar un fenómeno.

El análisis factorial es una técnica estadística multivariada que simplifica datos complejos al identificar relaciones entre variables que no son evidentes a simple vista. El análisis factorial organiza los datos agrupando variables en factores subyacentes que explican sus correlaciones. Estos factores, que son variables no observadas, permiten agrupar las variables en conjuntos distintos y homogéneos.

Este estudio se enfoca en la marginación, un fenómeno que evidencia carencias y rezagos en aspectos fundamentales como la educación, la vivienda, los servicios públicos y las condiciones socioeconómicas; los cuales afectan el desarrollo de la población. El objetivo es aplicar el análisis factorial para identificar patrones que permitan seleccionar las variables clave.

### **Desarrollo**

A continuación, se describe el proceso de aplicación del análisis factorial en el contexto de la marginación en localidades de la Ciudad de México:



*Recolección de datos:* Los datos sobre marginación provienen del Consejo Nacional de Población (CONAPO), según el Censo 2020. La información geográfica de las localidades se obtuvo de los Datos Abiertos CDMX.

*Preprocesamiento de datos:* Se realizó una limpieza de datos seleccionando variables de interés, corrigiendo valores erróneos e integrando los conjuntos de datos. Luego, se aplicó la normalización Z-score para asegurar la consistencia y comparabilidad de los datos. Los cálculos fueron realizados mediante el lenguaje de programación R.

*Selección de variables:* Se utilizó el lenguaje R para aplicar el análisis factorial al caso de estudio de marginación.

El conjunto de datos final incluye 1,814 registros, cada uno correspondiente a una localidad y abarca 12 variables.

## **Resultados**

El análisis factorial ha identificado dos patrones distintos en el estudio de la marginación. El primer patrón agrupa 3 variables relacionadas con carencias en servicios e infraestructura de la vivienda. El segundo patrón agrupa 7 variables que reflejan carencias sociales en educación, salud, entre otras. Adicionalmente las variables de población analfabeta y número de habitantes, no se asociaron a ningún factor específico.

Para seleccionar las variables más relevantes, se estableció un umbral basado en las cargas factoriales más altas de las tres principales variables de cada factor. El conjunto de datos final se compone de 6 variables clave organizadas en dos grupos (factores). El primer grupo se refiere a las carencias en servicios e infraestructura de la vivienda, como la falta de drenaje, energía eléctrica y agua potable. El segundo grupo se enfoca en las deficiencias sociales y educativas, abarcando variables como la población con educación básica, el acceso a internet y las condiciones de hacinamiento.

En resumen, el análisis factorial ha facilitado la reducción de la complejidad del conjunto de datos sobre la marginación; al identificar dos patrones que resumen las principales carencias y problemas en las localidades de la Ciudad de México. Estos hallazgos han contribuido a una mejor comprensión de los tipos de marginación y a la selección de las variables más relevantes.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

## **Índices de Reprobación y Deserción: Indicadores Clave para la Mejora Educativa**

**Angeles-Hernández, Leonor<sup>1\*</sup>, Acosta-Miranda, Mónica Leticia<sup>2</sup>,  
Pérez-Machorro Julio<sup>3</sup>, Bárcenas-Martínez, Venancio<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Cuautla

Libramiento Cuautla – Oaxaca S/N, Col. Juan Morales, Yecapixtla Morelos  
Mexico, 62826

\* [leonor.angeles@cuautla.tecnm.mx](mailto:leonor.angeles@cuautla.tecnm.mx)

Área de conocimiento: Sistemas Computacionales

### **Introducción**

El éxito educativo es uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de cualquier sociedad y el Instituto Tecnológico de Cuautla no es la excepción. Sin embargo, la presencia de índices de reprobación y deserción escolar representa un desafío importante que afecta tanto el rendimiento académico como el crecimiento profesional de los estudiantes. Para enfrentar esta problemática, se esta por concluir el proyecto de investigación: Sistema de monitoreo enfocado a Índices de Reprobación y Deserción Escolar. Parte del proyecto comprende el implementar una plataforma Web, que registre las calificaciones por unidades de cada una de las materias que se imparten en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, ya que estos indicadores se ha convertido en una herramienta esencial para identificar las causas subyacentes y diseñar estrategias efectivas que promuevan una mayor retención y éxito académico. El monitoreo de los índices de reprobación y deserción permite al instituto no solo comprender las dinámicas que influyen en estos fenómenos, sino también proponer intervenciones dirigidas a mejorar la calidad educativa, optimizar los recursos pedagógicos y fomentar un ambiente escolar inclusivo y motivador. Esta Keynote tiene como objetivo presentar los indicadores clave relacionados con la reprobación y deserción en el contexto del Instituto Tecnológico de Cuautla, analizando los factores que los impulsan y las posibles soluciones para reducir su impacto, contribuyendo así a una mejora integral de los procesos educativos.

### **Desarrollo**

En el Instituto Tecnológico de Cuautla, la preocupación por los índices de reprobación y deserción ha motivado la implementación de herramientas tecnológicas que permitan un monitoreo más efectivo y en tiempo real de estos factores. Como respuesta a esta necesidad, se ha desarrollado una plataforma Web diseñada para registrar y analizar las calificaciones de los



estudiantes, ofreciendo a los docentes y autoridades del instituto un acceso inmediato a información clave sobre el rendimiento académico y la retención estudiantil.

La plataforma ha sido diseñada con el objetivo de facilitar el proceso de seguimiento de los estudiantes, permitiendo que los profesores ingresen las calificaciones de manera directa y sencilla. Cada docente registra las notas obtenidas por los estudiantes de cada materia, y la plataforma procesa automáticamente estos datos, generando informes sobre los índices de reprobación y deserción. Estos informes se presentan tanto en formato de lista como en gráficos interactivos, lo que facilita la comprensión y el análisis visual de la información. Debido a que calcula automáticamente el porcentaje de estudiantes que han reprobado en cada asignatura, así como aquellos que han desertado a lo largo del ciclo escolar. El monitoreo continuo de los índices de reprobación y deserción mediante el uso de herramientas tecnológicas será clave para promover la mejora educativa en el Instituto Tecnológico de Cuautla. Esta plataforma no solo facilita el registro de calificaciones y el análisis de datos, sino que también promueve una cultura de seguimiento y evaluación constante que beneficia tanto a estudiantes como a docentes. Al permitir una intervención oportuna y bien informada, el instituto avanza hacia una educación más inclusiva y eficiente, con el objetivo de reducir los índices de reprobación y deserción, mejorando el rendimiento académico de sus estudiantes.

## **Resultados**

El desarrollo de este proyecto con la implementación de una plataforma Web puede ser una herramienta eficaz para mejorar la calidad educativa en el Instituto Tecnológico de Cuautla. Al proporcionar a los profesores y autoridades educativas una forma eficiente de monitorear el desempeño académico y la retención de los estudiantes, la cual también permite identificar áreas de mejora y diseñar planes de acción específicos. La posibilidad de intervenir de manera temprana ha reducido significativamente los índices de deserción en varias materias, al tiempo que permite a los estudiantes recibir el apoyo que necesitan para superar las dificultades académicas y mejorar su rendimiento académico.



## CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024

TecNM - Tecnológico Nacional de México  
ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba  
DEPI - División de Estudios de Posgrado

# Ingeniería Industrial





## **Optimización de costos, tiempos e infraestructura en empresa manufacturera de trenes**

**Hernández-Domínguez, Carmin<sup>1\*</sup>, Flores-Ortega, Ma. Isabel<sup>2</sup>,  
Hernández-Meneses, Karina Dafne<sup>3</sup>, Guevara-Franco, Alicia<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Oriente  
del Estado de Hidalgo

Carretera Apan-Tepeapulco Km 3.5, Colonia Las Peñitas,  
Apan Hidalgo, México, C.P. 43900

\*chernandez@itesa.edu.mx

Ingeniería Industrial

Una buena gestión y administración dentro del almacén es de suma importancia ya que aporta a las organizaciones control sobre las principales actividades dentro de éste; como lo son la protección, planificación y dirección que incorpora desde la materia prima, hasta el producto terminado. Los problemas más comunes encontrados en los almacenes se centran cuando no se tiene una dirección y procedimientos con ello se tiene como consecuencia no saber las ubicaciones, tener más material del que se requiere además de tener material obsoleto o caducado. Específicamente en Grupo Alstom que es una empresa que se dedica a la fabricación de transporte de tipo ferroviario y que por la naturaleza de su proceso deben llevar un control adecuado por cada lote de producción, presentan un problema con el almacén de outsourcing, dado que no se lleva un control con proveedores y esto hace que las consecuencias se vean reflejadas en el área de producción. Esta investigación contempla un análisis contextual de la información en sitio, siendo una investigación de campo, ya que se desarrolla en dos almacenes de la empresa, es de tipo experimental ya que se pretende disminuir los tiempos de surtimiento a líneas de producción, entrega de materiales y reducción de costos y desperdicios además exploratoria al proponer y definir las estrategias de gestión dentro de los almacenes. Las variables identificadas en uno de los almacenes es el mal manejo de los artículos, lo que provoca desperdicios, flujo de movimientos, traslados innecesarios, elevación de costos, materiales no visibles, personal con tiempo ocioso entre otras. Después de analizar el lugar disponible, los materiales considerando peso, dimensiones, tipo de proyecto, rotación en almacén, tiempos de surtimiento, racks disponibles y el software utilizado se consideró una nueva distribución que destaca el acomodo de los materiales mediante la metodología ABC para localizar la rotación de cada



uno de los elementos de los materiales de producción, posteriormente cada uno de los racks fue identificado a través de la metodología de Kanban para que el surtimiento fuera eficaz en menos tiempo y tener solo lo necesario conforme lo ocupado en el área de producción. Bajo la implementación de estas dos metodologías el cambio fue gradual desde el momento del acomodo, las operaciones, la gestión y administración de estas. En el contexto de estos criterios se establecieron indicadores de medición para identificar cuáles son los parámetros a mejorar. En primera instancia se rediseñaron los racks en donde se identificaron los números de parte, cantidades y diseño de cada uno de los elementos de los subensambles y así tener las cantidades correctas para la producción programada por el día de acuerdo con el plan de producción. La identificación de los artículos en cada uno de los racks permitió una administración pronta de la selección de cada número de parte y se surtiera a la línea de producción de manera eficaz, al llevar el control y el conteo se identificó la reducción de las horas de surtimiento un 50% lo que permitió una administración más eficiente del almacén, se redujeron los atrasos y se contabilizó de manera más rápida los números de parte que faltaban para su reordenamiento. En cuanto al aprovechamiento de la infraestructura se aprovechó el 70% del espacio, ubicando de una manera estratégica y con la metodología ABC los números de parte de acuerdo con la rotación que se tiene, ubicándose de manera precisa para su surtimiento y acomodo dentro del almacén. Se incorporaron dos KPI para la medición y control, uno de ellos fue la entrega en tiempo y forma menor a treinta minutos después de haber recibido la orden de producción; mientras que el segundo es el aprovechamiento del almacén a un 90% a un año, logrando el 70% a 6 meses. Como conclusión se menciona la importancia de resaltar que la gestión y administración dentro de los almacenes de las organizaciones a veces no requiere de mucha inversión para minimizar costos y recursos. A nivel discusión a partir de la implementación de estas herramientas de clase mundial, deben ser utilizadas como punto de partida para alcanzar un justo a tiempo en sinergia con las demás áreas también incentivar a los proveedores a utilizar esta metodología.



## **Evaluación de riesgos ergonómicos al levantar cargas en la industria manufacturera de la confección**

**Rivera-Flores, Jorge<sup>1</sup>, Juárez-Ramiro, Luis<sup>2</sup>, Carrasco-Aráoz, Alfredo<sup>3</sup>**

<sup>123</sup>TecNM (Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán), Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla, México, CP: 73960

\*[jorge.rf@teziutlan.tecnm.mx](mailto:jorge.rf@teziutlan.tecnm.mx)

Área de conocimiento: Ingeniería Industrial

### **Keynote: Riesgo, Ergonomía, Cargas, NOM-036**

El presente resumen muestra los resultados de la aplicación de la norma NOM-036 en fábricas de manufactura de prendas de vestir para identificar, analizar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo derivados del manejo manual de cargas, a efecto de prevenir alteraciones a la salud de los trabajadores al manipular pesos.

Se entiende por manipulación de carga a alguna operación de levantamiento, colocación, empuje, tracción o desplazamiento, que cuando se efectúa de manera forzada y se realizan con alta frecuencia o durante periodos largos de tiempo puede generar problemas de salud, con la finalidad de identificarlo y tomar acciones de mejora.

La norma aplicada es la NOM-036-1STPS-2018, que se enfoca en evaluar los factores de riesgo ergonómico en el trabajo, al igual que de su identificación, análisis, prevención y control, en relación al manejo manual de cargas.

Para el desarrollo de este estudio, la norma se guía bajo un procedimiento que analiza la intensidad, distancias horizontales y verticales, repeticiones frecuencia, duración y postura de los operarios al efectuar acciones de carga.

Como resultado de una estadía de un mes por parte del grupo de docentes y alumnos en las empresas maquiladoras de confección de ropa de la región de Teziutlán, Puebla, se procedió a conocer todos y cada uno de los procesos, para después determinar las áreas y operación a donde se manipulan cargas por parte de los operarios, detectando como áreas de estudio a las secciones de corte, estampado y terminado.

Tal y como sugiere la guía y para efectos del estudio, se tomaron fotografías de las operaciones de manipulación de cargas, aunado a los datos que se presentan en la tabla 1.



Foto	
Datos del centro de trabajo o matriz	Comercializadora KETER S.A. de C.V.
Puesto	Corte
Peso del objeto manipulado	22 kg
Frecuencia de levantamiento	6 levantamientos/hora
Distancia horizontal entre las manos y la parte inferior de la espalda	Moderado: los brazos se alejan del cuerpo
Carga asimétrica sobre el torso	Transporte de carga apoyada sobre un hombro
Restricciones posturales (posturas incómodas, forzadas, o restringidas)	Sin restricciones posturales
Acoplamiento mano-carga (elementos de sujeción)	Buen agarre
Superficie de trabajo	Piso seco, limpio y en buenas condiciones de mantenimiento
Otros factores ambientales	Sin factores de riesgo presentes
Distancia de transporte	Más de 4m y menos de 10m
Obstáculos en la ruta	Sin obstáculos y la ruta de transporte es plana

Como se aprecia en la tabla 2, resultado de la evaluación que se basa en la NOM-036, aplicada a las empresas maquiladoras de la región, se determinó que las operaciones de trasladar el rollo a la mesa y mover cajas con prenda, arrojaron una evaluación de medio a posible, debido a que los operarios las cargan en sus hombros.

Centro	Puesto	Tarea	Método	Nivel de riesgo	Factor de riesgo
Matriz	Corte	Arrastrar carrito con prenda cortada	NOM036_5	Bajo a aceptable	Movimientos de cargas
Matriz	Corte	Levantar rollo para extraer tela	NOM036_3	Bajo a aceptable	Movimientos de cargas
Matriz	Corte	Trasladar el rollo a la mesa	NOM036_2	Medio a posible	Movimientos de cargas
Matriz	Estampado	Mover prenda con carrito a estampadoras	NOM036_5	Bajo a aceptable	Movimientos de cargas
Matriz	Terminado	Mover cajas con prenda	NOM036_2	Medio a posible	Movimientos de cargas
Matriz	Terminado	Mover prenda con carrito	NOM036_5	Bajo a aceptable	Movimientos de cargas
Matriz	Terminado	Trasladar pallet con patín	NOM036_5	Bajo a aceptable	Movimientos de cargas

Para lo cual se sugiere que los operarios realicen estas cargas con los brazos pegados al cuerpo para que en un futuro no causen lesiones en ellos.



## **Optimización de parámetros tribológicos del recubrimiento a-C:H sobre un acero 4140**

**Solis-Romero, José<sup>††</sup>, Vargas-López, Diana Yoselín.<sup>1</sup>, Álvarez-Noriega,  
Miriam<sup>1</sup>, Roblero-Aguilar, Sandra-Silvia<sup>1</sup>, Rodríguez-Molina, Alejandro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ IT Tlalnepantla  
Av. Instituto Tecnológico S/N, Col. La Comunidad  
Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México, 54070

<sup>††</sup>[jose.srl@tlalnepantla.tecnm.mx](mailto:jose.srl@tlalnepantla.tecnm.mx)

Ingeniería Industrial

Los recubrimientos Diamond-Like carbon hidrogenados (a-C:H ó DLC) se emplean en sistemas ingenieriles, tales como máquinas de combustión interna de la industria automotriz, para asegurar rendimientos más eficientes de los componentes metálicos en términos tribológicos, ya sea, para ambientes secos o lubricados. Sin embargo, aún existen aspectos que demeritan su rendimiento, lo que atrae la atención de la comunidad científica en lo que se categoriza como la 3ra. generación de optimización DLC's, donde se estudia la optimización paramétrica multicapa. En este trabajo se presentan los resultados de la optimización de parámetros que ocurren por deslizamiento en seco del revestimiento multicapa a-C:H depositado sobre un acero AISI 4140 empleando análisis de Taguchi-grey relacionado y para reforzar los resultados se utilizó lógica difusa.

