

CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS



"RED NACIONAL DE MONITOREO Y RECOLECCIÓN DE DATOS"

REVISTA N.º 1 | 2024 | ISSN: 2992-8745



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE LINARES



Red Nacional de
Monitoreo
y Recolección de
datos

REVISTA TÉCNICO CIENTÍFICA

NÚMERO 1



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Congreso Virtual Internacional de Desarrollo Sustentable y Energías Alternativas, número 1, 13 marzo 2024 – 13 marzo 2025, es una publicación anual 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 Linares, Carretera Nacional Km 157, C.P. 67700. Linares, Nuevo León, México. Contacto: 8211267568, depi_linares@tecnm.mx, <https://www.itlinares.edu.mx/revista.php> Editor Responsable: Ericka Maldonado Pesina. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2024-031313262700-102, ISSN: 2992-8745, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Comunicación y Difusión, Catalina Martínez García, Carretera Nacional Km 157, C.P. 67700. Linares, Nuevo León, México. Fecha de la última modificación: 20 de diciembre 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 Linares.

COMITÉ ORGANIZADOR

Heriberto Herrera Colocía
Presidente Honorario del Congreso
Director del Instituto Tecnológico de Linares

Avigail Azucena Galnarez Anguiano
Vicepresidenta del comité
Subdirectora Académica del Instituto Tecnológico de Linares

María Elizabeth Vallejo Ramos
Vicepresidenta del comité
Subdirectora de Planeación y Vinculación del Instituto Tecnológico de Linares

Alfonso Lárraga Sánchez
Vicepresidente del comité
Subdirector de Servicios Administrativos del Instituto Tecnológico de Linares

Ericka Maldonado Pesina
Presidenta del Comité Organizador

Oscar Mario Galarza Sosa
Miguel Ángel Gallegos de la Cruz
Coordinadores del comité científico y editorial

Cesar Iván Elizondo Guzmán
Susana del Carmen Torres Morales
María Guadalupe Martínez Dueñas
Luis Ángel Zúñiga Banda
Víctor Hugo Pérez Briseño
Marco Aurelio Aldape Salazar
Silvia Guadalupe Hernández González
Coordinadores del proceso de registro y control de asistencia

Alex Fernando López Rodríguez
Coordinador de Diseño de Página Web y Sistema de Control del Congreso

Catalina Martínez García
Coordinadora de Diseño, Comunicación y Difusión del Congreso

Reyna Leticia Ortiz Aguirre
Coordinadora de Gestión de convenios para actividades científicas, tecnológica y de innovación

María Asucena García Frausto
Coordinadora de Gestión de Pagos y Cobros

Alicia Chávez Álvarez
Coordinadora de Infraestructura y Equipo

INTEGRANTES DE LA RED NACIONAL DE MONITOREO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Carlos Manuel Astorga Zaragoza, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Noé Alejandro Castro Sánchez, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Víctor Josué Ruiz Martínez, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Vitervo López Caballero, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Violeta Martínez Ramírez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla

Amira Del Carmen Dagnino Olivas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Ariadna Colette Perpuli Ceseña, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Claudia Carolina Lacruhy Enríquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

María Guadalupe Beltrán Lizárraga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Paulina Escalante Ramírez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Virginia Berenice Niebla Zatarain, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Aldo Tovar Puente, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Linares

Alex Fernando López Rodríguez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Avigail Azucena Galnarez Anguiano, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Bertha Yadira Elizondo Nolazco, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Catalina Martínez García, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

César Iván Elizondo Guzmán, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Cesar Martínez Tovar, Tecnológico Nacional de

México/Instituto Tecnológico de Linares

Claudia Cárdenas Vega, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Ericka Maldonado Pesina, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Fernando Díaz Hernández, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Jesús Eduardo Guerra Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Jesús Eduardo Valdés García, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Juan Belisario Ibarra De La Garza, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Lidia Guadalupe Cavazos Galán, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

María Elizabeth Vallejo Ramos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