El recubrimiento DLC se depositó sobre un acero AISI 4140 con tratamiento térmico de temple y revenido, y nitrurado por plasma. El método por deposición del DLC fue de plasma mejorado por deposición química de vapores. Las características tribológicas fueron en términos de fricción y desgaste bajo movimiento unidireccional empleando un tribómetro pin-on-disc en el medio ambiente ( $20 \pm 2$  °C) y 35-40% HR. La contraparte fue de acero AISI 52100. Se desarrolló un diseño experimental con arreglo ortogonal de Taguchi  $L_{16}(4^3)$ , y tres factores de control: carga (presión Hertziana), velocidad y distancia de deslizamiento. Se identificaron cuatro niveles distintos para cada uno de estos parámetros. Posteriormente, se realizaron dieciséis corridas experimentales para obtener datos de múltiples respuestas de la fricción y desgaste. Enseguida, se utilizó signo a ruido de Taguchi para normalizar las respuestas, así como el gris relacionado para transformar en un solo



objetivo múltiples respuestas. El criterio para ambos métodos fue “entre más bajo mejor”. Los factores que afectan el comportamiento por desgaste se identificaron empleando análisis de varianza. La lógica difusa se usó para confirmar la combinación óptima de parámetros. Se adoptaron funciones de membresía triangulares con cinco subconjuntos y para las salidas del grado relacionado difuso se utilizaron nueve subconjuntos. En total, se desarrollaron veinticinco reglas. La máquina de inferencia de Mamdani se eligió para la defusificación de los valores de entrada.

En la medida que la presión de contacto se incrementa, la temperatura del par tribológico también se incrementa, lo que da lugar al desarrollo de una tribocapa (capa quasi-grafito lubricante) y, por lo tanto, se presenta una reducción del coeficiente de fricción en seco. Con la aplicación del método híbrido Taguchi-grey relacionado y lógica difusa, se obtuvo el conjunto de parámetros óptimo que mejoró la tasa de desgaste con cargas altas de hasta 50 N (190 MPa). De acuerdo con el análisis de varianza de los datos del grado relacionado, la carga o presión aplicada es el parámetro más significativo, seguido por la velocidad y luego la distancia de deslizamiento.



## **Detección de áreas de oportunidad utilizando herramientas de ingeniería industrial en una empresa manufacturera**

**Flores-Zuñiga, Martín<sup>1\*</sup>, Ortiz-Flores, Fernando<sup>2\*</sup>, Báez-Sentíes, Oscar<sup>3\*</sup>**

<sup>1,2,3</sup> TecNM/ Instituto Tecnológico de Orizaba

Oriente 6 no. 852

Orizaba, Veracruz, México, 94300

<sup>1\*</sup> [martinfz24o699@gmail.com](mailto:martinfz24o699@gmail.com)

<sup>2\*</sup> [fer.ort.f@gmail.com](mailto:fer.ort.f@gmail.com)

Ingeniería Industrial

La mejora continua, en los procesos de producción, es crucial para mantener la competitividad en el sector manufacturero. Identificar y abordar las áreas de oportunidad en las operaciones de una empresa permite optimizar recursos, reducir tiempos de producción, y mejorar la calidad de los productos. Herramientas como el *Value Stream Mapping* (VSM), que visualiza el flujo de valor para identificar ineficiencias; el diagrama de Ishikawa, que analiza las causas raíz de problemas; el método por puntos, que evalúa alternativas según criterios cuantitativos; y la lluvia de ideas, que fomenta la generación creativa de soluciones, son esenciales para identificar y abordar áreas de oportunidad, mejorando así la eficiencia y los resultados de la operación.

En este contexto, estas herramientas fueron utilizadas para realizar un análisis exhaustivo en una empresa manufacturera para detectar y priorizar las áreas que requieren mejoras.

La detección de áreas de oportunidad en la empresa manufacturera se llevó a cabo mediante una metodología estructurada en seis pasos que abarcó desde la observación directa de los procesos hasta la identificación de causas raíz de los problemas.

Los pasos de la metodología fueron los siguientes: 1. Recorridos por el área de producción: se exploraron las cuatro líneas de producción para conocer los procesos operativos, guiados por los supervisores, quienes describieron los procesos y productos mientras se realizaba un análisis visual. 2. Entrevistas a supervisores: se entrevistó a los cuatro supervisores de producción para obtener detalles sobre los procesos y detectar áreas de oportunidad no identificadas durante los recorridos. Se usó un cuestionario para agilizar la obtención de información relevante. 3. Entrevistas a personal operativo: las entrevistas se realizaron en las



estaciones de trabajo para observar las condiciones reales y detectar áreas de oportunidad específicas en cada proceso. 4. Definición de la línea de producción objetivo: Dado el gran número de áreas de oportunidad, se seleccionó una línea piloto mediante una lluvia de ideas y un método por puntos para enfocar los esfuerzos en una línea específica. 5. Mapeo de la situación actual: se elaboró un VSM de la línea seleccionada para diagnosticarla y detectar áreas de oportunidad críticas, identificando los indicadores clave. 6. Identificación de causas que afectan los indicadores: se utilizaron diagramas de Ishikawa para identificar las causas raíz de los problemas que impactan la línea de producción, lo que permitió tomar decisiones informadas sobre las áreas de oportunidad.

Esta metodología permitió una comprensión detallada de las operaciones actuales, proporcionó un marco para la futura implementación de mejoras efectivas y los siguientes resultados:

1. Que existían puntos clave: exceso de inventario entre procesos en la mayoría de los procesos de fabricación, con tiempos de inventario especialmente altos en las etapas de proceso de perforado (0.3 días), tratamiento térmico (0.2 días) y rectificado (0.2 días). 2. Tiempos de ciclo por unidad elevados en los procesos de ensamble, ajuste, y empaque. 3. Tiempos de ciclo por lote de transferencia elevados en los procesos de prensado, afilado, y rectificado. 4. Tiempos altos de valor no agregado en los procesos de perforado, afilado y rectificado. 5. Identificación de los procesos cuellos de botella: prensado, afilado, y tratamiento térmico; debido a sus altos lotes de transferencia y tiempos de procesamiento. 6. Selección de procesos con mayores oportunidades de mejora: "perforado" y "afilado"; debido a que comparten la misma estación de trabajo y generan cuellos de botella.

En resumen, los procesos seleccionados tienen altos inventarios, tiempos de ciclo prolongados, y problemas con la calidad de las tijeras debido a la falta de herramientas adecuadas y capacitación del personal. Además, los tiempos de *setup* son largos, y los cambios de cortadores no están programados, lo que genera *scrap*. Ambos procesos también destacan por tener tiempos de valor no agregado elevados, lo que sugiere que las máquinas no están siendo utilizadas en todo su potencial.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

## **Estudio De La Producción De Plantas Ornamentales En Atlixco, Puebla**

**Martínez Zacatenco Lorena<sup>1</sup>, Olvera Torres Fabiola<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

Prolongación Heliotropo 1201, Col. Vista Hermosa, Atlixco, Puebla, México, C.P. 74218.

† [mi230016@itsatlixco.edu.mx](mailto:mi230016@itsatlixco.edu.mx)

Área de participación: Ingeniería Industrial

El presente estudio está enfocado en el análisis comparativo de tiempos de las actividades que se ejecutan durante la producción de plantas ornamentales en el viverismo de la región de Atlixco y colindantes. El viverismo es una actividad enfocada en la producción de organismos vegetales a través de viveros que son instalaciones agronómicas creadas para el cultivo, germinación y maduración de diversas clases de plantas.

La producción de plantas ornamentales se basa fundamentalmente en la utilización de macetas llenas de material sólido (sustrato) que sirve de medio de cultivo. El sustrato se considera que es cualquier material diferente al suelo que se utiliza para retener el agua y los nutrientes que sirve de anclaje al sistema radicular (las raíces) de la planta, el cual es vertido en un contenedor (maceta), los sustratos pueden estar formados por materiales orgánicos, inorgánicos o por una combinación de ambos tipos. En México es común usar como sustrato a la tierra de monte para producir plantas ornamentales, también se usan tezontle, tepojal, perlita, turbas, fibra de coco, vermiculita, tierra negra, termolita, tierra triturada, entre otros. El sustrato que se obtenga dependerá de la combinación de los materiales que se elijan y la finalidad de su aplicación al producir plantas, puesto que cada variedad requiere nutrientes diferentes para su desarrollo y crecimiento.

Se entrevistaron a las personas de los cinco viveros involucrados para realizar el análisis de las actividades de producción, como son: Compra de tierra de hoja, tierra negra, tepecil, plántulas/esquejes y macetas, transporte de la materia prima al almacén del vivero, siete almacenamientos en diferentes tiempos, traslado de



las tierras y el tepecil al área de mezclado/plantación, mezclar los componentes, traslado de las plántulas/esquejes al área de mezclado/plantación, trasplantar las plántulas/esquejes en las macetas usando el sustrato, transportar las macetas al área de crecimiento del cliente. Para el estudio de los tiempos del mezclado se midió por medio de tiempos con cronómetro (toma de video con celular cronometrado) con el objetivo de tener mayor exactitud, veracidad y, por consiguiente, se seleccionan las operaciones que agregan valor. Esta técnica nos proporcionó el tiempo de cada tarea realizada ya sea que el tiempo sea extenso o breve, el instrumento del cronómetro se considera una excelente herramienta en la detección de tiempos muertos, también apoya en la identificación del rendimiento del personal que ejecutan las actividades designadas, así mismo se obtiene el tiempo total del proceso y por consecuencia se determina el tiempo de ciclo de cada una de las 7 muestras.

En el análisis comparativo de los tiempos de la producción de plantas ornamentales se logró identificar diversas actividades como lo es el requerimiento de tierra de hoja, tierra negra, tepecil/termolita/tezontle, maceta de 6" y plántulas/esquejes la cual al llegar al almacén se transporta al área asignada para mezclar los tres componentes y formar el sustrato una vez listo se utiliza para la plantación de los esquejes/plántulas. Se identificó el mezclado de sustrato como el primer proceso tecnológico en el que el vivero Tecno rojas obtuvo el tiempo de ciclo 2.5 min y el Vivero Jardín de San Francisco obtuvo el tiempo de ciclo 232.5 min. El uso de sustrato en la producción de plantas es fundamental puesto que sus nutrientes ayudan su crecimiento y desarrollo.

Derivado de la información recabada y el análisis comparativo de los datos obtenidos acerca de la producción de plantas ornamentales se diseñó un Value Stream Mapping (VSM), en donde se colocó la información de manera ordenada considerando la materia prima que se necesita, los tiempos de ejecución de cada actividad o proceso tecnológico, así como el personal que se requiere, las actividades que no agregan valor, el transporte del producto terminado y la entrega al cliente final. Encontrando que, de las 20 actividades iniciales, 7 almacenamientos no agregan valor, el tiempo promedio del proceso tecnológico de mezcla es de 19 min y el tiempo que agrega valor es de 510 min.



## **Sistema de secado de semillas de café basado en QFD y TRIZ: Análisis y Optimización**

**Antonio-Benito, Gaudencio<sup>1†</sup>, Díaz-Castillo, Yoana<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de  
Tamazunchale SLP

Km. 6.5 Carretera Tamazunchale - San Martín, Achiquico  
Tamazunchale, San Luis Potosí, México, 79987

<sup>†</sup>gaussjordan15@gmail.com

Ingeniería Industrial

San Luis Potosí, uno de los estados productores de café en México, enfrenta desafíos significativos en cuanto a la calidad de su café. A pesar de ser parte de una industria nacional importante, la calidad del café local no alcanza los estándares internacionales debido, en gran medida, a problemas en el proceso de secado. Este proyecto propone el desarrollo de un sistema de secado de semillas de café, empleando las metodologías QFD (Despliegue de la Función de Calidad) y TRIZ (Teoría para la Resolución Inventiva de Problemas). Con estas herramientas, buscamos mejorar la eficiencia del secado, reducir pérdidas por condiciones climáticas y optimizar la calidad del café, beneficiando a los cafecultores de la región y aumentando su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

De forma metodológica el proyecto se desarrolló en dos fases clave, combinando QFD para identificar las necesidades de los productores y TRIZ para resolver problemas técnicos del sistema de secado de café.

Para la fase I, que se llamó "Diagnóstico de las Semillas de Café", se contempló el análisis del contexto regional, aquí se revisó la situación del café en San Luis Potosí, identificando problemas con las técnicas tradicionales de secado, especialmente las afectadas por el clima; el análisis causa raíz, mediante entrevistas y estudios, se determinó que el secado deficiente es la causa principal de la baja calidad del grano; análisis fisicoquímico, se realizaron pruebas de laboratorio para medir la humedad y otras características de las semillas; QFD, se priorizaron las necesidades de los cafecultores para diseñar un sistema de secado eficiente y adaptado a las condiciones locales; Diseño del sistema, se creó un prototipo que responde a las necesidades identificadas, optimizando tiempos y calidad de secado.



En la segunda se aplicó la metodología TRIZ, en esta fase se identificaron los problemas, se detectaron problemas en el prototipo, como la relación entre velocidad y calidad del secado; aplicación de TRIZ, se utilizaron los principios de TRIZ para resolver las contradicciones técnicas, logrando un equilibrio entre eficiencia y calidad. Matriz de contradicciones, se aplicó la matriz de TRIZ para encontrar soluciones a problemas específicos, como la ventilación, protección del grano y la optimización de los tiempos de secado; principios técnicos, se optimizó el sistema para mejorar su eficiencia energética, reducción de costos y garantizar un secado uniforme, de tal forma que se garantice el % de humedad deseado, menos del 6%.

Como resultados las pruebas mostraron que las semillas de café tenían más humedad de la permitida, pero los niveles de ceniza eran bajos y no había almidón, indicando un secado insuficiente sin conversión indeseada.

El diseño del sistema, basado en QFD, garantizó un secado uniforme. La Casa de la Calidad permitió ajustar el prototipo a las necesidades de los cafecultores. La humedad inicial en promedio fue 6.68% y con el sistema de secado fue de 3.61%, reduciendo la humedad promedio un 3.07%.

Aplicación de TRIZ resolvió problemas técnicos del prototipo, como equilibrar la velocidad de secado con la protección del grano, mejorando la eficiencia. Para un gasto másico de 200 kg, con el secado convencional el tiempo de secado es de 180 horas, y con el sistema es de 32 horas.

El sistema optimizado mejoró la eficiencia del secado y redujo los costos operativos, resultando en un secado más rápido y menos pérdidas. Los cafecultores gastan en promedio \$3,750.00 para secar 200 kg de café, y con el sistema es de \$1,020.00, reduciendo los costos operativos.



## **Implementación de la metodología 5S en un almacén de productos.**

**Renteria Flores, Roberto Carlos<sup>1</sup>, Hernández Lagunes Monica Lizzeth<sup>2</sup>,  
Macgluf Issasi, Arturo<sup>3</sup> Pérez Arellano Oscar<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>, Universidad Veracruzana.

Bv. Adolfo Ruíz Cortines 475, Costa Verde.

Veracruz, Veracruz, México, 94294

<sup>4</sup>TECNM-Instituto Tecnológico de Veracruz

Calzada Miguel Angel de Quevedo 2779, Formando Hogar

Veracruz, Veracruz, México, 91897

\*monhernandez@uv.mx

Ingeniería Industrial

### **Keynote**

En la actualidad las empresas buscan la manera de cómo mejorar sus procesos en las distintas áreas que componen a dichas organizaciones. La ingeniería industrial proporciona varias herramientas que ayudan a mejorar la productividad en estas empresas, una de ellas, la metodología 5S, una herramienta de fácil aplicación que ayuda a crear entornos de trabajo limpios y seguros y que tienen un impacto significativo en la mejora de los procesos. Este trabajo está orientado a la aplicación de la metodología 5S en el área de almacén, un área fundamental dentro de las organizaciones.

Previamente se realizó un recorrido por el área de almacén en el cual se pudieron identificar algunas de las problemáticas que se presentan en esta área como: no saber los elementos esenciales para la realización de los trabajos, falta de señalizaciones, retrasos en la entrega de los materiales, falta de equipo de limpieza, desorden de los materiales, pasillos obstruidos, entre otros.

El método se basó en la observación del área a analizar. Para evaluar las 5S se realizó un check list en Excel de las acciones relacionadas a cada una de las S de esta metodología. Ejemplo de acciones para cada S son:

Seiri: solo están presentes los elementos esenciales para realizar las tareas, no hay elementos o materiales en áreas que no les corresponden; Seiton: las áreas están debidamente identificadas, cualquier objeto puede localizarse fácilmente; Seiso: existe un plan de limpieza que es conocido y se implementa regularmente, hay disponibilidad de todo el material necesario para la limpieza; Seiketsu: existen letreros que identifican claramente las áreas, todo el personal está familiarizado con las 5S y las



aplica en su rutina diaria; Shitsuke: se siguen y mantienen los procedimientos establecidos y se promueve una cultura organizacional sólida.

Los criterios de evaluación para medir en que porcentaje de cumplimiento se estaba llevando a cabo cada acción tomada en cada una de las S's fueron los siguientes: 0 = No se ha implementado ninguna de las 5S; 1 = 25% de cumplimiento; 2 = Cumplimiento al 50%; 3 = 75% de cumplimiento; 4 = Cumplimiento al 100%.

Para obtener el total de cumplimiento de las 5S's -expresado en porcentaje- se calculó la suma de las ponderaciones por semana de cada una de las acciones tomadas por cada S y se dividió entre 100 (ya que 100 representa el puntaje máximo obtenido por semana) que representa el cumplimiento de las mejores prácticas dentro del área de almacén. Dando como resultados los siguientes: 16%, 21%, 28%, 42%, 45%, 51%, 60%, 64%, 70%, 74%, 79% y 93% respectivamente para cada semana.

Además se hizo en Excel una tabla donde se comparó el cumplimiento de la metodología 5S (obtenida de los resultados del check list) con un porcentaje objetivo que se esperaba obtener en el transcurso de cada una de las semanas evaluadas, los cuales eran las siguientes: 35% para las tres primeras semanas; 50% para las siguientes dos semanas; 75% para las semanas 6,7 y 8; 85% para las semanas 9, 10 y 11; y 100% para la semana 12. Asimismo se realizó una gráfica en Excel, en la cual se realizó la comparación del cumplimiento de la metodología 5S en el área de almacén con el objetivo que se tenía previsto para cada semana.