María Magdalena Martínez Ávila, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Miguel Ángel Gallegos De La Cruz, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Nancy Patricia Meade Almazán, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Oscar Mario Galarza Sosa, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Sanjuanita Perales Hernández, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Soraya Farach Rojo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Susana Del Carmen Torres Morales, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares	Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco
Claudio Alejandro Alcalá Salinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros	Jesús Manuel Avalos Fernández, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco
Corina Guillermina Ocegueda Mercado, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros	José Guadalupe De La Cruz Morales, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco
Erandi Lizzete Contreras Ocegueda, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros	Rafael Valenzuela Rodríguez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco
José Luis Saldívar Garza, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros	Yareli Naythel Bolaina Lorenzo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco
José Rodrigo Rosario López, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros	Avisaí Sánchez Alegría, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Cuitlahuac González Panzo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica	Elías Neftalí Escobar Gómez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Gregorio Hernández Salinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico superior de Zongolica	Germán Ríos Toledo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Alejandro Arias Cruz, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco	Jorge Luis Camas Anzueto, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
María Elena Cárdenas Córdova, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco	Josué Renán Velázquez González, Tecnológico Nacional de México/Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Catalina del Socorro Vidal Cornelio, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco	Juan Antonio De Jesús Osuna Coutiño, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Ernesto Alonso Ocaña Valenzuela, Tecnológico	Madaín Pérez Patricio, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Néstor Antonio Morales Navarro, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Rubén Grajales Coutiño, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Ana María Piedad Rubio, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Cuitláhuac Mojica Mesinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Cynthia Wong Arguelles, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Dalia Rosario Hernández López, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Dulce Carolina Acosta Pintor, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Habacuc Lorenzo Márquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Hugo René Lárraga Altamirano, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Omar Espinosa Guerra, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

José Francisco Coronado Vázquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Martha Adelfa Avalos Puga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Julio Humberto Ríos Romo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Colima

Héctor Daniel Vázquez Delgado, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Cintalapa

José de Jesús Zavala Zavala, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Cintalapa

Pedro García Hinostrero, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Guaymas

Luis Carlos Valenzuela Soqui, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Nogales

José De Jesús López Villalobos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Nuevo León

José Isidro Hernández Vega, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Nuevo León

Miguel Ángel Ochoa Villegas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Nuevo León

Oscar Arreola Soria, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Nuevo León

Rodolfo Rodríguez Padilla, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico León

Erika Haydée Rubio Cámara, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Progreso

Gianny Melina Cancino Méndez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Progreso

Jehiely Belem Hernández Castillo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Tapachula

Manuel de Jesús Matuz Cruz, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Tapachula

Edgar Roberto Sandoval García, Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios

Superiores de Cuautitlán Izcalli

Guadalupe Graciela Ramos Rodríguez, Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Lorenzo Antonio Cruz Santiago, Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

José Manuel Villegas Izaguirre, Tecnológico Nacional de México/Universidad Autónoma de Baja California

Ana Wendy Gómez Flores, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Comitán

Gladys Valdés Colunga, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Comitán

Lorena Elizabeth Balandra Aguilar, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Comitán

Mayra Leticia Ojeda Cruz, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Comitán

Oswaldo Brindis Velázquez, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Comitán

Sergio Caralampio López Meza, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Comitán

COMITÉ CIENTÍFICO

Aldo Tovar Puente, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Linares

César Iván Elizondo Guzmán, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

César Martínez Tovar, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Claudia Cárdenas Vega, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Ericka Maldonado Pesina, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

María Magdalena Martínez Ávila, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Miguel Ángel Gallegos De La Cruz, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Oscar Mario Galarza Sosa, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Soraya Farach Rojo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Madaín Pérez Patricio, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Carlos Manuel Astorga Zaragoza, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Vitervo López Caballero, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Gregorio Hernández Salinas, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

Cuitláhuac Mojica Mesinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Cynthia Wong Arguelles, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Dalia Rosario Hernández López, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Dulce Carolina Acosta Pintor, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Habacuc Lorenzo Márquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Hugo René Lárraga Altamirano, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Omar Espinosa Guerra, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

José Francisco Coronado Vázquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Martha Adelfa Avalos Puga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Corina Guillermina Ocegueda Mercado, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

Erandi Lizzete Contreras Ocegueda, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

Amira del Carmen Dagnino Olivas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Ariadna Colette Perpuli Ceseña, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Claudia Carolina Lacruhy Enríquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de

Estudios Superiores de Los Cabos

María Guadalupe Beltrán Lizárraga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Edgar Roberto Sandoval García, Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Carlos Antonio Ríos Saldaña, Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarios de la Universidad Autónoma de Coahuila

COLABORADORES

Aldo Tovar Puentes, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Alex Fernando López Rodríguez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Avigail Azucena Galnarez Anguiano, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Bertha Yadira Elizondo Nolazco, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Catalina Martínez García, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

César Iván Elizondo Guzmán, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

César Martínez Tovar, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Claudia Cárdenas Vega, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Ericka Maldonado Pesina, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Fernando Díaz Hernández, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Jesús Eduardo Guerra Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Jesús Eduardo Valdés García, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Juan Belisario Ibarra De La Garza, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Lidia Guadalupe Cavazos Galán, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

María Elizabeth Vallejo Ramos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

María Magdalena Martínez Ávila, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

María Magdalena Martínez Ávila, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Miguel Ángel Gallegos de La Cruz, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Oscar Mario Galarza Sosa, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Soraya Farach Rojo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Soraya Farach Rojo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Susana del Carmen Torres Morales, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Madaín Pérez Patricio, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Carlos Manuel Astorga Zaragoza, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Noé Alejandro Castro Sánchez, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Víctor Josué Ruiz Martínez, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Vitervo López Caballero, Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)

Gregorio Hernández Salinas, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

Ana María Piedad Rubio, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Cuitláhuac Mojica Mesinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Cynthia Wong Arguelles, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Dalia Rosario Hernández López, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Dulce Carolina Acosta Pintor, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Habacuc Lorenzo Márquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Hugo René Lárraga Altamirano, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Omar Espinosa Guerra, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Martha Adelfa Avalos Puga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

José Francisco Coronado Vázquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

Corina Guillermina Ocegueda Mercado, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

Erandi Lizzete Contreras Ocegueda, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

José Luis Saldívar Garza, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

José Rodrigo Rosario López, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

Claudio Alejandro Alcalá Salinas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros

Amira del Carmen Dagnino Olivas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Ariadna Colette Perpuli Ceseña, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Claudia Carolina Lacruhy Enríquez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

María Guadalupe Beltrán Lizárraga, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Paulina Escalante Ramírez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Virginia Niebla Zatarain, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

Julio Humberto Ríos Romo, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Colima

Edgar Roberto Sandoval García, Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Pedro García Hinostro, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas

Guadalupe Graciela Ramos Rodríguez, Tecnológico Nacional de México/ Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Lorenzo Antonio Cruz Santiago, Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Carlos Antonio Ríos Saldaña, Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarios de la Universidad Autónoma de Coahuila

La presente revista documenta el 2° Encuentro Virtual Internacional sobre Desarrollo Sustentable y Energías Alternativas, realizado del 12 al 14 de noviembre de 2024. En este evento, destacados estudiantes, investigadores y académicos nacionales e internacionales presentaron una serie de investigaciones y proyectos, generando un espacio de intercambio y colaboración en torno a temas esenciales para el futuro del planeta. El Congreso fue organizado por el Instituto Tecnológico de Linares, en colaboración con la Red Nacional de Monitoreo y Recolección de Datos del TecNM, con el propósito de fortalecer los lazos académicos y científicos a nivel global, impulsando el progreso en las áreas de ciencia y tecnología aplicadas al desarrollo sustentable y las energías alternativas.

Este documento recoge las contribuciones científicas derivadas de las ponencias, talleres y exposiciones de proyectos de investigación, que abordaron cuestiones fundamentales como la agricultura sostenible, el uso responsable de los recursos naturales, la biodiversidad, las energías alternativas, la ingeniería sustentable, el cambio climático, y la educación para el desarrollo sustentable. A lo largo de este espacio de aprendizaje, se intercambiaron ideas innovadoras y propuestas de acción colectiva para enfrentar los desafíos ambientales y sociales contemporáneos, consolidando el compromiso del TecNM con los programas estratégicos de “Agua Limpia y Saneamiento”, “Ahorra TecNM 2024” y “TecNM: 100% Libre de Plásticos de un Solo Uso”, que buscan generar cambios concretos en la sociedad y avanzar hacia un futuro más sostenible.