De la evaluación de las 5S podemos decir que esta herramienta mejoró significativamente el entorno de trabajo una vez que se implementó la metodología de las 5S's, ya que las condiciones mejoraron de un 16% a un 93% durante 12 semanas, propiciando una mejora notable en la manera de llevar a cabo los procesos en el área de almacén. Cada criterio de evaluación son acciones que se deben de realizar si es que se quieren realizar mejoras en el área de trabajo y al evaluarlo con la más alta nota no significa que los esfuerzos por mantener limpio, ordenado y en condiciones seguras terminen hasta ese punto, sino que se debe de mantener la disciplina del personal en la organización y buscar la manera de seguir mejorando hasta alcanzar una cultura organizacional que impacte a todo el personal que compone la organización.



## **Mecanismo de manipulación para forjas en el proceso de afilado y biselado**

**Sánchez-Morales, Pablo del Ángel<sup>1\*</sup>, Ortiz-Flores, Fernando<sup>2\*</sup> Arrijoja-  
Rodríguez, Mario Leoncio<sup>\*3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> TecNM/ Instituto Tecnológico de Orizaba  
Oriente 6 no. 852

Orizaba, Veracruz, México, 94300

<sup>1\*</sup> [pablodlangel9798@gmail.com](mailto:pablodlangel9798@gmail.com)

<sup>2\*</sup> [fer.ort.f@gmail.com](mailto:fer.ort.f@gmail.com)

Ingeniería Industrial

La optimización de mecanismos para la manipulación de forjas es crucial en la manufactura moderna, especialmente cuando se utilizan brazos robóticos y bandas de movimiento. La eficiencia en estos sistemas puede impactar significativamente en la productividad y calidad del proceso de producción.

Para obtener un mecanismo eficiente se pueden manipular las características de diseño utilizando un software CAD/CAM, por ejemplo, SolidWorks, ya que éste ha demostrado mostrado, según diversas publicaciones, que en un ambiente 3D muestra la funcionalidad real de lo que se quiere diseñar, o rediseñar, logrando sacar mejor provecho en la productividad y calidad del proceso.

Con base en este contexto, para el rediseño de un mecanismo de manipulación para forjas, mediante la integración de un brazo mecánico y una banda transportadora, en el proceso de afilado y biselado, de una empresa que fabrica herramientas manuales, se realizó el siguiente procedimiento: 1) La identificación de los puntos críticos del mecanismo original, la cual permitió determinar que la falta de sincronización, entre la banda transportadora y el brazo mecánico, generaba tiempos muertos y posicionamientos imprecisos, afectando la calidad del proceso de afilado y biselado. 2. Determinar los aspectos principales a considerar para el rediseño. Este paso permitió definir dos aspectos de mejora: a) Mejora de la banda transportadora: Los eslabones que conforman la banda fueron rediseñados para ofrecer un soporte seguro y estable a las forjas durante su traslado. Este nuevo diseño asegura que las piezas se posicionen de manera efectiva, evitando que se deslicen o caigan durante el transporte, especialmente al momento de ser manipuladas por la pinza del brazo



mecánico aumentando significativamente la seguridad del proceso y reduciendo el riesgo de daños a las piezas o interrupciones en la producción. b) Mejora de la pinza del brazo mecánico: Se optimizó el diseño de la pinza de sujeción para reducir al mínimo los tiempos muertos. 3. Toma de medidas de las dimensiones exactas y parámetros técnicos del diseño actual. 4. Generar dibujos técnicos en SolidWorks del rediseño creando ensambles detallados para visualizar y analizar la propuesta mejorada. 5. Simulación del rediseño a través de las herramientas de SolidWorks para modelar el comportamiento del mecanismo bajo condiciones operativas.

El uso de SolidWorks permitió visualizar y simular los cambios propuestos antes de llevarlos a la práctica, asegurando que las modificaciones fueran viables y cumplieran con los objetivos de optimización planteados.

El resultado del mecanismo rediseñado es alentador porque proyecta que las mejoras realizadas incrementen la eficiencia del proceso de producción, reduciendo significativamente los tiempos de ciclo y optimizando la calidad del afilado y biselado de las forjas. Asimismo, con las modificaciones planteadas, se anticipa una mayor precisión en el posicionamiento de las piezas, lo cual reducirá el margen de error y contribuirá a la consistencia en la calidad del producto final. Además, se espera que la sincronización mejorada entre la banda transportadora y el brazo mecánico permita un flujo continuo y sin interrupciones en la línea de producción, incrementando así la productividad.

En resumen, el rediseño del mecanismo representa una oportunidad para la empresa para posicionarse como un referente en la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas dentro de su sector.



## **Redistribución de planta utilizando SLP (*Systematic Layout Planning*) en empresa metalmecánica**

**Zavala-Giles, Maria Cristina<sup>\*1</sup>, Ortiz-Flores, Fernando<sup>\*2</sup>**

**Hernández-Mortera, Jorge Luí<sup>s</sup>\*3**

<sup>1,2,3</sup>TecNM / Instituto Tecnológico de Orizaba  
Avenida Oriente 9, número 852,  
Orizaba, Ver, México, 94300.

<sup>\*1</sup>[crityzg6@gmail.com](mailto:crityzg6@gmail.com)

<sup>\*2</sup>[fer.ort.f@gmail.com](mailto:fer.ort.f@gmail.com)

Ingeniería industrial

En el entorno empresarial actual, caracterizado por la constante evolución de los mercados y el incremento en la competencia, es fundamental que las empresas optimicen sus recursos para mantenerse competitivas. La redistribución eficiente de los espacios de trabajo y producción se ha convertido en una necesidad estratégica para mejorar la productividad y reducir costos operativos. En este contexto, la metodología SLP (*Systematic Layout Planning*) emerge como una herramienta clave, ya que permite a las organizaciones analizar y rediseñar la disposición de sus instalaciones de manera sistemática. Mediante la aplicación de SLP, las empresas pueden optimizar el flujo de materiales, personas e información, minimizando tiempos y mejorando la coordinación entre áreas.

En este contexto, se generó una redistribución de planta, en una empresa metalmecánica, aplicando la metodología SLP, la llave PQRST (Producto, Cantidad, Recorrido, Servicios y Tiempo) y cartas DE-A (matriz Desde-A), con el objetivo de minimizar dos indicadores: la distancia recorrida en el traslado de materiales y el espacio disponible para expansión futura.

Para la implementación de SLP se realizó lo siguiente: 1. Se establecieron los 5 elementos clave de la llave PQRST mediante la realización de visitas a la empresa, las cuales permitieron recopilar datos sobre los productos, volúmenes, trayectorias, servicios y tiempos de producción, a lo largo de un período de seis meses 2. Se realizó un análisis del flujo de materiales mediante un diagrama de recorridos y una carta de DE-A. Este análisis permitió tener una medición de los indicadores a mejorar. 3. Se elaboró una carta de relación de actividades utilizando los datos de flujo, de la carta de De-A. 4. Se estableció una ponderación (con las vocales y X) para establecer el rango de cercanía entre las actividades. 5. Se determinaron



los requerimientos de espacio utilizando dos tipos de formatos: hoja de registro de inventario y hoja de maquinaria y equipo por área; y se sumaron los resultados de dichas hojas para determinar el espacio total requerido. 6. Se determinó el espacio disponible considerando las medidas establecidas por la empresa en estudio y plasmándolas en un plano, con lo cual se determinó lo siguiente: el espacio total disponible permite realizar la redistribución de los espacios sin inconvenientes. 7. Se elaboró el diagrama de relación de espacios usando líneas de cercanía con base en una escala. 8. Se identificaron factores que influyen en la redistribución de la empresa en estudio. 9. Se establecieron limitaciones prácticas para considerar en la planificación de la redistribución de planta, basadas en una conversación con el gerente. 10. Se generaron alternativas; cinco; para la redistribución de la planta. 11. Se seleccionó la mejor opción utilizando el método por puntos. 12. Se midieron los indicadores de desempeño de la alternativa ganadora y se compararon con los indicadores de la distribución actual.

La aplicación de SLP trajo dos beneficios: 1) la distancia total recorrida de materiales disminuyó 463 km recorridos en un período de seis meses, y 2) el espacio disponible para expansión futura aumentó 773 m<sup>2</sup>.

En resumen, la metodología SLP contribuyó a que la empresa usara de manera eficiente su espacio y, al mismo tiempo, con la reducción de distancia recorrida de materiales, impulsó a un rendimiento operativo más ágil, que se espera contribuya en beneficios económicos y operacionales importantes para la empresa.



## **Búsqueda de problemas y causa raíz en una empresa metalmecánica aplicando *Lean Construction*.**

**Tlaxcala-De La Cruz, Luis<sup>1\*</sup>, Ortiz-Flores, Fernando<sup>2\*</sup> Gurruchaga-  
Rodríguez, María Eloisa de la Asunción<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>TecNM/ Instituto Tecnológico de Orizaba  
Oriente 6 no. 852

Orizaba, Veracruz, México, 94300

<sup>1\*</sup> [Luistlaxcala15@gmail.com](mailto:Luistlaxcala15@gmail.com)

<sup>2\*</sup> [fer.ort.f@gmail.com](mailto:fer.ort.f@gmail.com)

Ingeniería Industrial

El sector de la industria de la construcción, en México, es uno de los principales motores que impulsa el desarrollo y el progreso de la comunidad nacional; sin embargo, éste presenta algunos problemas crónicos que provocan incertidumbre y variabilidad, por lo que resulta imprescindible un cambio de paradigma en este sector.

La metodología *Lean Construction* propone una visión integrada de la teoría de producción de transformación, flujo y valor (TFV), aplicada a la industria de la construcción con el objetivo de minimizar el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo para generar la mayor cantidad posible de valor.

Por lo anterior, para identificar una problemática de impacto y su causa raíz, en una empresa metalmecánica, se realizaron diversas actividades. En primer lugar, se obtuvo un panorama general de la empresa, lo que permitió documentar información general de la misma, de sus áreas y de su proceso de producción. Posteriormente, se identificaron problemáticas, inquietudes de mejora y áreas de oportunidad mediante pláticas y entrevistas con el personal y los jefes de área. A continuación, se seleccionó un área de oportunidad utilizando el método por puntos, determinando que el área del taller de estructuras metálicas era la mejor opción. Se procedió a describir esta área de oportunidad a través de un diagrama de flujo. También se identificaron problemas que afectan el buen desempeño de la empresa en el taller de estructuras metálicas mediante la aplicación del *Value Stream Mapping* (VSM) y la prueba de los cinco minutos. Después, se seleccionó un proceso dentro del taller de estructuras metálicas con base en el análisis de los indicadores del VSM, determinándose que los mayores problemas y el mayor tiempo de ciclo se encontraban en el proceso de armado. Mediante el método por puntos, y



en colaboración con el jefe de taller, se seleccionaron los problemas de mayor impacto en dicho proceso. Finalmente, se identificaron las causas raíz de los problemas seleccionados utilizando el diagrama de interrelaciones y con el apoyo del personal de la empresa, con el objetivo de que, al ser mejoradas, generen un impacto positivo en la organización.

Los resultados obtenidos tras la realización de estas actividades fueron la identificación del taller de estructuras metálicas como área de oportunidad, el proceso de armado como el proceso problemático dentro de dicha área, y la determinación de que el mayor problema en este proceso es el elevado tiempo de ciclo. Además, se concluyó que los problemas de mayor impacto en el proceso de armado son el alto porcentaje de tiempo dedicado a actividades contributivas (52%), el tiempo de ciclo elevado y el alto porcentaje de tiempo en actividades no contributivas (28%). Las causas raíz de estos problemas fueron la mala planificación, el desperdicio de habilidades, la falta de supervisión y la falta de estandarización.

En resumen, la aplicación de las herramientas de la metodología *Lean Construction* permitieron obtener un conocimiento de las problemáticas que acontecen en empresa en estudio, las cuales, al ser abordadas como área de oportunidad, supondrían un resultado positivo.



## **Implementación de un método de localización discreta para múltiples nuevas facilidades**

**Calderón – Jiménez, Antonio <sup>1\*</sup>, Hernández – Sánchez, Luis A.<sup>2</sup>, Méndez – Rivera, Caín <sup>3</sup>, Valdés – Álvarez, Alejandra C.<sup>4</sup>, González – González, Eric <sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Serdán  
Av. Tecnológico S/N, Col. La Gloria, Cd. Serdán puebla, México, C.P. 75520  
\*acalderon@cdserdan.tecnm.mx  
Ingeniería Industrial

### **Keynote**

El presente trabajo tiene como objetivo analizar y mejorar la gestión de un almacén en un sistema de producción dedicado al abastecimiento de dos áreas críticas para el proceso: la Unidad de Servicio y la Línea de Servicio, encargadas del surtido de bobinas de hilo. Durante el análisis, se detectaron importantes ineficiencias, principalmente causadas por la alta variabilidad de la demanda de materiales. Este comportamiento irregular provocó retrasos en la producción y un mal uso del espacio del almacén, evidenciando la necesidad de replantear los métodos utilizados para la gestión de inventarios. El análisis de la demanda anual mostró que el 39.75% del suministro de materiales no se cumplió, debido a que se empleaba la media aritmética como herramienta para calcular los niveles de stock, sin considerar las fluctuaciones en la demanda. Para corregir esta situación, se propuso utilizar la media ponderada, un método que otorga mayor peso a los productos con mayor demanda, lo que permitió aumentar el cumplimiento al 83.91%. Este enfoque no solo mejoró significativamente la precisión en la estimación de inventarios, sino que también optimizó el uso del espacio en el almacén, reduciendo los tiempos de retraso y el recorrido de los operarios.

Además, se presentaron dos soluciones de distribución: la primera basada en el uso de ropaks, que permitió manejar el 85% del material más utilizado, y la segunda combinando ropaks y racks, lo que optimizó aún más el espacio disponible, logrando gestionar el 100% del inventario. Estas propuestas ofrecen una solución integral para mejorar tanto la eficiencia operativa como la utilización del espacio en el almacén. El estudio se basó en un enfoque cuantitativo para mejorar la eficiencia de un almacén cuyo principal problema era la variabilidad de la demanda. Durante un año, se analizaron los datos de 123 códigos de productos (CP), que revelaron un



incumplimiento del 39.75% en el abastecimiento debido al uso de la media aritmética para calcular el stock. Para solucionar esto, se implementó la media ponderada, lo que incrementó el cumplimiento al 83.91%, ajustando mejor el inventario a la demanda real. Análisis de la demanda: El análisis mostró una alta variabilidad en la demanda, sin un patrón estacional claro, lo que complicaba la gestión eficiente del stock. La media aritmética no consideraba dicha variabilidad, lo que provocó desabastecimientos. Con la media ponderada, los productos más demandados recibieron mayor peso, lo que permitió una estimación más precisa del inventario, mejorando notablemente el cumplimiento de la demanda.

Se aplicó el Método de localización discreta para múltiples nuevas facilidades, con el cual se desarrollaron dos propuestas para optimizar la distribución del almacén. La primera utilizó ropaks para gestionar el 85% del material más utilizado, asignando los espacios de almacenamiento mediante el método de localización de planta y resolviendo los problemas de asignación con el software POM. Esta solución permitió reducir los tiempos de recorrido de los operarios y mejorar el uso del espacio. La segunda propuesta combinó ropaks y racks, lo que permitió manejar el 100% del inventario. Se asignaron 10 ropaks para los productos más demandados y el resto del material se distribuyó en racks. De nuevo, se utilizó el método de localización de planta para optimizar la disposición de los productos, resolviendo problemas de localización con restricciones de espacio y volumen.

Ambas propuestas demostraron ser eficaces. La primera optimizó la gestión del 85% del material más utilizado, mientras que la segunda permitió el manejo total del inventario, reduciendo significativamente los tiempos de recorrido de los operarios. Estas soluciones mejoraron la eficiencia operativa del almacén y, por ende, la productividad general de la empresa. El estudio demostró que la implementación de la media ponderada y la reestructuración del almacén mediante ropaks y racks mejoró significativamente la eficiencia del sistema de producción. La primera propuesta permitió manejar el 85% del material más utilizado, mientras que la segunda optimizó el uso del espacio disponible para gestionar el 100% del inventario. Ambas propuestas redujeron los tiempos de recorrido de los operarios y mejoraron el abastecimiento de materiales, logrando un cumplimiento del 83.91% en la demanda.



## **Implementación de la metodología DMAIC en el almacén de la empresa Cervezas Finas de Ciudad Serdán S.A de C.V**

**Méndez – Rivera, Caín <sup>1\*</sup>, Valdés - Álvarez, Alejandra C.<sup>2</sup>, Calderón - Jiménez, Antonio <sup>3\*</sup>, Hernández – Sánchez, Luis A.<sup>4</sup>, González – González, Eric <sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Serdán  
Av. Tecnológico S/N, Col. La Gloria, Cd. Serdán Puebla, México, C.P. 75520  
<sup>\*</sup>cmendez@cdserdan.tecnm.mx  
Ingeniería Industrial

### **Keynote**

La metodología DMAIC se implementó en Cervezas Finas de Ciudad Serdán para mejorar el control del almacén, ya que las diferencias entre los inventarios físicos y digitales, de hasta un 20%, estaban generando pérdidas económicas. DMAIC, que consta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, permitió identificar y solucionar las causas del problema. Se inició definiendo el problema con un análisis AMEF, luego se recopilaban datos para evaluar el estado actual. Posteriormente, se analizaron las causas y se implementaron mejoras. Finalmente, se establecieron controles para asegurar la continuidad de los procedimientos adecuados.

Los principales problemas identificados fueron los siguientes:

a) Desorganización del almacén: Productos mal ubicados, falta de un layout claro. b) Falta de capacitación del personal encargado de realizar los conteos de inventarios. c) Procesos manuales sin estandarización, lo que llevaba a errores frecuentes en el manejo de inventarios.

Se implementó la metodología DMAIC, utilizando herramientas como AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallos) y el Diagrama de Ishikawa, adaptadas específicamente a las necesidades de la empresa, lo que permitió un enfoque integral en la mejora del proceso de inventarios.

Fase 1: Definir el Problema: Se definió que el problema principal eran las discrepancias en los inventarios. Se identificaron tres causas principales: la falta de capacitación, la desorganización en el almacén y procesos manuales sin estandarización.