El contenido de esta revista refleja el esfuerzo colaborativo y el impulso hacia la investigación e innovación, con el fin de abordar los retos del desarrollo sustentable. Este documento se convierte en un testimonio del compromiso compartido para encontrar soluciones prácticas y efectivas, contribuyendo a un mundo más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

AGRICULTURA SOSTENIBLE, RECURSOS NATURALES, BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Gestión sostenible del agua en zonas áridas: extracción y recarga de acuíferos en Coahuila, México ..17

Calidad física y fisiológica de semillas en razas de maíz nativas en Veracruz, México18

Viabilidad de semillas en razas de maíz nativas procedentes de Las Altas Montañas, Veracruz, México19

¿Qué sabemos sobre la conservación de perrito llanero mexicano? Una revisión sistemática20

Efecto de un bioestimulante microbiano en frutos de jitomate con diferentes niveles de fertilización química.....21

Efecto de un bioestimulante microbiano en chile jalapeño con diferentes niveles de fertilización química.....22

Iniciativas de extensionismo para el fortalecimiento de la apicultura en la zona centro de Campeche.....23

Análisis económico en la principal actividad agrícola en lagos de moreno.....24

Control biológico de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) como plaga del maíz a nivel invernadero.....25

Índices de vegetación y calidad industrial en trigo, bajo condiciones de irrigación contrastantes26

Degradación fotoquímica de Ciprofloxacino27

Efecto de la biofertilización en maíz (*zea mays* l.) En condiciones de estrés por metales pesados (pb)28

Distribución y evaluación geoespacial de la fertilidad del suelo en cinco municipios de la Huasteca Norte.....29

Diferenciación agromorfológica en agroecosistemas con razas de maíz nativas en Veracruz, México bajo diferente manejo.....30

Impacto del fuego en la calidad fisiológica de semillas de *Pinus teocote* en Nuevo León31

Calidad de agua en un sistema acuapónico de traspatio: prueba piloto.....32

Huerto Escolar Interactivo: Herramienta Sustentable para su Desarrollo en Gastronomía del ITES de Los Cabos33

Conocimiento tradicional de *Tithonia diversifolia*: un análisis bibliométrico34

Caracterización bioquímica de la planta *Salicornia bigelovii* (Torr.) como propuesta de alimento nutritivo y sostenible35

Huerto en casa: Mejora tú Salud Ayudando al Planeta36

DESARROLLO SUSTENTABLE EN LAS EMPRESAS

Fundamentos Teóricos y Recomendaciones para la Implementación de Metodologías Híbridas en PMOs38

Gestión Estratégica de Paneles Solares: Optimizando la Energía Renovable en el Contexto Corporativo.....39

Riesgo disergonómico en taller de maquila, para un trabajo decente apegado a la normatividad mexicana40

Transformación Sostenible en la Construcción de Viviendas de Lujo: Economía Circular y Materiales Innovadores.....	41
Construcción de un instrumento para medir la sostenibilidad en los centros ecoturísticos: Una propuesta metodológica.....	42
Retos y desafíos del transporte de carga terrestre sustentable en el Nearshoring	43
Sistema de control y automatización de la iluminación y de los sistemas de aire acondicionado	44
Modelo de Negocio Sustentable para la implementación de un Vivero en el municipio de Coetzala, Veracruz, México.....	45
Enfoque de Economía social y Solidaria en la producción de Cacao en Tecolutilla, Tabasco, México	46
Análisis de carga para un sistema híbrido de energía renovable	47
Economía circular e indicadores de producción y consumo responsable en el sector turístico.....	48
Análisis de la Inclusión Laboral de las personas con discapacidad en el Sector PYME en Linares, México	49

EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Diseño de un sistema de seguimiento y monitoreo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en una Institución de Educación Superior.....	51
Automatización de Lombricompostero para la Promoción del Desarrollo Sostenible en TecNM Campus Cd. Juárez ..	52

Capacidad de los humedales construidos en la eliminación de microplásticos en aguas residuales: una alternativa de solución	53
Herramienta multimedia como estrategia educativa para la promoción de la salud ambiental	54
Experiencias Sostenibles: La Forestación y el Compostaje Orgánico en el Instituto Tecnológico de Guaymas	55
Impacto de la Educación Ambiental en Estudiantes de Primaria: Caso de Estudio Tequila, Veracruz, México.....	56
Nivel de las capacidades digitales de estudiantes de Ingeniería en administración: Diferencias de género	57
Turismo Sostenible y Biodiversidad: El Rol de los Festivales de Plantas Nativas en Comunidades Rurales	58
Revisión crítica de modelos de gestión de Responsabilidad Social Universitaria: enfoques, desafíos y oportunidades	59
Estudio de Caso: Crea Plan Generador de informes de investigación en Nuevo León, México	60

ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Impacto de las energías renovables en la innovación y el crecimiento económico	62
Evaluación de un sistema de paneles fotovoltaicos en una Institución de Educación Superior	63
Establecimiento de un sistema de riego solar fotovoltaico en el cultivo de tomate	64
Estado actual de las energías limpias en México y su futuro en Energía Eléctrica.....	65

Evaluación de Celdas Solares Orgánicas Sensibilizadas por Colorante (DSSC) de Tinte de Cebolla Morada	66
Dimensionamiento y análisis de sensibilidad de un sistema fotovoltaico residencial interconectado a la red	67
Sistema electrónico de alerta en semáforos de tránsito vial para personas con discapacidad visual (SemAlert)	68
Fabricación de energía eléctrica mediante un generador eléctrico utilizando una bicicleta.....	69
Impacto de los residuos de la construcción en el medio ambiente	70
Uso del Suelo y Productividad en Sistemas Agrivoltaicos: Estudio de Caso Proyecto PASE México	71

INGENIERÍA Y PROCESOS SUSTENTABLES

Técnicas innovadoras de sinterización en frío para edificaciones ecoamigables.....	73
Diseño de Prototipo en SolidWorks de una banda transportadora selectora y secado de Vainas de Mezquite	74
Simulación de nanomateriales para su posible aplicación en dispositivos de almacenamiento de gases	75
Evaluación de un cemento supersulfatado alternativo en aplicaciones marítimas.....	76
Tratamiento de vinazas tequileras mediante humedales verticales de flujo descendente.....	77
Corrosión en cobre inducida por sustitutos de biodiésel en fase gaseosa: efecto del enlace C=C.....	78
Evaluación de la actividad fotocatalítica de ZnO para la degradación de colorantes orgánicos	79

Simulación computacional aplicada al tratamiento de efluentes de rastros con tecnologías basadas en la naturaleza	80
Humedales construidos: Alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales en la industria del café	81
Impacto social de robots móviles con visión artificial en cacao de comunidades de Tabasco	82
Aprovechamiento sustentable del agua residual en el plantel García, Nuevo León, México	83
Creación de filamento ecológico	84


ARTÍCULOS EN EXTENSO

Calidad de agua en un sistema acuapónico de traspatio: prueba piloto.....	86
Diseño y elaboración de un sistema de control y automatización de la iluminación y de los sistemas de aire acondicionado para una institución educativa.....	95
Distribución y evaluación geoespacial de la fertilidad del suelo en cinco municipios de la Huasteca Norte.....	101
Diseño de un instrumento para medir la sostenibilidad en los centros ecoturísticos: una propuesta metodológica.....	109
Enfoque de economía social y solidaria en la producción de cacao en Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco.....	121
Establecimiento de un sistema de riego solar fotovoltaico en el cultivo de tomate	130
Evaluación de la actividad fotocatalítica de ZnO para la degradación de colorantes orgánicos	137

Fundamentos teóricos y recomendaciones para la implementación de metodologías híbridas en pmos.....	143	Síntesis y caracterización del ánodo para celda de combustible de óxido sólido	224
Gestión estratégica de paneles solares: optimizando la energía renovable en el contexto corporativo.....	150	Manufactura 4.0 para el análisis de prótesis personalizadas	225
Impacto de los residuos de la construcción en el medio ambiente.....	157	Caracterización bioquímica de la planta <i>Salicornia bigelovii</i> (Torr.) como propuesta de alimento nutritivo y sostenible	226
Iniciativas de extensionismo para el fortalecimiento de la apicultura en la zona centro de campeche	163	Diseño de un sistema de seguimiento y monitoreo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en una Institución de Educación Superior.....	227
Instalación de Paneles Fotovoltaicos en una Institución de Educación Superior para una Transformación Sostenible.....	168	Huerto en casa: Mejora tu salud ayudando al planeta	231
Modelo de negocio sustentable para la implementación de un vivero en el municipio de Coetzala, Veracruz, México.....	174		
Retos y desafíos del transporte de carga terrestre sustentable en el nearshoring	187		
Técnicas innovadoras de sinterización en frío para edificaciones ecoamigables.....	196		
Turismo Sostenible y Biodiversidad: El Rol de los Festivales de Plantas Nativas en Comunidades Rurales	202		
Experiencias sostenibles: La forestación y el compostaje orgánico en el Instituto Tecnológico de Guaymas	210		