**Fase 2: Medir:** Se midieron las pérdidas causadas por las discrepancias Errores de conteo en inventarios físicos y digitales: Aproximadamente un 20 % de diferencia diaria.

**Fase 3 - Analizar: Causas Identificadas:** Utilizando herramientas como el Diagrama de Ishikawa y AMEF, se identificaron las siguientes causas raíz:

a) Personal no capacitado para el uso correcto de los sistemas de inventarios. b) Falta de un layout definido en el almacén, lo que generaba desorganización y errores en los conteos. c) Procesos manuales que dificultaban la precisión y aumentaban las discrepancias. d) Impacto del análisis: El análisis permitió priorizar las áreas de mejora, dirigiendo los esfuerzos a los puntos críticos que más afectaban la precisión de los inventarios.

**Fase 4 - Mejorar: Reorganización del Almacén:** Se implementó un layout digitalizado que optimizó la ubicación de los productos, reduciendo los errores de ubicación y facilitando los conteos. Se realizó una formación intensiva para todo el personal encargado del inventario, enfocándose en el uso de los sistemas digitales y en la estandarización de los procesos de conteo. **Automatización Parcial del Proceso:** Se implementó un sistema digital para el registro automático de inventarios, reduciendo la intervención manual y disminuyendo las discrepancias. Las mejoras implementadas lograron reducir las discrepancias en los inventarios a un 5%, lo que representó un avance significativo respecto al 20 % inicial.

**Fase 5 - Controlar:** Se estableció un sistema de auditorías automáticas que controla el cumplimiento de los nuevos procedimientos, con revisiones semanales del inventario y seguimiento de las discrepancias. **Listas de verificación digitalizadas:** El personal ahora utiliza checklists en tiempo real, lo que permite un monitoreo constante de las actividades de inventario. El éxito de esta implementación refuerza la importancia de utilizar metodologías estructuradas como DMAIC para optimizar las operaciones de una empresa y alcanzar resultados tangibles y sostenibles. Los resultados obtenidos disminuyeron las diferencias existentes (20%) entre inventarios físicos y digitales a un 5% únicamente, mejorando notablemente la eficiencia operativa.



## **Reducción de tiempos de preparación en maquinaria de Cajaplast S. A. con la metodología SMED**

**Hernández – Sánchez, Luis A. <sup>1\*</sup>, Calderón – Jiménez, Antonio <sup>2</sup>, Valdés  
– Álvarez, Alejandra C. <sup>3</sup>, Méndez – Rivera, Caín <sup>4</sup>, González – González,  
Eric <sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Serdán  
Av. Tecnológico S/N, Col. La Gloria, Cd. Serdán Puebla, México, C.P. 75520  
\*acalderon@cdserdan.tecnm.mx  
Ingeniería Industrial

### **Keynote**

El presente trabajo se enfoca en la implementación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en la empresa Cajaplast S.A., dedicada a la fabricación de envases plásticos. Esta empresa utiliza resinas como PET, policarbonato, polipropileno y polietileno para la producción de artículos para la industria médica y de cuidado personal. El área de mayor enfoque fue el proceso de decoración de envases mediante Heat Transfer, que presentaba problemas significativos de tiempos de preparación prolongados, lo cual afectaba negativamente la productividad y elevaba los costos operativos.

En el análisis inicial de Cajaplast, se identificaron cuatro factores clave que contribuían a los tiempos prolongados de cambio en la maquinaria de Heat Transfer:

**Herramientas:** La falta de herramientas adecuadas dificultaba el posicionamiento del mandril y los ajustes necesarios para cada lote.

**Materiales:** La ausencia de materia prima lista retrasaba el inicio de los siguientes lotes, ya que los insumos se debían solicitar a almacén en el momento del cambio.

**Ajustes:** El proceso de ajuste del mandril y la calca era empírico, lo que generaba múltiples reajustes y pérdida de tiempo, además de producir mermas en algunos casos.

**Pruebas de calidad:** Las pruebas de calidad demoraban el proceso, especialmente cuando el analista no estaba disponible, lo que generaba tiempos de espera considerables.

Para abordar estos problemas, se realizó un estudio de tiempos para cuantificar el impacto de cada uno de estos factores. A través del Gráfico



de Pareto, se determinó que el ajuste del mandril y los ajustes de calca representaban el 62.3% de las incidencias totales. Por lo tanto, se decidió enfocar las mejoras en estos aspectos para reducir significativamente los tiempos de cambio.

La implementación de SMED se llevó a cabo en tres fases principales:

Fase 1, se clasificaron las actividades internas (aquellas que deben realizarse con la máquina detenida) y las actividades externas (aquellas que pueden hacerse mientras la máquina está en funcionamiento). Mediante esta clasificación, se identificaron 97 actividades internas y 10 actividades externas, lo que resultó en un tiempo total de ajuste de 47.84 minutos. El siguiente paso fue convertir tantas actividades internas como fuera posible en externas. Esto permitió reducir el tiempo de cambio a 46.61 minutos, logrando una disminución de 1.23 minutos. La colaboración con el personal operativo y los ajustadores fue clave para identificar qué tareas podían realizarse externamente sin afectar la eficiencia del proceso. Fase 3, se implementaron herramientas y técnicas adicionales para reducir los tiempos de las operaciones tanto internas como externas. Se identificaron dos áreas de mejora clave: la redistribución del layout del área de producción y la introducción de tarjetas Kanban para mejorar la anticipación de los cambios de lote. También se propuso el uso de un dispositivo Poka Yoke para asegurar el posicionamiento correcto del mandril, eliminando errores y reduciendo los tiempos de ajuste innecesarios. La implementación de SMED en el área de Heat Transfer de Cajaplast generó resultados significativos. Se logró una reducción del 5.54% de tiempos improductivos, lo que aumentó el porcentaje efectivo de producción al 94.46%. La redistribución del espacio y el uso de Kanban optimizaron el flujo de trabajo, mientras que el uso de Poka Yoke en los ajustes del mandril eliminó la necesidad de reajustes repetitivos.

La reducción total del tiempo de cambio fue de 13.36 minutos por día cuando se utiliza una sola máquina. Al aplicar este ahorro a las seis máquinas de Heat Transfer, el tiempo de cambio se redujo en 41.16 minutos por jornada laboral, mejorando significativamente la eficiencia de la planta sin requerir una inversión considerable.

En conclusión, la metodología SMED demostró ser una herramienta eficaz para reducir los tiempos de preparación, mejorar la productividad y optimizar los recursos en la planta de producción de Cajaplast. Esta metodología no solo aumentó la eficiencia operativa, sino que también redujo los costos y permitió una mayor competitividad en el mercado.



## **“Implementación del ciclo de Deming en el área de producción de antígenos de una empresa de productora de vacunas”**

**Valdés-Álvarez, Alejandra C.<sup>1\*</sup>, Calderón-Jiménez, Antonio<sup>2</sup>, Méndez-Rivera, Caín<sup>3</sup>, Hernández-Sánchez, Luis A.<sup>4</sup>, González-González, Eric<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán  
Av. Instituto Tecnológico s/n, Col. La Gloria  
Cd. Serdán, Puebla, México, C.P. 75520  
<sup>†</sup>avaldez@cdserdan.tecnm.mx  
Área de conocimiento

El Ciclo de Deming, está diseñado para resolver necesidades dentro de las empresas, dado que ataca problemas vitales, porque estos en su mayoría conllevan a la insatisfacción de los clientes y usuarios finales. El ciclo PDCA o mejor conocido como el Ciclo Deming, se compone por 4 etapas, las cuales son: planificar (plan), hacer (do), verificar (check) y actuar (act). Es por ello que las empresas en México buscan la implementación de herramientas como el ciclo Deming para poder cumplir con las expectativas del mercado. Una de esas empresas dedicada a la fabricación de vacunas presenta en el último año, un número elevado de quejas por parte de sus clientes, dado el excesivo tiempo de retraso en sus entregas que va desde 1 a los 265 días en promedio. Esta situación se agrava debido a la adquisición que ha sufrido por otra empresa, lo que conlleva una transición para estandarizar los procesos. En el presente trabajo se explican los beneficios alcanzados con la implementación del Ciclo Deming en el área de producción de antígenos de esta empresa mexicana.

La implementación se realizó considerando las cuatro etapas del Ciclo Deming, iniciando con:

Etapa 1. Planificar: Para poder iniciar se llevó a cabo un diagnóstico y análisis en la base de datos de la empresa, dado que se tiene un número elevado de quejas de los clientes y cancelación de pedidos. Se encontró que en los primeros 6 meses de ese año, el principal problema fue el tiempo de entrega, siendo el mes de mayo el peor, donde se generaron 40 vacunas diferentes pero el mínimo fue 1 y máximo 265 días de retraso, que económicamente según el sistema de producción generó una pérdida de \$461,898.37 pesos. En esta etapa se tiene claro que la meta es la disminución de días de entrega, por lo cual, se desarrollaron círculos de



calidad con las personas involucradas desde la recepción de pedidos hasta el almacenamiento de las vacunas terminadas, y se acordó el desarrollo de plan maestro de producción, uso correcto de un software que controle el sistema, un calendario de producción y reportes de los departamentos de producción y calidad.

Etapa 2. Hacer: Para la implementación de las acciones correctivas fue necesaria la capacitación del uso del software y la correcta captura de las ordenes de producción en el sistema, así mismo se llevó a cabo la revisión de inventario para registrar los datos y posteriormente generar el plan maestro de producción, y por último en el calendario de producción se agregaron indicadores gráficos para que se visualizaran en el sistema.

Etapa 3. Verificar: Según los registros en el sistema, los meses de agosto, septiembre y octubre presentaron pérdidas, pero en el mes de noviembre ya no se generaron días de retraso, y para dar seguimiento a las implementaciones se elaboraron minutas de trabajo para establecer compromisos y nuevas metas.

Etapa 4. Actuar: En esta última etapa se alcanzaron las metas iniciales y se aplicaron las propuestas generadas con anterioridad, como parte de la mejora continua se estableció que se realizará un monitoreo de los indicadores de producción y en caso de tener desviaciones del sistema se aplicaran acciones correctivas correspondientes.

El ciclo Deming aplicado en el sistema de producción de antígenos de una empresa mexicana dedicada a la elaboración de vacunas, generó grandes resultados, dado que en los primeros siete meses del año se elaboraron 260 vacunas, pero por el retraso en los días de entrega, terminaban en cancelación de pedidos, una vez implementadas las etapas del Ciclo Deming se logró la reducción a cero días de retraso en los meses de Noviembre y Diciembre, colocando en el mercado 118 vacunas, que se entregaban en tiempo y forma, generándose compras exitosas y remuneradas para la empresa, que generó la disminución de las quejas de los clientes un 95%. El Ciclo Deming permitió a la empresa el control eficiente de sus procesos internos y externos, realizando un análisis profundo de todas las variables que se involucran en la producción de vacunas, para de este modo poder reducir los errores que se cometían y mejorar la toma de decisiones en cada área.



## **Árboles de Decisión en la Evaluación de Alternativas en el Desarrollo de Nuevos Productos**

**Martínez-Bruno, Anastasia<sup>1†</sup>; García-Duran, Javier Eusebio<sup>1†</sup>;  
Martínez-Montalvo, Jazmín<sup>1†</sup>; Montiel-Rosales, Aarón<sup>1†</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / ITS de Teziutlán  
Fracción I y II SN  
Teziutlán, Puebla, México, 73960  
<sup>†</sup>ar.chimedes@hotmail.com  
Ingeniería Industrial

La contaminación ambiental causada por la producción de popotes de plástico y platos desechables es un problema grave que afecta la vida marina. Muchos animales marinos confunden estos desechos con comida, resultando en tasas alarmantes de mortalidad. Estudios recientes indican que el 90% de los restos de plástico se encuentran en diversas especies de tortugas marinas, las cuales mueren debido a la ingestión de este material. Además, la persistencia de plásticos en el entorno marino puede durar cientos de años, afectando no solo la vida marina actual, sino también las futuras generaciones.

En respuesta a esta problemática, el presente estudio se presenta un modelo de árbol de decisión que permite identificar el producto más viable a desarrollar entre tres opciones: una cuchara comestible, una pasta para libretas y un plato comestible; optimizando así la ganancia económica y minimizando el impacto ambiental de la empresa.

La metodología de árboles de decisión es una herramienta analítica poderosa utilizada en diversos campos. Estos árboles son modelos gráficos que ilustran posibles decisiones, sus resultados y las probabilidades asociadas con diferentes cursos de acción. Se utilizó el software PrecisionTree 8.2 en versión Demo, el cual, es un software para análisis de decisiones que funciona como complemento de Microsoft Excel.

En la presente investigación se evaluó y analizó la viabilidad de poder introducir al mercado un nuevo producto. Para ello se llevaron a cabo análisis comparativos considerando como variables el costo de producción, la demanda proyectada, la inversión inicial y el beneficio esperado. Además de evaluar aspectos de sostenibilidad, como la reducción de residuos y la biodegradabilidad de los materiales utilizados en cada producto.



Se recopiló información sobre los costos de producción y desarrollo de cada producto, la demanda proyectada basada en estudios de mercado y las expectativas de beneficio neto. Estas variables fueron incorporadas en el modelo para evaluar su impacto en la viabilidad económica de cada opción. También se consideraron datos sobre el impacto ambiental de los productos y su potencial para contribuir a la sostenibilidad.

Se realizaron simulaciones Monte Carlo para evaluar el riesgo y la incertidumbre asociada con cada decisión. Esto permitió generar una distribución de posibles resultados para cada opción, proporcionando una visión clara de los riesgos y beneficios potenciales. Las simulaciones también incluyeron análisis del ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental de cada opción, asegurando una evaluación integral que considere tanto la viabilidad económica como la sostenibilidad.

Los resultados de las simulaciones se analizaron para determinar cuál de los tres productos ofrecía el mejor balance entre riesgo y beneficio. Se seleccionó el producto con el valor esperado más alto y la menor variabilidad en los resultados. Además, se priorizó el producto que demostró el menor impacto ambiental y el mayor potencial para contribuir a los objetivos de sostenibilidad de la empresa.

El análisis de los resultados permitió identificar el producto más viable en términos de retorno sobre la inversión y riesgo asociado. El árbol de decisión mostró que el plato comestible presentaba el mejor balance entre alto beneficio y menor riesgo, comparado con las otras opciones. El análisis de los resultados permitió identificar el producto más viable en términos de retorno sobre la inversión y riesgo asociado, con un valor esperado de \$68,500.45, y considerando una probabilidad de ocurrencia del evento del 45.00%. El árbol de decisión mostró que el plato comestible presentaba el mejor balance entre alto beneficio y menor riesgo, comparado con las otras opciones

La utilización de árboles de decisión y la herramienta PrecisionTree, en este estudio demostró ser efectiva para la toma de decisiones estratégicas en el desarrollo de nuevos productos.



## CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024

TecNM - Tecnológico Nacional de México  
ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba  
DEPI - División de Estudios de Posgrado

# Ingeniería Administrativa

YouTube

VEA LAS  
CONFERENCIAS AQUÍ



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

## **Gráfico SIMO en área de producción de paneles fotovoltaicos**

**García-Juárez, José Alberto<sup>1</sup>, Muñoz-Navarro, Aldair Alberto<sup>2\*†</sup>, Rivera-  
Rosas, Diana<sup>3</sup>, Méndez-García, Víctor<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba  
Avenida Oriente 9 No. 852.  
Orizaba, Veracruz, México, C.P. 94320  
<sup>\*</sup>aldairalberto03@hotmail.com  
Ingeniería Administrativa

### **Keynote**

- Introducción

En el competitivo mercado de la energía renovable, la eficiencia operativa y su productividad es fundamental para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas. Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo con un diseño de investigación no experimental y transversal basado en gráfico SIMO para una fábrica de paneles fotovoltaicos ubicada en Orizaba. A través del análisis de los Therbligs asociados a las distintas actividades dentro de la planta, se busca identificar áreas para mejora de eficiencia en los procesos productivos de la fábrica. Como resultado, se describen los resultados detallados de los Therbligs analizados, proporcionando una visión clara y estructurada de las operaciones.

- Desarrollo

El análisis inicial se centró en el desglose detallado de las actividades involucradas en el proceso de corte del ribbon y la soldadura manual, segmentando cada operación realizada por ambas manos de las operadoras. Mediante la observación y análisis de los movimientos de las manos de las operadoras, se identificaron los Therbligs correspondientes a cada acción, de acuerdo con la naturaleza de la actividad realizada.

Para la medición de los tiempos asociados a cada movimiento, se utilizó un cronómetro con el método de registro continuo. Esto permitió obtener mediciones precisas, ya que algunas de las actividades eran de corta duración, requiriendo una exactitud máxima en la captura de los tiempos.



Con los resultados obtenidos del tiempo total dedicado a cada actividad, se llevó a cabo una evaluación conjunta con el líder del área de soldadura manual, teniendo como objetivo identificar acciones que no aportan valor al proceso o tiempos muertos, para su posible eliminación, lo que contribuye al aumento de la eficiencia en el proceso de ensamblaje de paneles fotovoltaicos.

- Resultados

El estudio realizado en la empresa demostró la importancia de aplicar herramientas que permitan el análisis de procesos con base en herramientas cuantitativas que proporcionan un panorama preciso a través de datos duros.

El uso de gráficos SIMO y Therbligs permitieron medir los tiempos y movimientos de dos procesos con la finalidad de identificar áreas de mejora que permitan aumentar la productividad en el proceso final, asegurando que cada actividad cumpliera con su función sin generar desperdicios. A continuación, se describen una de las 6 operaciones para la medición de Therbligs a través de símbolos que representan los movimientos específicos de las manos en cada tarea, lo que permite un análisis detallado de cada etapa. En la operación llamada “corte de tiras ribbon” los resultados fueron los siguientes: tomar la cinta (0.05 minutos), estirla (0.03 minutos), sostenerla mientras se realiza el corte (0.03 minutos), mover la tira de ribbon (0.01 minutos) y soltarla (0.01 minutos).