CARTELES

El impacto de los principios de economía circular y los materiales innovadores en la sostenibilidad de la construcción de viviendas de lujo	222
Uso de inteligencia artificial (ChatGPT) para enseñanza y aprendizaje del idioma Zapoteco mediante ingeniería de prompts	223



**AGRICULTURA SOSTENIBLE,
RECURSOS NATURALES,
BIODIVERSIDAD Y CAMBIO
CLIMÁTICO**

Gestión sostenible del agua en zonas áridas: extracción y recarga de acuíferos en Coahuila, México

Edgar Eduardo Tolentino Armendariz¹,
Carlos Antonio Ríos-Saldaña^{1,2}
Luis Mario Rodríguez-Martínez¹
Esaú Salvador Bravo Luis³

¹Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarios (CEII) de la Universidad Autónoma de Coahuila.
²BioCórima, A. C.

³Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Coahuila.

Palabras clave: Ciclo socionatural del agua, ecohidrología, Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), crisis hídrica, gobernanza del agua.

El acceso universal al agua limpia y saneamiento es un derecho humano indispensable para el cuidado de la salud y el bienestar. Sin embargo, muchos países enfrentan importantes desafíos relacionados con la escasez de agua, contaminación o degradación de los ecosistemas relacionados. Asimismo, el uso eficiente del agua comienza con la extracción sostenible, especialmente en un país árido como México. En este contexto, Parras de la Fuente, un municipio ubicado al noreste de México, representa un oasis en el desierto que cuenta con una importante industria vitivinícola y turística que, sumado con la producción nogalera y de hortalizas genera problemas del ciclo socionatural del agua.

El objetivo fue caracterizar las extracciones de agua subterránea del municipio de Parras de la Fuente; y para ello se ubicaron los acuíferos que abastecen al municipio, se analizó la recarga y extracción de los acuíferos y se describió el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Se analizó la información del Registro Público de Derechos de Agua emitida por la Comisión Nacional del Agua.

Parras de la Fuente se abastece de agua subterránea a través de tres acuíferos: “General Cepeda-Sauceda”, “La Paila” y “Saltillo Sur”. Actualmente existen 1,654 aprovechamientos de agua en la región, de los cuales 948 (57%) están en General Cepeda-Sauceda, 572 (35%) en La Paila y 134 (8%) en el acuífero Saltillo Sur. El acuífero “General Cepeda-Sauceda” cuenta con permisos de extracción por casi el doble de su capacidad de recarga, mientras que en los acuíferos “La Paila” y “Saltillo Sur” se está extrayendo más de cinco veces la capacidad de recarga.

En conclusión los tres acuíferos están sobreconcesionados y sobreexplotados, por lo que es necesario desarrollar proyectos de investigación e incidencia que solucionen problemas del ciclo socionatural del agua que permitan enfrentar la crisis hídrica.

Calidad física y fisiológica de semillas en razas de maíz nativas en Veracruz, México

Gregorio Hernández-Salinas¹

Ericka Maldonado-Pesina²

Luis Alfredo Hernández- Vásquez¹

Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera¹

Fernando López-Morales³

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Zongolica, México.

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares, Linares, México.

³Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuaria, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
Correo electrónico: gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx*

Palabras clave: almacenamiento, prueba de germinación, tecnologías herméticas.

Las tecnologías herméticas han favorecido la calidad fisiológica de las semillas bajo conservación *ex situ*. El objetivo del presente estudio fue evaluar la germinación, peso y humedad en semillas de nueve razas de maíz nativas de Las Altas Montañas de Veracruz, después de 12 meses de almacenamiento. Para la evaluación de la germinación de semillas se aplicó la prueba con el método “entre papel” propuesto por la Internacional Seed Testing Association. La humedad se determinó con un medidor de humedad de granos, así mismo se pesaron 100 semillas mediante una balanza analítica. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con dos repeticiones, para los datos de germinación se aplicó los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza simple para la variable germinación. Para saber si existen diferencias significativas entre tratamientos se ejecutó una Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico de SAS (Statistical Analysis System). Para las variables físicas únicamente se registraron los promedios. De acuerdo a los resultados