A través de una evaluación de parte del equipo analista de la empresa, se identificó que, cada uno de los movimientos son esenciales debido a la capacitación adecuada del personal y la estandarización de procesos, lo que ha permitido reducir defectos y aumentar la calidad de los paneles producidos. Esto no solo contribuye a la sustentabilidad energética y ambiental de la región, sino que también mejora la competitividad de la empresa en el mercado de energías renovables.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

## **Manual de Atención al Cliente en la Asociación Pequeños Maestros “Autismo Valle Azul A. C.” Orizaba, Veracruz**

**Sánchez-Anastacio, Isaac<sup>1</sup>, Bravo-Beristain, Joselyn<sup>2\*</sup>, Rosas-Leyva, Marco Antonio<sup>3</sup>, Mejía-Ochoa, Francisco Javier<sup>4\*†</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica  
Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica, Veracruz, México, C.P. 95005

<sup>†</sup>francisco\_javier\_mejia\_125@zongolica.tecnm.mx  
Ingeniería Administrativa

### **Keynote**

#### **Introducción**

En la Asociación Pequeños Maestros "Autismo Valle Azul A.C.", ubicada en Orizaba, Veracruz, México, se detectó una carencia sustancial en la capacitación del personal encargado de la atención a infantes neurodivergentes, particularmente aquellos diagnosticados con trastornos del espectro autista. Este documento expone la creación de un Manual de Atención al Cliente, con el objetivo de unificar y optimizar las interacciones entre los colaboradores de la asociación y sus usuarios. Mediante un análisis meticuloso de las prácticas previas, se desarrolló el manual para instruir al personal en métodos avanzados de comunicación y manejo de situaciones delicadas.

#### **Desarrollo**

La metodología para elaborar el manual inició con una evaluación cualitativa de las interacciones actuales entre el personal y los clientes, identificando así deficiencias y oportunidades de mejora. A continuación, se diseñó el contenido del manual, que incluye directrices sobre comunicación efectiva, técnicas para el manejo de conflictos, y estrategias para fomentar la inclusión. Estos elementos se organizaron para proporcionar un marco de acción inmediata y para promover un ambiente



de aprendizaje y adaptación continua dentro de la organización. La validación del manual se realizó a través de ciclos de retroalimentación con las partes interesadas, los cuales se aplicaron durante las capacitaciones que se brindaron para dar a conocer las mejoras que se realizaron en los procesos de atención y seguimiento; por otra parte, se incluyó la mejora en la percepción del servicio en las familias de los infantes, esto a través de un cuestionario con base en la metodología Net Promoter Score (NPS) ocupando una escala de 0 a 10 para la evaluación, permitiendo así la afinación de las directrices para satisfacer las necesidades reales de los usuarios.

## **Resultados**

La implementación del Manual de Atención al Cliente generó un impacto positivo notable en la calidad del servicio ofrecido por la asociación. La estandarización de los procedimientos de atención mejoró la coherencia en las respuestas del personal ante situaciones complejas, evidenciando un aumento en la satisfacción de las familias atendidas. El entrenamiento basado en el manual potenció la seguridad del personal, proporcionándoles habilidades prácticas para interactuar de manera más efectiva, logrando en promedio una mejora del 10 % en la reducción de tiempos y desempeño de las labores administrativas y de atención al cliente. Las mediciones de desempeño, obtenidas a través de encuestas de satisfacción y evaluaciones de rendimiento antes y después de la adopción del manual, indican una mejora significativa en los estándares de atención, cuya mejora fue en promedio de un 5 %, consolidando la importancia de este recurso como un componente esencial en la estrategia de servicio al cliente de la asociación.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

## **Aplicación de las metodologías QFD y AHP en el diseño de un prototipo basado en las necesidades del cliente**

**Muñoz-Navarro, Aldair Alberto<sup>1</sup>, García-Juárez José Alberto<sup>2\*†</sup>, Rivera-Rosas, Diana<sup>3</sup>, Méndez-García, Víctor<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba  
Avenida Oriente 9 No. 852.  
Orizaba, Veracruz, México, C.P. 94320  
<sup>†</sup>josberjuarez@gmail.com  
Ingeniería Administrativa

### **Keynote**

- Introducción

En el ámbito del diseño y desarrollo de productos, es fundamental garantizar que se satisfagan las necesidades y expectativas de los usuarios, de este modo, la metodología QFD (Quality Function Deployment) es una herramienta que permite traducir las voces del cliente en características técnicas y funcionales del producto. Existen otras técnicas que complementan al QFD tales como: AHP (Analytic Hierarchy Process), que es una técnica matemática que ayuda a tomar decisiones cuando existen múltiples criterios y alternativas; Casa de la Calidad que es una herramienta gráfica utilizada en esta metodología, y representa la relación entre las necesidades del cliente, las características del producto y los requisitos técnicos. La investigación presenta un análisis detallado de un prototipo de producto utilizando herramientas clave en el diseño y desarrollo, como la metodología **Quality Function Deployment (QFD)**.

- Desarrollo

El trabajo se centra en la aplicación de la metodología QFD (Quality Function Deployment) para diseñar un prototipo de mochila que satisfaga las necesidades y expectativas de los usuarios. A través de esta metodología, se explica cómo el QFD traduce la voz del cliente en características técnicas del producto, complementado por el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), una técnica matemática para tomar decisiones con múltiples criterios

El proceso se divide en tres fases: la detección de las demandas primarias y secundarias del producto, clasificación y selección de medidas de



desempeño y la realización de Casa de la calidad, lo que involucra el despliegue de partes o diseño, planificación del proceso, y control de proceso. Cada fase utiliza matrices para analizar y priorizar las necesidades del cliente y las características técnicas del producto, en este sentido, la Casa de la Calidad es fundamental, ya que relaciona las necesidades del cliente con las características del producto.

Los resultados del AHP detectaron las demandas primarias y secundarias de la mochila, evaluando aspectos como estética, durabilidad, seguridad, versatilidad, vulnerabilidad y comodidad. Finalmente, se consolidaron las medidas de desempeño y se completó el QFD, integrando todos los análisis realizados para el diseño de la mochila.

- Resultados

Los resultados permitieron identificar y priorizar las demandas primarias de los clientes, tales como la estética, durabilidad, seguridad, versatilidad, vulnerabilidad y comodidad. Posteriormente, se detallaron las demandas secundarias específicas para cada demanda primaria, incluyendo aspectos como el color, textura, material, mecanismos de cierre, compartimentos secretos, modularidad, resistencia al agua, etc.

La planeación del QFD permitió establecer las medidas de desempeño, como colorimetría, satisfacción del cliente, ajuste de cinta entre otras; con el propósito de la ejecución de pruebas de calidad y así, consolidar la información de la planeación, considerando la importancia de las demandas secundarias y realizando una comparativa con la competencia. Como último paso, se integraron todos los análisis realizados previamente en la metodología QFD para el diseño de la mochila, proporcionando una visión completa y estructurada del proceso de diseño basado en las necesidades y expectativas de los clientes.



## **Análisis del Tipo de Cambio Peso-Dólar: Comportamiento Caótico y Respuesta a Eventos Globales**

**Alvarez Tostado-Ceballos, Hilda Esperanza<sup>1</sup>, Lizola-Margolis, Pedro  
Enrique<sup>2</sup>, Morales-Castro, Arturo<sup>3</sup>, García-Mejía, Juan Fernando<sup>4</sup>.**

<sup>1,2</sup>Universidad Autónoma del Estado de México  
Paseo Universidad Manzana 020, Universitaria, 50110 Toluca de Lerdo, Estado de  
México.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de México  
Av. Universidad 3004, Copilco Universidad, Coyoacán, 04510 Ciudad de México,  
CDMX.

<sup>4</sup>Centro Universitario UAEM Atlacomulco  
Autopista Toluca-Atlacomulco km 60. 50400, Atlacomulco, Estado de México.  
healvarezt@uaemex.mx  
Ingeniería Administrativa

### **Introducción**

El comportamiento del tipo de cambio es un indicador clave de la salud económica de un país, reflejando la interacción entre factores internos y externos. En el caso de México, el tipo de cambio peso-dólar está influenciado por una amplia gama de variables, incluyendo las decisiones de política monetaria, el comportamiento de los mercados financieros globales, y los eventos políticos y económicos tanto locales como internacionales. Entre el 2 de enero de 2023 y el 30 de agosto de 2024, el tipo de cambio peso-dólar presentó episodios de alta volatilidad que respondieron a eventos económicos y políticos. Este artículo tiene como objetivo analizar las dinámicas del tipo de cambio durante este periodo, a través del exponente de Hurst y centrándose en la interacción de factores económicos, como las políticas monetarias de la Reserva Federal (Fed) y el Banco de México (Banxico), la inflación, y los movimientos de capitales a nivel internacional.

### **Desarrollo**

Durante el periodo de estudio, se registraron fluctuaciones significativas en el tipo de cambio peso-dólar, destacándose el 9 de abril de 2024 cuando el peso alcanzó su valor más alto de \$16.36 MXN/USD, impulsado por una inflación en México menor a la esperada y la expectativa de que el Banco de México mantendría su política de tasas de interés. En contraste, para el 30 de agosto de 2024, el peso se depreció a \$19.82 MXN/USD, debido a la



revisión al alza del PIB de Estados Unidos y la expectativa de un endurecimiento de la política monetaria por parte de la Reserva Federal. Estos eventos reflejan la influencia de factores económicos internos y externos en la valoración de la moneda mexicana.

Para llevar a cabo este estudio, se consideró una muestra de 421 precios diarios del tipo de cambio y 420 rendimientos logarítmicos correspondientes. Con dichos rendimientos, se realizó un análisis estadístico y gráfico con el fin de destacar los puntos críticos, es decir, los máximos y mínimos en el periodo estudiado. Posteriormente, se calculó el exponente de Hurst utilizando el método de R/S modificado o re escalado, cuya expresión matemática es  $\left(\frac{R}{S}\right)_n = cn^H$ , donde H representa el exponente de Hurst. Finalmente, se realizó un contraste estadístico empleando cuatro ventanas de tiempo representativas, seleccionadas de acuerdo con los puntos críticos previamente identificados en el análisis.

El análisis estadístico del tipo de cambio durante este periodo muestra una alta volatilidad, con el exponente de Hurst oscilando entre 0.45 y 0.57. Valores cercanos a 0.5 sugieren un comportamiento aleatorio, mientras que los menores a 0.5 indican una tendencia anti-persistente, es decir, que un movimiento en una dirección es seguido por otro en sentido contrario. Este comportamiento caótico y reactivo del mercado cambiario es evidente en ventanas temporales como la de diciembre de 2022 a julio de 2023, con un valor de Hurst de 0.456, reflejando la influencia de eventos globales. Por otro lado, el periodo de diciembre de 2022 a agosto de 2024 muestra un valor de Hurst de 0.57, lo que sugiere una ligera persistencia, asociada a expectativas de estabilidad económica y política.

## **Resultados**

Los rendimientos logarítmicos diarios del tipo de cambio peso-dólar durante el periodo analizado tuvieron un promedio cercano a cero, lo que indica la ausencia de una tendencia definida a largo plazo a pesar de la alta volatilidad. Sin embargo, los rendimientos extremos, con un mínimo de -2.94% y un máximo de 4.07%, junto con una desviación estándar de 0.75%, revelan días de gran volatilidad influenciados por eventos como las políticas monetarias de la Fed, los precios del petróleo y la incertidumbre política en México y Estados Unidos debido a sus elecciones presidenciales en 2024. Aunque el mercado mostró episodios de volatilidad extrema, el promedio de rendimientos sugiere estabilidad relativa a largo plazo, destacando la importancia de las políticas macroeconómicas para mantener la estabilidad del tipo de cambio.



## **Manos pequeñas, grandes tareas: el trabajo femenino infantil en la industria textil poblana**

**Muñiz-Montero, Isabel<sup>1\*</sup>, Muñiz-Montero, Carlos<sup>2</sup>, Panecatí-Vernal, Yesmin<sup>3</sup>,  
Salas-de la Rosa, Virma Leticia<sup>4</sup>  
Alvarado-Castillo, Ma.Gabriela<sup>5</sup>**

<sup>12345</sup>Universidad Politécnica de Puebla, Tercer Carril del Ejido, Serrano s/n, Cuanalá, 72640  
Puebla, Pue.

\*isabel.muniz@uppuebla.edu.mx

Investigación Educativa

- **Introducción**

A finales del siglo XX, el modelo económico neoliberal impulsó el traslado de las empresas transnacionales hacia los países periféricos. La industria de producción de partes, comúnmente conocida como “maquila” trabaja dividiendo los procesos productivos para que se realicen en diversos lugares con la finalidad de abaratar los costos de producción. De tal forma que el diseño de los productos se realiza en los países con economías centrales mientras que los procesos intensivos de armado de partes se realizan en los países con economías dependientes. Las poblaciones locales se vieron obligadas a adaptarse a los cambios económicos, industriales y a las nuevas condiciones de trabajo para sobrevivir a la incorporación de la industria de producción de partes. A pesar de que el discurso de los gobiernos por muchos años fue que el modelo maquilador era un modelo de desarrollo económico benéfico, en la práctica se generaron condiciones de explotación y de trabajo precario. En las regiones donde predomina el empleo precario, ha emergido un mercado laboral ilegal que incluye la participación de menores de edad. A nivel mundial se ha denunciado el trabajo infantil ligado a las empresas maquiladoras. En el municipio de Tehuacán, dentro de la industria del vestido y la confección, es frecuente encontrar a niñas y adolescentes ocupando puestos como obreras. El estudio analizó el impacto de los procesos de reproducción del capital en las maquiladoras textiles ubicadas en zonas rurales y semiurbanas. A través de una metodología mixta, se documentó cómo el sistema maquilador fomenta la incorporación de mano de obra infantil femenina.

- **Desarrollo**

La investigación se llevó a cabo en tres maquiladoras en el municipio de Tehuacán, en el estado mexicano de Puebla: una industrial con más de 200 empleados, otra de tamaño mediano con aproximadamente 75 empleados, y un taller irregular con menos de 30 trabajadores. El objetivo del estudio fue analizar cómo la industria del vestido y la confección contribuye al surgimiento del trabajo infantil femenino, identificando los factores administrativos, económicos y sociales que facilitan esta práctica. Las preguntas de investigación fueron: 1) ¿Cuáles son las condiciones que originan el trabajo infantil



femenino en la región? y 2) ¿Cuáles son las características del trabajo infantil en la industria maquiladora? El enfoque de la investigación fue mixto. En la parte cuantitativa, se aplicaron 40 cuestionarios a obreras de las tres maquiladoras. Las encuestas se realizaron en verano de 2023, con un pilotaje previo de 10 encuestas en marzo de 2023. La validez de constructo se obtuvo a través de alinear las preguntas a las nuevas interpretaciones de la economía política en lo referente a los temas de explotación con enfoque de género. El tipo de escala de medición que se utilizó fue de razón. La encuesta se analizó por medio del Programa SPSS en su versión 24.0. En la parte cualitativa se realizaron 10 entrevistas a menores de edad que trabajaban en las maquilas. Las entrevistas se registraron utilizando la aplicación MAXApp para Linux, y se emplearon diarios de campo para complementar el análisis. Además, se grabaron y transcribieron con el Programa de Transcripción Instantánea de Google.

- Resultados

El trabajo infantil en Tehuacán es resultado de varios factores. La industria del vestido y la confección busca reducir costos, y para ello contrata talleres irregulares y domiciliarios que, al estar desregulados, emplean a menores de edad sin cumplir con normativas laborales. Este trabajo infantil se caracteriza por bajos salarios y la falta total de prestaciones, afectando principalmente a niñas de aproximadamente quince años, quienes son más explotadas debido a factores culturales que asocian el trabajo en la costura con tareas domésticas. La investigación muestra que el 45% de las mujeres obreras comienzan a trabajar en maquilas a los 15 años, y un 1.5% de los trabajadores en esta industria son menores de 13 años. Entre las menores que integraron la investigación se observó que aproximadamente el 60 por ciento son de origen indígena. Ellas comienzan a trabajar en las maquilas durante las vacaciones escolares, impulsadas por la necesidad económica de sus familias o por la intención de sus familiares de que comiencen a aprender el trabajo como costureras, el cual no es mal visto entre esta población. El trabajo infantil se caracteriza por largas jornadas de trabajo y condiciones laborales deficientes. En la investigación se encontró que los menores trabajan entre 40 y 51 horas a la semana por salarios bajos (entre 450 y 700 pesos semanales) y sin acceso a la seguridad social. El trabajo infantil es también una estrategia de supervivencia económica para las familias más pobres. Muchas familias dependen de las contribuciones económicas de sus hijos para complementar los bajos ingresos de los adultos, quienes ganan alrededor de 1000 pesos semanales. Este contexto de pobreza, junto con la informalidad laboral en las maquilas y la falta de un correcto abordaje por las autoridades, perpetúa el problema del trabajo infantil.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

## **DIAGNÓSTICO DE COMPETITIVIDAD ORGANIZACIONAL EN ALTAS CERVEZAS BREWING CO.**

**Perez Chavez Aranzazu<sup>1</sup>, García Macarty Raúl Alejandro<sup>2\*</sup> Cabrera  
Zepeda Gabriela<sup>3</sup> Romero Montoya Mauricio<sup>4</sup>**

Instituto Tecnológico de Orizaba  
Ote. 9, Emiliano Zapata,  
Orizaba, Veracruz, México, C,P 94320.  
\*†m16010212@orizaba.tecnm.mx  
Ingeniería administrativa

**Fortaleciendo la Competitividad Organizacional: Claves para el  
Desarrollo Sostenible en Altas Cervezas Brewing Co.**

### **Introducción**

El estudio de la competitividad organizacional es esencial para identificar las fortalezas y debilidades de una empresa y su capacidad de mantener una ventaja competitiva. En este informe se realizó un diagnóstico exhaustivo de Altas Cervezas Brewing Co. utilizando el modelo ECAI (Educación, Capacitación, Adiestramiento e Instrucción) que evaluó 112 indicadores clave a través de un cuestionario con 99 preguntas. Este cuestionario, aplicable a cualquier entorno de trabajo permitió evaluar aspectos críticos para la sostenibilidad y el rendimiento de la organización, proporcionando una visión clara de su posición actual y de las áreas que requieren mejoras para aumentar su competitividad.

### **Desarrollo**

Para llevar a cabo el diagnóstico de competitividad organizacional, se aplicó un cuestionario estándar del modelo ECAI, diseñado para ser utilizado en cualquier entorno organizacional (Álvarez Torres & Casar Palacios, 1994). Este cuestionario proporcionó una visión integral de la empresa evaluando tanto los aspectos tangibles como intangibles de su funcionamiento.

Los indicadores evaluados incluyeron la claridad de la misión y visión de la empresa, la eficacia de los programas de capacitación y desarrollo, y la calidad de la comunicación interna. A través de este enfoque, se obtuvo una comprensión profunda de cómo estos factores interrelacionados contribuyen a la competitividad de la empresa.

El proceso de evaluación se realizó en varias etapas, incluyendo la aplicación de encuestas a los empleados y el análisis de los indicadores



que permitieron identificar las áreas de fortaleza y debilidades dentro de la organización.

## **Resultados**

Los resultados mostraron que la empresa cuenta con fortalezas significativas en su misión, filosofía y valores, lo que proporciona una base sólida para su competitividad. Sin embargo, se detectaron áreas críticas de mejora en la delegación de responsabilidades y la aplicación de programas de capacitación efectivos.

El diagnóstico de Altas Cervezas Brewing Co. mostró fortalezas en su misión, filosofía y valores, lo que le proporciona una dirección estratégica clara. Sin embargo, las principales debilidades identificadas fueron la baja competitividad (22%) y la falta de delegación de responsabilidades (0%), lo que refleja una carencia de empoderamiento entre los empleados. Estas áreas críticas deben ser abordadas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad a largo plazo.

Además, la empresa presenta deficiencias en la detección de necesidades de capacitación y en el desarrollo de habilidades del personal. La implementación de un programa integral de capacitación y adiestramiento es crucial para elevar el rendimiento de los empleados y la competitividad general de la organización.



## **Optimización de la Gestión de Pagos de Agua mediante un Sistema Integral de Gestión Hídrica con IoT y Aplicación Web**

**Robles-Calderón, Guadalupe<sup>1†</sup>, Robles-Calderón, Jacobo<sup>2</sup>, Aguilar-Cortés, Marco Antonio<sup>3</sup>, Tejeda-Moreno, Alejandro<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Tecnológico Nacional de México

Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán Puebla, México, C.P.:73960

\*†[guadalupe.rc@teziutlan.tecnm.mx](mailto:guadalupe.rc@teziutlan.tecnm.mx)

Ingeniería Administrativa

### **Keynote**

### **Introducción**

El manejo del agua enfrenta retos derivados del crecimiento demográfico, el cambio climático y la obsolescencia de las infraestructuras. En el ámbito de la Ingeniería Administrativa, estos problemas son particularmente relevantes cuando los procesos manuales generan ineficiencia y dificultan la correcta toma de decisiones. En la Junta Auxiliar de San Juan Acateno, la gestión hídrica manual provoca errores, morosidad y una administración deficiente de los recursos financieros y operativos. Esta situación demanda una solución que combine la tecnología con principios de gestión administrativa avanzada para asegurar una distribución equitativa y un uso eficiente del recurso.

### **Desarrollo**

La propuesta tecnológica se basa en un dispositivo IoT conectado a válvulas automatizadas, que permite la regulación remota del flujo de agua. La implementación del sistema de gestión hídrica basado en IoT y la aplicación web no solo ha mejorado la eficiencia operativa del comité de agua, sino que también ha tenido un impacto directo en la reducción del tiempo de procesamiento de los pagos. Antes de la implementación, los pagos se gestionaban manualmente, lo que resultaba en tiempos prolongados y un mayor margen de error. Con el nuevo sistema, el tiempo promedio de procesamiento de pagos se redujo de 20 minutos a 5 minutos, logrando una reducción del 75%. Además, la automatización ha



minimizado los errores humanos en las operaciones, con una disminución del 15% al 2% en el margen de error, mejorando la precisión de las transacciones.

Desde el enfoque de la Ingeniería Administrativa, el sistema redefine la manera en que se gestionan las operaciones y se manejan los recursos. Los procesos de gestión de agua que antes dependían de hojas de cálculo manuales ahora son automatizados, eliminando cuellos de botella en la toma de decisiones y mejorando la supervisión en tiempo real de las operaciones. Además, se implementaron identificadores únicos para cada usuario y toma de agua, lo que aumenta la trazabilidad y el control de la información.

## **Resultados**

El impacto administrativo del sistema es amplio, la transparencia y la trazabilidad de las transacciones financieras han mejorado, con una disminución significativa en los errores de registro, lo que fortalece la rendición de cuentas y la confiabilidad de los datos. Los resultados del sistema han sido cuantificables y significativos. En un periodo de seis meses, se observó una disminución en los errores de registro de pagos de un 85%, pasando de 70 errores mensuales a 15. Asimismo, el sistema ha optimizado el tiempo de procesamiento, incrementando la productividad del comité en un 50%, permitiendo que más usuarios sean atendidos en menos tiempo, y asegurando una mayor trazabilidad y transparencia en las operaciones.

El sistema ha demostrado ser una herramienta eficaz de toma de decisiones para la administración, que ahora puede evaluar con mayor precisión el estado del suministro de agua y ajustar las operaciones según las necesidades de la comunidad. Además, se ha logrado un control financiero más riguroso, optimizando los ingresos del comité de agua a través de un sistema de pagos más eficiente, lo que contribuye a la sostenibilidad económica del servicio. La implementación de un sistema de gestión hídrica basado en IoT y una aplicación web ha demostrado mejorar no solo la eficiencia operativa, sino también la gestión administrativa de los recursos hídricos en San Juan Acateno.

Este sistema ofrece un modelo replicable para otras comunidades, donde las innovaciones tecnológicas pueden ayudar a optimizar tanto los recursos naturales como los procesos administrativos.



## CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024

TecNM - Tecnológico Nacional de México  
ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba  
DEPI - División de Estudios de Posgrado

# Investigación Educativa





## **Percepción de la Responsabilidad Social Universitaria en Estudiantes de Ingeniería y Ciencias Naturales de UNACAR**

**Peraza-Pérez, Limberth<sup>1†</sup>, López-Noriega, Myrna Delfina<sup>2</sup>, García-  
Álvarez, Hugo<sup>3</sup>, Zalthen-Hernández, Lorena<sup>4</sup>, Contreras-Avila, Alonso<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universidad Autónoma del Carmen  
Calle 56 No. 4, Esq. Av. Concordia  
Ciudad del Carmen, Campeche, México, 24180  
<sup>†</sup>limberthperazaperez@gmail.com  
Investigación Educativa

La Responsabilidad Social Universitaria (RSU) ha cobrado gran importancia en el contexto global de la educación superior, ya que redefine el rol de las universidades más allá de la simple transmisión de conocimientos. La RSU exige que las instituciones de educación superior se comprometan activamente con la transformación social y el desarrollo sostenible, fomentando la justicia social, la equidad y el respeto por el medio ambiente. En este sentido, las universidades deben generar un impacto positivo en sus comunidades mediante la docencia, la investigación y la extensión universitaria.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la percepción de los estudiantes de las Facultades de Ingeniería y Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) sobre las acciones de RSU implementadas en la institución. Esto es relevante, ya que la percepción que tienen los estudiantes sobre la RSU puede reflejar el grado de integración de esta filosofía en la cultura organizacional de la universidad y en la formación de profesionales comprometidos socialmente.

El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo transversal, con un diseño no experimental. La muestra incluyó a 836 estudiantes seleccionados de manera no aleatoria y discrecional, abarcando las carreras de Arquitectura, Ingeniería Civil, Energía, Geofísica, Mecánica, Mecatrónica y Biología Marina. Esta diversidad permitió capturar una amplia gama de percepciones, tomando en cuenta a estudiantes de distintos semestres (principalmente segundo, cuarto, sexto y octavo) para garantizar una representación adecuada de la población estudiantil.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante un cuestionario dividido en cuatro secciones principales: datos sociodemográficos, percepción de la gestión universitaria, comportamiento docente y vinculación con la



comunidad. Las respuestas fueron medidas utilizando una escala Likert de cinco puntos, donde 1 a 3 indicaban percepciones negativas y 4 a 5 indicaban percepciones positivas. Las secciones del cuestionario evaluaban aspectos clave de la RSU como la promoción de valores éticos, la participación en proyectos sociales y ambientales, y la congruencia entre las normas de la universidad y sus prácticas institucionales.

Los resultados obtenidos revelan que, en general, los estudiantes de la UNACAR tienen una percepción baja de las acciones de RSU implementadas en la institución. En el área de docencia y vinculación, el promedio obtenido fue de 2.88, lo que indica una valoración negativa y la necesidad de realizar mejoras significativas en este aspecto. Los estudiantes expresaron que las materias que cursan fomentan de manera limitada su participación en proyectos sociales fuera de la universidad, con un promedio de 2.78, y que la interacción con zonas marginadas es insuficiente (2.80). Estos resultados sugieren que es necesario reforzar la integración de la RSU en el currículo académico para garantizar una formación más comprometida con la justicia social y el desarrollo sostenible.

En cuanto a la gestión universitaria, los estudiantes perciben de manera desfavorable la ética en la difusión de la información (2.64) y la congruencia entre las normas universitarias y su aplicación práctica (2.73). Sin embargo, se destacaron aspectos positivos en la relación entre profesores y estudiantes, que fue calificada con un promedio de 3.05, y en la capacitación en el cuidado del medio ambiente (3.00), lo que refleja que, si bien hay áreas de mejora, también existen bases sobre las cuales la universidad puede construir un enfoque más robusto de RSU.

La vinculación de la UNACAR con su entorno también fue percibida como insuficiente, con un promedio general de 2.95. Los estudiantes consideran que la universidad debe fomentar más la interacción entre los alumnos, los docentes y los sectores sociales y gubernamentales. Por otro lado, en cuanto a la organización de foros y actividades relacionadas con los problemas sociales y ambientales, la valoración fue más positiva (3.02), lo que sugiere que la universidad ha realizado esfuerzos en este ámbito, aunque aún insuficientes.



## **Relevancia del estudio de la personalidad en estudiantes de EMS.**

**Llaven-Gallegos, Cesar Octavio<sup>1†</sup>, Zúñiga-Reyes, Marco Antonio<sup>1</sup>,  
Luque-González, Manuel Miguel<sup>1</sup>, Jiménez-Ovando, Jorge Luis<sup>1</sup>, Díaz-  
Andrés, Verónica<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos de San Fernando  
CECyTE Chiapas  
El Paraíso, 29120 San Fernando, Chiapas.  
\*<sup>†</sup>cllaven@cecytech.edu.mx  
Investigación educativa

La escuela juega un papel fundamental en la vida del adolescente, ya que gran parte de su tiempo se la pasa en ella, por lo tanto, ésta debe ser el espacio o el motor de cambio para su vida y desarrollo de los principios que se enmarcan para una participación ciudadana adecuada. Uno de los objetivos de la educación debe ser precisamente formar la personalidad de los alumnos, regresando a las bases fundamentales como son la construcción de valores y de habilidades que le permitan una mejor convivencia y adaptación social.

Por lo anterior, toma relevancia el reconocimiento de los rasgos de personalidad del estudiante a partir de pruebas psicológicas, las cuales son un apoyo tanto para el docente como para el orientador educativo. De esta manera se podría preguntar ¿Los niveles de ansiedad influyen en su aprendizaje? ¿Cómo trabajar técnicas de aprendizaje con estudiantes que se consideran pocos sociables? ¿Cómo estimular la responsabilidad para mejorar el rendimiento académico? ¿Las condiciones físicas llegan a influir en el aprovechamiento escolar?

En la etapa del bachillerato, el desarrollo de la personalidad y creatividad reluce, es probable que su análisis no esté lo suficientemente estructurado dentro de la escuela, mucha de las veces se compensa con el interés y entusiasmo por ayudar a los jóvenes en su orientación psicológica por parte de docentes que cumplen con dicho rol.

En este sentido, el Inventario de Personalidad “Kenstel” examina el modo de ser, al poseer tal o cual rasgo mediante una medición dicotómica de “Sí” o “No”, sin la intención de etiquetar como bueno o malo. Permite conocer objetivamente las cualidades esenciales de la personalidad como resultado de la práctica social, educación y otros contextos. Considerando los siguientes rasgos: Estabilidad Emocional (E), Sociabilidad (SO), Sensibilidad (SE), Responsabilidad (R), Condiciones Físicas (CFS),



Independencia (I), Persistencia (P), Orden (O), Curiosidad (C), y Cambio (CA).

Los criterios de interpretación en la aplicación del Test de Kenstel consideran lo siguiente: a) Resultados menores a 4 necesitan reforzamiento, b) Resultados iguales o mayores a 4 necesitan fortalecerlos, y c) Resultados iguales o mayores a 6, poseen el rasgo suficiente. Siendo 8 el valor máximo posible a obtener en una característica.

Por lo anterior, se realizó un estudio exploratorio no probabilístico por cuota, seleccionando los grupos de sexto semestre del CECyT 01 San Fernando de la generación 2021-2024.

De los resultados obtenidos, el rasgo de responsabilidad fue el que mayor puntuación obtuvo, siendo este de valor 6. Por lo tanto, se considera que el rasgo es suficiente. Los rasgos de Estabilidad Emocional: Sensibilidad, Condiciones Físicas, Independencia, Persistencia, Orden, Curiosidad, y Cambio, obtuvieron un puntaje de 5. Por lo anterior, se considera que necesitan ser fortalecidos. Finalmente, el rasgo de sociabilidad fue el que menor puntaje obtuvo, siendo este de 3. Por lo que necesita ser reforzado en los estudiantes, convirtiéndose este rasgo en un objeto de estudio

Con base a los resultados obtenidos, en reunión con el departamento de orientación educativa, y considerando los lineamientos que actualmente propone el marco curricular de la educación media superior (MCCEMS), se decidió generar estrategias didácticas para el reforzamiento, en particular, del rasgo de sociabilidad. Esto coincide con lo observado en el quehacer diario de los docentes, quienes reconocen que es uno de los mayores problemas para realizar trabajo colaborativo en el aula; los estudiantes no son capaces de sinergizar para la construcción de actividades encomendadas y que impactan al final en el desarrollo de sus habilidades y sus evaluaciones sumativas.

Retomando las propuestas, se decidió abordar el problema desde el ámbito de la salud de la unidad de aprendizaje de recursos socioemocionales. Pasando a formar parte del programa aula escuela comunidad (PAEC), considerándolo como un proyecto escolar a desarrollar durante el semestre agosto-diciembre 2024.



## **Aprendizaje Basado en Problemas mediante el uso de ChatGPT en la asignatura de Informática y Programación**

**Saavedra-Cruz, Nubia<sup>1+</sup>, Cruz-Leal, Miriam S.<sup>1</sup>, Rivas Moreno, Frida K.<sup>1</sup>,  
Vidal-García, Gabriela<sup>1</sup>, Aguilar-García, Eric<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería, C.U.,  
Blvd. Capt. Carlos Camacho Espíritu y Av. San Claudio S/N Col. San Manuel, C.P.  
72570, Puebla, Puebla, México.

<sup>2</sup>Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional, Av.  
Instituto Politécnico Nacional s/n, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos",  
Colonia San Pedro Zacatenco, C.P. 07738, Gustavo A. Madero, Ciudad de México,  
México.

\*<sup>+</sup>nubia.saavedra@correo.buap.mx  
Investigación educativa

Actualmente, el uso de la Inteligencia Artificial (IA) está cobrando tal fuerza en la educación que se ha convertido en herramienta indispensable para la comunidad educativa. Sin embargo, su uso debe ser regulado y guiado por parte del docente, para que no se perciba como práctica indebida, haciendo énfasis en que debe utilizarse de manera crítica y responsable.

El ChatGPT es una IA que funciona mediante un chatbot que tiene la capacidad de responder preguntas y dar explicaciones, por tal razón, resulta de interés su implementación en la creación de códigos de programación en la asignatura de Informática y Programación. Con base a lo anterior se decidió usar el ChatGPT como herramienta en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para la construcción y la modificación de códigos en el lenguaje de programación Python en la asignatura antes mencionada.

Esta investigación se llevó a cabo en 4 etapas, en la primera se resolvieron ejercicios sin el uso del ChatGPT con tres niveles de complejidad (fácil, medio y difícil) bajo la supervisión del docente, en la segunda etapa se utilizó el ChatGPT con ayuda del docente para solucionar los ejercicios de la etapa 1, en la tercera etapa a los estudiantes se les asignaron ejercicios con los mismos niveles de complejidad descritos en la etapa 1, pero que ahora debían realizar de forma independiente; finalmente, en la etapa cuatro los estudiantes debieron responder una encuesta de percepción de la actividad realizada. Dicha encuesta fue aplicada en formato digital



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

mediante un formulario el cual arrojó los datos en una hoja en Excel, en Excel se hizo el análisis y graficación de los mismos.

En términos generales, dentro de los resultados, se pudo identificar que los estudiantes completaron la actividad y respondieron la encuesta. En esta última indicaron que previamente el 70% de los encuestados habían usado el ChatGPT en otras asignaturas y el 54.6% de los encuestados consideró sabían utilizarlo. Con base al nivel de complejidad de los ejercicios, el 16% manifestó que los de nivel fácil y medio pudieron resolverse rápidamente sin ayuda del ChatGPT, pero que para el 74.1% de los encuestados, en los de nivel difícil fue necesario usarlo. Adicionalmente, el 89.7% de los estudiantes indicaron que volverían a utilizar esta herramienta en la clase, ya que les ayudó a mejorar la redacción de sus códigos. Con estos resultados, es evidente que el uso IA fue de utilidad en el ABP.



## CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024

TecNM - Tecnológico Nacional de México  
ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba  
DEPI - División de Estudios de Posgrado



# Ingeniería Eléctrica y Electrónica



## **Análisis de chimenea solar modular para ventilación pasiva en edificios residenciales**

**Torres-Aguilar, Carlos Enrique<sup>1</sup>, Aguilar-Castro, Karla Maria<sup>1†</sup>, Macias-Melo, Edgar-Vicente<sup>1</sup>, Moreno-Bernal, Pedro**

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez km 1, Cunduacán, Tabasco, México, 86690

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Contaduría, Administración e Informática, Av. Universidad No. 1001, Col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, 62209

\*<sup>†</sup>karla.aguilar@ujat.mx

Área de conocimiento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica

### **Introducción**

Las estadísticas en materia de energía muestran que los sectores residencial e industrial son los mayores consumidores de energía eléctrica a nivel mundial con hasta el 90% del consumo total; esto deriva de la implementación de sistemas de acondicionamiento de aire para mejorar el confort térmico y de sistemas de ventilación para evitar síndromes como el del “edificio enfermo” y para reducir los contaminantes y otros elementos nocivos para la salud. Por lo que en los últimos años ha aumentado el interés en la implementación de alternativas de sistemas de ventilación pasiva como las chimeneas solares en nuevas edificaciones; sin embargo, en México más del 57% de las edificaciones son producto de la autoconstrucción lo cual dificulta la implementación de chimeneas solares como originalmente se han diseñado y reportado hasta años recientes. Por lo anterior, en el presente estudio se analizó la propuesta de un sistema modular de chimenea solar adaptable a fachadas y techos para proveer ventilación natural en edificios residenciales.

### **Desarrollo**

El diseño de la chimenea solar modular es de un 1 m<sup>2</sup> de superficie a cubrir sobre la fachada-pared o techo (1 m de ancho y 1 m de alto), con un espesor de canal de 0.15 m; la chimenea solar está conformada de una placa de vidrio de 6 mm como cubierta, una placa de aluminio pintada de color negro mate como pared absorbente, placas en la parte posterior y laterales de la pared absorbente de poliestireno extruido como aislante térmico y una estructura metálica de acero como soporte principal de la chimenea solar.



Para evaluar el diseño propuesto, se desarrolló un modelo transitorio a partir de balances de energía el cual se evaluó con datos climáticos de la ciudad de Mérida (clima cálido) durante un año. El modelo de la chimenea solar modular se programó en el lenguaje ANSI C99 y se compiló con GCC 7.5.0 sobre una plataforma GNU/Linux (Ubuntu 18.05, 64 bits). En la evaluación de la chimenea solar modular se consideró la orientación de esta hacia los cuatro puntos cardinales para realizar una comparación de los flujos de aire inducidos.

### **Resultados**

A partir de las simulaciones realizadas se obtuvieron las temperaturas de cada una de las componentes de la chimenea solar, los flujos de calor y el flujo de aire inducido a lo largo de todo el año. Los resultados muestran una dependencia directa de la orientación de la chimenea solar modular con el flujo de aire inducido. Las orientaciones Este y Oeste fueron las que permitieron obtener el mejor desempeño del sistema pasivo, sin embargo, esto puede variar para la ubicación bajo la cual se evalúa la chimenea solar modular. Los resultados de la simulación revelaron que los flujos de aire promedio más altos se obtuvieron para la orientación Este de hasta  $42.36 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  lo cual representa hasta 1.56 cambios de aire por hora (ACH) para una habitación de  $27 \text{ m}^3$ .

El efecto de la radiación solar y la baja inercia térmica de la placa absorbente permitieron obtener flujos de aire promedio más altos y con un menor retraso; además, se observa que la chimenea solar con la actual orientación provee de mayor ventilación en las estaciones de primavera y verano, lo cual es un comportamiento antes reportado en la literatura con diseños tradicionales. Estos resultados permiten establecer que la chimenea solar modular es una propuesta factible para proveer ventilación natural a espacios residenciales en horarios diurnos sin recurrir a modificaciones o diseños invasivos en la vivienda mexicana.

Un aspecto que se desea evaluar a futuro es el extender el tiempo de operación de estos sistemas a horarios nocturnos, evaluar el efecto de otros materiales que se pueden considerar en la construcción de la chimenea solar modular y analizar la combinación con otros sistemas constructivos y pasivos de manera modular para mejorar las condiciones de confort y ventilación al interior de las viviendas.



## **Estudio de la inercia térmica del suelo para un intercambiador de calor tierra-aire**

**Morales-Morales Belisario<sup>1</sup>, Macías-Melo Edgar Vicente<sup>2</sup>, Aguilar-Castro  
Karla María<sup>2</sup>, Torres-Aguilar Carlos Enrique<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ITS de Centla

Calle Ejido s/n Col. Siglo XXI, Frontera, Centla, Tabasco, México, CP 86750

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y  
Arquitectura, Cunduacán, Tabasco, México, CP 86690

\*belisario.morales@gmail.com

Área de conocimiento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica

### **Introducción**

La inercia térmica del suelo se refiere a la capacidad del terreno para absorber, almacenar y liberar calor de manera gradual, lo que le permite resistir cambios bruscos de temperatura. Esta propiedad es fundamental en el desempeño de un Intercambiador de calor tierra aire (EAHE) porque determina la capacidad del suelo para mantener una temperatura estable alrededor del tubo del EAHE.

En el presente estudio se analizó la inercia térmica del suelo relacionada con un EAHE. El objetivo principal fue determinar si ocurre un agotamiento en la capacidad del suelo como sumidero o fuente térmica alrededor del ducto del EAHE a una cierta profundidad.

### **Desarrollo**

El modelo físico del EAHE es un ducto de 4 pulgadas y 6 m de longitud con entrada y salida de aire en la superficie del suelo, y enterrado a 2.5 m de profundidad. Para determinar el agotamiento en la capacidad del suelo como sumidero o fuente térmica, se realizó una simulación numérica en OpenFOAM del comportamiento térmico de un EAHE a lo largo de un periodo de cuatro días considerando condiciones de frontera de primera y tercera clase para modelar el comportamiento térmico del sistema. Específicamente, se aplicaron condiciones de primera clase a las superficies superior e inferior del EAHE, mientras que, en las paredes del tubo enterrado se empleó una condición de frontera de tercera clase, la cual considera efectos convectivos y la temperatura de corriente libre del fluido circundante. Adicionalmente, los laterales del EAHE se modelaron bajo condiciones adiabáticas, y la parte frontal se trató como una superficie de simetría. Para representar las temperaturas en estas condiciones, se utilizaron polinomios derivados de datos experimentales, garantizando así una precisión acorde con la realidad física del sistema.



## **Resultados**

Una vez realizadas las simulaciones bajo las consideraciones establecidas, se obtuvieron resultados que fueron sometidos a un post-procesamiento donde se utilizó el software Paraview para el análisis de las variaciones térmicas del sistema cada seis horas. Estos resultados permitieron observar la evolución de la temperatura tanto en la superficie del suelo, la tierra alrededor del tubo y el aire que circula a través de él, proporcionando información sobre la eficacia del sistema y su interacción con el entorno circundante durante el tiempo de operación simulado.

Durante las primeras 24 horas, se pudo observar que las temperaturas en la superficie del suelo y en el aire dentro del tubo mostraron fluctuaciones moderadas, mientras que la temperatura del suelo cerca de la superficie y la temperatura de la tierra alrededor del tubo permanecieron relativamente estables. Esto sugiere que las capas superiores del suelo responden más rápidamente a las variaciones térmicas, mientras que el subsuelo muestra una mayor inercia térmica. A partir de las 24 horas, las oscilaciones térmicas se hicieron más evidentes, especialmente en la temperatura del suelo superior, que experimentó picos de hasta 28.9°C a las 42 y 90 horas. Estas fluctuaciones están asociadas con el ciclo diurno y la transferencia de calor en la superficie del suelo. La temperatura del aire dentro del tubo también mostró un aumento gradual, alcanzando su valor máximo a las 90 horas. Por su parte, la temperatura de la tierra alrededor del tubo mostró una estabilidad relativa a lo largo del periodo de simulación, con variaciones mínimas. Esto indica que el suelo a 3 m actúa como un regulador térmico, mitigando las fluctuaciones extremas de temperatura, lo que es importante para la operación eficaz del EAHE.

Los resultados obtenidos muestran que el suelo es capaz de absorber y liberar calor de manera eficiente, y también actúa como un amortiguador térmico, estabilizando las temperaturas dentro del sistema. A lo largo de los cuatro días de simulación, no se observó un agotamiento significativo en la capacidad del suelo como sumidero o fuente térmica, lo que sugiere que el EAHE puede operar de manera efectiva bajo las condiciones simuladas.



## **Trazador de curvas I-V usando dispositivos semiconductores como elementos de carga**

**Zúñiga-Reyes, Marco Antonio<sup>1,2\*†</sup>, Escobar-Sánchez, Karina Lizbeth<sup>3</sup>,  
Sánchez-Alegría, Avisal<sup>3</sup>, Cortez-Palacios, Pedro Pablo, Méndez-López,  
Cristhian Daniel<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>TecNM I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Departamento de Metal Mecánica, Carretera Panamericana Km. 1080, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29050.

<sup>2</sup>Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chiapas, CECyT 01, Calz. Juan Sabines S/N, San Fernando, Chiapas, México, C.P. 29120.

<sup>3</sup>TecNM I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Departamento de Ing. Eléctrica y Electrónica, Carretera Panamericana Km. 1080, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C.P. 29050.

\*†marco.zr@tuxtla.tecnm.mx

Ingeniería Eléctrica y Electrónica

### **Introducción**

El uso de combustibles fósiles para el desarrollo de diversas actividades humanas ha incrementado los niveles de CO<sub>2</sub> a nivel mundial. Es por esta razón que diversas organizaciones han propuesto el uso de fuentes alternas de energía, las cuales permitan una transición del uso prioritario del petróleo y sus derivados a fuentes menos contaminantes.

Por lo anterior, toma relevancia el contar con personal capacitado en las diversas etapas de la generación de energía eléctrica por medio de fuentes alternas de energía. Para el presente artículo, es de interés la energía solar fotovoltaica. Entonces, se considera que el personal responsable de la instalación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos tenga la habilidad de identificar los parámetros y comportamiento de un módulo fotovoltaico (MFV). Para ello, se considera adecuado diseñar un trazador de curvas corriente-voltaje (TCIV) para un arreglo fotovoltaico de baja potencia.

### **Desarrollo**

El TCIV propuesto está compuesto de diversas etapas. La primera de ellas corresponde a la ejecución del programa en lenguaje Python cuya finalidad es recopilar todos los valores de la corriente y el voltaje que proporciona el sistema de control del TCIV. Esta combinación de valores son el resultado de la interacción del arreglo fotovoltaico (AFV) con dispositivo semiconductor utilizado como carga variable ( $R_{Ivar}$ ).



Por otra parte, para controlar el comportamiento del  $R_{Ivar}$ , se desarrolló un circuito que proporciona un voltaje variable a la entrada de control de  $R_{Ivar}$ . A diferencia de otros TCIV donde se utiliza una señal PWM como señal de control ( $V_{ctrl}$ ), en la presente propuesta se utilizan resistores variables controlados digitalmente. Además, se utilizaron amplificadores operacionales para permitir el acoplamiento y amplificación para obtener la señal  $V_{ctrl}$ .

## **Resultados**

La primera etapa verificada es la correspondiente a la generación del voltaje variable ( $V_{var}$ ), este voltaje es necesario debido a que se aprovechará la respuesta al voltaje de  $R_{Ivar}$ . Sin embargo, debido a que el voltaje máximo que se puede alcanzar con  $V_{var}$  no es suficiente para la activación del dispositivo de carga variable, se amplificó  $n$  veces a  $V_{var}$  para obtener  $V_{ctrl}$ . Como se esperaba, los valores discretos de  $V_{ctrl}$  estaban en el rango de 0 V hasta  $V_{ent}$ , donde  $V_{ent}$  corresponde a la fuente de alimentación de los dispositivos amplificadores.

Después de realizar las adecuaciones necesarias para obtener  $V_{ctrl}$ , se realizaron pruebas de funcionamiento con un MFV de 10 W. Las pruebas experimentales se hicieron con diferentes niveles de irradiancia, con lo cual se pudieron graficar las curvas I-V del MFV bajo prueba. Adicionalmente, para cada curva obtenida se encontró el punto de máxima potencia, así como su localización en la curva I-V.

Para finalizar, el uso de Python como lenguaje de programación permitió graficar el conjunto de datos de forma sencilla y con la versatilidad adecuada. La forma en que Python maneja los datos y las librerías utilizadas, ofrecieron flexibilidad para obtener las gráficas como los parámetros intermedios.



## **Sistema de inspección de color utilizando cámara multiespectral para diagnóstico de calidad de frutos**

**Juarez-Trujillo, Ivan A.<sup>1</sup>, Zavala-De Paz, Jonny Paul.<sup>2</sup>, Aguayo-Alquicira, Jesus.<sup>1</sup>, De León-Aldaco, Susana <sup>1†</sup>.**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / CENIDET, México  
Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira  
Cuernavaca, Morelos, México, 62490  
<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Querétaro  
Carretera Estatal 420 SN  
El Márquez, Querétaro, México, 76240  
<sup>†</sup>susana.da@cenidet.tecnm.mx  
Electrónica de potencia, Energías renovables

### Introducción

Los sistemas de visión por computadora aplicado a la inspección en la calidad de frutos en entornos controlados tienen gran impacto en la aplicación del control de calidad y clasificación en línea de procedimientos automatizados [1], donde el uso de tecnología de visión no contractiva en productos alimentarios principalmente en frutas y verduras mejorando el tiempo de inspección [2]. Existen diversos métodos propuestos, conocidos por ser manuales, medidas fisicoquímicas, volátiles y técnicas experimentales de visión por espectrofotometría [3]. En el presente artículo se propone un sistema de inspección de calidad en frutos mediante cámaras multiespectrales Parrot sequoia, en un entorno controlado de una campana de posicionamiento mediante proyección de luz infrarroja cercano para el diagnóstico de calidad interna del fruto de manzana.

### Desarrollo

El sistema de inspección se basa en un conjunto de metodologías que permiten la adquisición de las imágenes. La iluminación utilizada es dentro de los 700 a 2500 nm con una distribución de radiación uniforme en toda la escena dentro de la campana, evitando brillos o sombras, y debe ser en lo posible espectralmente uniforme y estable en el tiempo en dirección en un ángulo de 45° respecto de la vertical del objeto a iluminar. La adquisición de las imágenes se realiza mediante un cámara multiespectral encargada de adquirir la luz que recibe de la escena y convertir en imágenes con información del objeto en rangos de infrarrojo cercano y un sistema de posicionamiento de en el eje x. Las imágenes



adquiridas se segmentan limitando la información del contorno de los frutos a inspeccionar, creando una base de datos de la captura de la información de los frutos.

### Resultados

Los resultados muestran que la inspección mediante métodos experimentales de espectrofotometría de infrarrojo cercano y una campana de posicionamiento vertical con ayuda de una cámara multiespectral, puede brindar información de madures, contorno de frutos y pigmentación. Mostrando colores más intensos en el área del fruto y la composición interna del fruto permitiendo diagnosticar la calidad del producto, la experimentación preliminar se realiza a una serie de muestras para adquirir una base de datos del contorno con información espectral del rango de 700 a 2500 nm en imágenes.



## CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

**MEMORIAS DE CONGRESO**  
21 AL 25 DE OCTUBRE DE 2024

TecNM - Tecnológico Nacional de México  
ITO - Instituto Tecnológico de Orizaba  
DEPI - División de Estudios de Posgrado

YouTube

VEA LAS  
CONFERENCIAS AQUÍ

# Ingeniería Mecánica y Mecatrónica



## **Análisis de Superficies Metálicas con Degradación Atmosférica Mediante el Algoritmo Fuzzy C-Means**

**Roblero-Aguilar, Sandra Silvia<sup>†</sup>, Torres-Cervantes, Celia Jeannette<sup>1</sup>,  
Castellanos-Escamilla, Víctor Augusto<sup>1</sup>, Solís-Romero, José<sup>1</sup>, Rueda-  
Gutiérrez, Allan Balan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ IT Tlalnepantla  
Av. Instituto Tecnológico S/N, Col. La Comunidad  
Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México, 54070

\*<sup>†</sup>[sandra.ra@tlalnepantla.tecnm.mx](mailto:sandra.ra@tlalnepantla.tecnm.mx)  
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

La corrosión de los metales representa un problema significativo, afectando tanto la integridad estructural como la durabilidad, entre otros aspectos. La identificación temprana de la corrosión ha cobrado considerable relevancia en los últimos años debido a los graves problemas que puede generar, desde pérdidas económicas significativas y desastres ambientales, hasta la pérdida de vidas humanas en los casos más extremos. Los algoritmos de reconocimiento de patrones, como los de clustering, pueden ser herramientas valiosas en el análisis de superficies metálicas con degradación atmosférica.

El objetivo de esta investigación es aplicar el algoritmo Fuzzy C-Means para analizar superficies metálicas afectadas por la degradación atmosférica, facilitando la identificación temprana de áreas y patrones de corrosión.

La metodología llevada a cabo para el desarrollo de esta investigación fue la siguiente:

- 1) Adquisición de imágenes: en esta etapa se seleccionaron ocho imágenes (conjunto de datos) del repositorio Mendeley Data.
- 2) Implementación del algoritmo Fuzzy C-Means en lenguaje de programación Python: en esta etapa se probó el código con diferentes valores de los parámetros de entrada del algoritmo, por ejemplo:  $c = 2, 4, 6, 8$  y  $10$ ;  $m = 2$ ;  $\epsilon = 0.01$ .
- 3) Validación y ajuste: esta etapa tuvo como finalidad evaluar la calidad de los resultados y realizar ajustes necesarios para mejorar la precisión y la fiabilidad del análisis de las superficies metálicas afectadas por la degradación atmosférica.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**  
EDICIÓN 2024

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la aplicación del algoritmo de agrupamiento Fuzzy C-Means en el análisis de superficies metálicas con degradación atmosférica ofrece una técnica robusta y efectiva para la clasificación y caracterización de la corrosión de estos materiales.

Esta técnica proporciona una forma precisa de identificar diferentes niveles de deterioro y patrones de corrosión, lo que permite a los investigadores y profesionales en ingeniería tomar decisiones informadas sobre mantenimiento, reparación y diseño de materiales resistente a la corrosión.



## **Alternativa de turbina para fluido de trabajo de bajo grado de calor**

**Bedolla-Hernández, Jorge<sup>1†</sup>, Bedolla-Hernández, Marcos<sup>2</sup>, Floras-Lara, Vicente<sup>3</sup>, Netzahual-Acoltzi, Yesenia<sup>4</sup>, Aguilar-Vázquez, Jorge<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco  
Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec  
Tzompantepec, Tlaxcala, Méx. C.P. 90491.

<sup>†</sup>jorge.bh@apizaco.tecnm.mx  
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

El aumento constante en la demanda de energía eléctrica, junto con sus implicaciones ambientales en la generación, hacen necesario enfocar esfuerzos para el análisis y uso de fuentes alternas de energía. Ya que, de no hacerlos así, incluso se corre el riesgo de iniciar una crisis de recurso energético, derivada de no aplicar de forma adecuado la disponibilidad de fuentes alternas de energía renovable. La diversificación de la matriz energética incluye la adaptación de diversos recursos a fuentes disponibles; sin embargo, un inconveniente al respecto se relaciona con la cantidad de energía específica de esas fuentes. Además, de ser necesario el diseño de componentes y sistemas viables a diversos niveles de generación. Lo cual incluye microgeneración y fuentes de energía con bajo grado de calor. Ya que eso se consideran como una alternativa prometedora en fuentes de energía renovable.

Las fuentes de bajo grado de calor, provenientes de fuentes renovables, contribuyen a reducir el impacto ambiental; pero enfrentan desafíos para su aplicación en el diseño de sistemas que operen a bajas presiones y temperaturas, e incluso con fluidos variables. Por lo que aún se presentan muchos retos técnico/tecnológicos en su implementación, donde los sistemas convencionales no son viables. Una limitante principal limitantes de esos sistemas corresponde a la turbina o expansor para condiciones variadas de operación. Al respecto, una alternativa la constituyen las turbinas de adhesión, que pueden operar con diversos fluidos, multifásicos y variables. Pero, de acuerdo con lo cual requieren de diseños acordes a las condiciones particulares de la fuente.

Lo anterior hace necesario turbomáquinas que operen con presiones y temperaturas relativamente bajas. Para lo cual, en este estudio se realiza el diseño de una turbina de adhesión, que usa vapor de agua como fluido de trabajo. Los valores de presión y temperatura del fluido se obtienen



experimentalmente de un generador de vapor de dimensiones reducidas, que usa como combustible biomasa sólida de residuo forestal. Con esos datos se realiza simulación numérica para el fluido al interior de la turbina. Los parámetros de presión y temperatura del vapor obtenidos son de 550 kPa y 155.5 °C, que se consideran dentro del rango de operación de Ciclo Rankine Orgánico (ORC). Con lo cual, el fluido tiene una trayectoria desde la periferia de los discos hacia los orificios de desfogue cercanos al centro de rotación de la turbina de adhesión. Esto con base al modelo matemático del comportamiento del gradiente de presión y velocidades.

Para el proceso de diseño, posterior a la definición de características del fluido, se establece la relación de radios de los discos planos del compacto que conforman el rotor (entre radio externo e interno de los discos). Tal relación se establece con base a la potencia mecánica estimada de la flecha del rotor y del gradiente de presión mínimo del fluido. Los resultados obtenidos determinan que valores de  $r_i/r_o$  en un rango de 0.18 - 0.14 presentan las más altas potencias para el caso analizado; pero con altos gradientes de presión sobre el disco, lo que representa un inconveniente en el diseño. Por lo que se establece que un rango aceptable para el funcionamiento con valores  $r_i/r_o$  de 0.3 - 0.2, ya que presentan los más altos valores de potencia con reducido gradiente de presión (443 W - 444 W). La selección del espacio entre discos se determina a partir de los resultados CFD, siendo 0.46 mm que presenta una mejor distribución del fluido y con flujo laminar constante en el disco. Se evalúa el número de orificios de desfogue del fluido a través del número de Reynolds y se concluye que aumenta al incrementar el área de salida del fluido. Se determinan las tolerancias del conjunto carcasa - rotor con base a la presión y fuerzas centrípetas. Además, se realizó un análisis de vibraciones para determinar la velocidad angular máxima y prevenir la colisión entre discos a una velocidad de 12 000 rpm.



## **Efecto del desorden y del tamaño en la longitud crítica de grietas de la fractura de un medio desordenado**

**Mora Santos, Carlos A.<sup>1\*\*</sup>, Rodríguez-Márquez, Miguel, A.<sup>1</sup>, Zárate Sampedro, Guillermo<sup>2</sup>, Aguilar-Vázquez, J.<sup>1</sup>, Cervantes Vázquez, José M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Méx. C.P. 90491.

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional (IPN) – Sección de Estudios de Posgrado e Investigación ESIME Zacatenco - ESIME Zacatenco. Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, C.P. 07738.

\*\* carlos.ms@apizaco.tecnm.mx

Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Cuando el desorden microestructural juega un rol preponderante en el comportamiento del material, manifestada a través de las variaciones locales de la densidad, resistencia, tenacidad, etc., los procesos de fractura dan lugar a un fenómeno complejo que no puede ser descrito por idealizaciones, por lo que la aplicación de la teoría clásica de la Mecánica de la Fractura (MF) no siempre resulta en predicciones compatibles con los resultados experimentales. Para capturar los efectos de tamaño, desorden y longitud crítica para la transición del comportamiento constante – asintótico se ha propuesto una generalización del criterio de Griffith

$$\sigma_M = \begin{cases} \sigma_{M0} & a_0 \ll a_c \\ \frac{K_I}{\sqrt{\pi(a_0 + \xi)}} f(x) & a_0 > a_c \end{cases} \quad (1)$$

donde  $\sigma_M$  es el esfuerzo crítico para la falla del material ( $\sigma_{M0}$  es el esfuerzo máximo de la curva esfuerzo – deformación para una muestra sin grietas iniciales  $a_0 = 0$ ),  $K_{IC}$  es el factor de intensidad de esfuerzos del material,  $\xi$  es una longitud característica que captura el efecto del desorden y la ZPF,  $a_c$  es la longitud crítica para la transición del comportamiento constante – asintótico de un material microestructuralmente desordenado y  $f(x)$  es el factor de forma del sólido.

El Modelo de Fusibles Aleatorios para el estudio de fractura en Materiales de Microestructura Compleja, permite, a través de la analogía entre la fractura de sólidos elásticos lineales y los medios eléctricos, representar



cualitativamente las propiedades y proceso de fractura para estos materiales. Este modelo está basado en la ecuación de Navier-Cauchy  $(\lambda + \mu)\nabla(\nabla \cdot u) + \mu\nabla^2 u + b = 0$ . La discretización de la topología y propiedades necesarias para el estudio de la fractura de los MMC se obtiene al considerar un medio conductor eléctrico que obedece la ecuación de continuidad de la electrostática  $\nabla \cdot \bar{j} = 0$ , donde  $\bar{j}$  es la densidad de corriente, al considerar que el campo eléctrico se puede expresar como el gradiente del campo potencial  $V$ , entonces  $\bar{j} = -k\nabla V$ , donde  $k$  es la conductancia del material, por lo que se obtiene que  $\nabla^2 V = 0$ ; esta relación corresponde al caso particular de la ecuación de Navier-Cauchy, donde solo se han considerado que los componentes escalares y los voltajes locales toman el lugar de los desplazamientos. Así, la fractura de medios eléctricos es equivalente al caso discreto de la elasticidad lineal. Se ha demostrado que la analogía propuesta en el MFA, ha logrado reproducir estadísticamente el comportamiento cualitativo de las propiedades fractura de los materiales microestructuralmente desordenados.

En el presente trabajo se estudia numéricamente, a través del Modelo de Fusibles Aleatorios (MFA), la correlación entre la longitud crítica de la transición constante - asintótico  $a_c$  y la longitud característica del efecto de la  $\xi_{ZPF}$ , con el desorden microestructural  $D$  y el efecto del tamaño.

Para estudiar el efecto del tamaño de grietas iniciales  $a_0$  se consideró un espécimen tipo SENT, de altura  $L$ , ancho  $w$  y muesca inicial  $a_0$ . Para asegurar la simetría de la muestra respecto a la muesca, se establece  $L + I = w$ . El desorden de la red dada por la corriente de falla en los fusibles se modela a través de  $i_c = X^D$ , donde  $X \in [0,1]$  es una variable aleatoria uniforme y  $D$  es la medida del desorden microestructural presente en el material. Así, a mayor  $D$  mayor es la cantidad de desorden en el material. La aplicación de voltaje a la retícula equivale a una prueba de tensión a desplazamiento constante, donde el voltaje toma el lugar de los desplazamientos y las corrientes a la fuerza, por lo que el esfuerzo queda definido como  $\sigma = I/w$  y la deformación como  $\varepsilon = V/L$ .

Para estudiar el efecto de  $a_0$  en las propiedades mecánicas, y la dependencia del tamaño crítico de grietas  $a_c$  respecto al tamaño y desorden  $D$ , se consideró a la resistencia tensil como parámetro que describe el esfuerzo crítico para la falla por fractura.

- se observó dependencia de las propiedades mecánicas de resistencia con respecto a  $a_0$ , ya que cuando  $a_0 < a_c$  las propiedades son



constantes y el material se comporta macroscópicamente y cuando  $a_0 > a_c$  el comportamiento es descendente asintótico.

- la longitud de grieta crítica  $a_c$  para la transición de comportamiento del material. muestra dos comportamientos para esta longitud; un incremento del desorden del material  $D$  causa un incremento proporcional de  $a_c$  y un incremento del tamaño  $L$  causa un incremento de  $a_c$ , tal que la longitud  $a_c$  queda en función tanto de tamaño, así como de desorden en una correlación positiva.

Estos resultados numéricos concuerdan con los obtenidos experimentalmente a través de la técnica de Correlación Digital de Imágenes en especímenes de varios tipos papel comercial, tal como el de impresión, filtro, mixiote y periódico en el que la porosidad y desorden de las fibras juegan un rol primordial en las propiedades de fractura.



## **Electrodeposición de recubrimientos metálicos nanoestructurados.**

**Bedolla-Hernández, Marcos<sup>1</sup>, Texcucano-Romano Genaro<sup>1</sup>, Bedolla-  
Hernández Jorge<sup>1</sup>, Mora-Santos Carlos Alberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional/ I.T. de Apizaco.  
Av. Tecnológico s/n, Apizaco, Tlaxcala, México, C.P. 90491.  
[marcos.bh@apizaco.tecnm.mx](mailto:marcos.bh@apizaco.tecnm.mx)  
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.

En la actualidad la técnica de la electrodeposición es viable para la fabricación de recubrimientos a nanoescala, donde diversos tipos de nanopartículas se han utilizado como material de aporte.

El presente estudio se centra en el desarrollo de recubrimientos estructurados con nanopartículas de cromo; los cuales, son potencialmente atractivos para aplicaciones en sectores industriales como automoción, hidráulica, neumática, textil, moldes, matrices, industria naval, etc. La aportación significativa de estos recubrimientos, respecto a los convencionales decorativo y duro, es el uso de cromo en estados  $\text{Cr}^0$  y  $\text{Cr}^{3+}$  como material de aporte; lo cual, ha permitido obtener propiedades mecánicas superficiales, dureza, resistencia al desgaste y a la corrosión, iguales o mayores a los convencionales, pero con la ventaja de no utilizar los iones  $\text{Cr}^{4+}$  y  $\text{Cr}^{6+}$ , considerados como altamente dañinos para el humano y el medio ambiente. Se ha determinado que, a esta escala, el control de las condiciones operativas de trabajo: voltaje ( $V$ ), densidad de corriente ( $I$ ), tiempo de deposición ( $t$ ), velocidad de agitación ( $v$ ) y tamaño ( $D$ ) y concentración de partículas ( $c$ ) determinan la formación del recubrimiento (nucleación, crecimiento y cristalización). Aunado a lo anterior, se ha modificado el proceso de electrodeposición, cambiando el baño electrolítico convencional, por una solución acuosa compuesta exclusivamente por agua y nanopartículas de cromo; lo cual, se considera simplificará de forma importante la gestión de los residuos resultantes del proceso. Es por ello, que la propuesta desarrollada se presenta como una alternativa al proceso convencional de electrodeposición, pero simplificando las implicaciones prácticas mencionadas.

Para el desarrollo del recubrimiento se utilizó la técnica de electrodeposición a corriente continua.

El arreglo usado consiste en un cátodo (acero AISI 1020) con área  $0.0001 \text{ m}^2$ , previamente acondicionado y un ánodo de grafito de 1 cm de diámetro y longitud de 8 cm. Las condiciones de trabajo fueron presión y



temperatura ambiente; con parámetros de voltaje (V) de 15.2 V, corriente (I) de 0.3 A y tiempo de deposición (t) 15 min. Para el material de aporte se utilizaron nanopartículas de cromo de forma esférica, tamaño promedio (D) de 40 nm y composición  $\text{Cr}^{3+}$ . Las condiciones del baño electrolítico fueron 90 ml de agua desionizada y reactivos para un medio de depósito continuo en un periodo prolongado, concentración (c) de 50 y 100 ppm; la solución se vació en la celda electrolítica para su posterior agitación en baño ultrasónico por 10 min para la obtención de dispersión de partículas contenidas; transcurrido este tiempo y con el baño electrolítico preparado se procedió al desarrollo experimental. Durante las deposiciones el baño electrolítico se mantuvo a una agitación constante ( $v$ ) de 60 rpm. Con las condiciones anteriores se realizaron ocho deposiciones experimentales, seleccionando las más representativas para su caracterización.

El procesamiento de caracterización de las muestras se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM); para ello, dos muestras fueron analizadas. Esto permitió verificar la formación del recubrimiento; determinando morfología, perfil de distribución y estructura del depósito. De acuerdo con lo anterior, la primera muestra (concentración de 50 ppm) presenta una morfología con bajo depósito en forma de "manchas blancas"; mientras que, la morfología de la segunda muestra (concentración 100 ppm) presenta un depósito homogéneo con "islas de crecimiento".

Con base a lo anterior; se infiere que, las condiciones de trabajo (parámetros de electrodeposición) influyen de manera directa en las características morfológicas de los depósitos obtenidos y están relacionadas con la distribución del recubrimiento; conduciendo así a la deposición uniforme a partir de las zonas más estables del sustrato y a la formación de un microrelieve con propiedades físico- mecánicas deseadas.



## **Impacto del tamaño de la zona de rotación en la metodología del marco de referencia múltiple**

**Israel Gonzalez-Neria<sup>1†</sup>, Alejandro Alonzo-García<sup>2</sup>, Sergio A. Martínez-Delgadillo<sup>3</sup>, J. Antonio Yañez-Varela<sup>4</sup>, Jesús E. Lugo-Hinojosa<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl, Nezahualcóyotl, Estado de México, México, C.P. 57000. <sup>2</sup>CONACyT-Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos No. 2001, Colonia Tolteca, Cd. Guadalupe, N.L., México, C.P. 67170. <sup>3,5</sup>Universidad Autónoma Metropolitana. Av. San Pablo 420, Col. Nueva el Rosario, CDMX, México, C.P. 02128. <sup>4</sup>Universidad Mexiquense del Bicentenario, Av. Ex Hacienda de los Portales, s.n., Tultitlán, Estado de México, México, C.P. 54910.

\*tisrgonner@gmail.com

Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

### **Simulación numérica computacional**

El trabajo desarrollado se centra en determinar el impacto que tiene el tamaño de la zona de rotación, al utilizar la metodología del marco de referencia múltiple en una simulación numérica para determinar las líneas de corriente que genera la hélice de un dron.

La metodología del marco de referencia múltiple, se utiliza ampliamente cuando el sistema de interés se compone de alguna zona que se encuentra en movimiento rotacional y de otra que se encuentra de forma estática. En el caso de interés del presente trabajo, el dominio computacional consiste de un volumen lleno de aire, en el cual se simulará el movimiento rotacional de la hélice de un dron. Debido a esto, el volumen se dividió en una zona estacionaria (exterior) y una rotacional (interior), siendo en esta última donde se encuentra la hélice.

La hélice se diseñó utilizando un programa de dibujo asistido por computadora, para lo cual se empleó un perfil aerodinámico NACA 65015, con un ángulo de ataque de 75°, teniendo un diámetro de 12.2cm. Las dimensiones de las zonas de rotación estarán designadas como G1, G2, G3, G4, G5 y G6.



**CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
MULTIDISCIPLINARIA**

EDICIÓN 2024

Con base en las líneas de corriente que se obtuvieron para cada una de las zonas de rotación. Se observa una pequeña variación en las líneas provenientes de la punta de la hélice, cuando el espesor es el mismo. Sin embargo, al modificar el espesor se observa una variación significativa en la distribución de las líneas de corriente, tanto de aquellas que llegan por la parte de arriba, como de aquellas que surgen de la parte de abajo. Lo anterior evidencia de forma clara, la importancia en la elección del tamaño de esta zona al implementar una herramienta de dinámica de fluidos computacionales.