encontrados, la raza Olotón x Cónico tuvo más plántulas normales (82 %) que la Cónico x Olotón (38 %). Además, las razas Olotillo x Tuxpeño del municipio de Tlilapan y Olotón x Cónico de Xoxocotla tuvieron el porcentaje más alto de semillas totales germinadas con 84 y 87 % respectivamente; mientras que, la raza Cónico x Olotón del municipio de Atzompa tuvo menos semillas totales germinadas (41 %). La humedad y peso de 100 semillas oscilaron de 12.7 a 17.6 %, 33.36 a 54.39 g, respectivamente. Se concluye que existen razas de maíz con potencial de ser almacenadas por más de 12 meses sin verse afectada la calidad física y fisiológica de las semillas, atribuyéndose al genotipo, el tiempo de almacenamiento y el tipo de material hermético.

Viabilidad de semillas en razas de maíz nativas procedentes de Las Altas Montañas, Veracruz, México

Gregorio Hernández-Salinas¹

Mario Rocandio-Rodríguez^{2*}

César Martínez-Tovar³

Oscar M. Galarza-Sosa³

Miguel A. Gallegos-De La Cruz³

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Zongolica, México.

²Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias.

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares, Linares, México.

Correo electrónico: mrocandio@docentes.uat.edu.mx*

Palabras clave: Maíz nativo, tetrazolio, viabilidad, conservación *ex situ*.

La prueba de tetrazolio es un método rápido, objetivo y eficaz en determinar la viabilidad de la semilla de cualquier especie vegetal, y de esta manera proponer estrategias de reproducción y conservación. El objetivo del presente estudio fue evaluar la viabilidad de semilla en 10 razas de maíz nativo procedentes de Las Altas Montañas de Veracruz, México, las cuales contaban con 12 meses de almacenamiento. Se eligieron 100 semillas para cada raza de maíz, las cuales se dividieron en 4 grupos (25 semillas) y se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Las semillas se colocaron en cajas Petri a concentraciones de tetrazolio de 1 %, cubriendo a los embriones de las semillas en su totalidad con la solución. Estuvieron embebidas con la concentración de tetrazolio por 24 horas, después de este tiempo transcurrido las semillas se lograron observar con ayuda de un microscopio-estereoscópico, a fin de contabilizar las semillas vivas, dudosas y muertas. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). El ANOVA reveló diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

para la viabilidad entre las razas de maíz analizadas. Así, las razas Olotillo x Tuxpeño, Olotón x Cónico, Chiquito y Tepecintle x Chiquito presentaron los mayores porcentajes de semillas vivas ($P \leq 0.05$), las cuales alcanzaron promedios de 60, 65, 69 y 58 %, respectivamente. Se encontraron variaciones en la viabilidad de las semillas después de 12 meses de almacenamiento, por lo cual se podría considerar que el tipo de raza juega un papel importante en la conservación *ex situ*.

¿Qué sabemos sobre la conservación de perrito llanero mexicano? Una revisión sistemática

Carlos Antonio Ríos-Saldaña^{1,2}

Andrés Eduardo Ríos-Saldaña³

Luis Mario Rodríguez-Martínez¹

Josefina Guadalupe Rodríguez-González¹

¹Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarios (CEII) de la Universidad Autónoma de Coahuila.

²BioCórima, A. C.

³Parques y Vida Silvestre de Nuevo León.

Palabras clave: Conservación de la biodiversidad, especie clave, *Cynomys mexicanus*, PRISMA, Objetivos de desarrollo sostenible.

Los ecosistemas terrestres son vitales para el sostenimiento de la vida humana, por lo que su conservación es imprescindible para el desarrollo sostenible. El perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) es una especie endémica de México considerada como clave del ecosistema y se distribuye en los pastizales de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Sin embargo, está en peligro de extinción y sus poblaciones están en descenso desde hace décadas.

El objetivo fue evaluar las investigaciones científicas sobre *C. mexicanus*.

Se realizó una revisión sistemática de la literatura publicada siguiendo la metodología PRISMA. Se consultó la Web of Science (WoS) y se utilizó la siguiente cadena de búsqueda: “*Cynomys mexicanus*” en el título y los resúmenes de todos los documentos de todas las bases de datos de WoS. Sólo se incluyeron las investigaciones en las cuales el perrito llanero mexicano era el objeto principal de estudio; asimismo, se excluyeron todos los artículos no relacionados con el tema de estudio, los tipos de publicaciones no elegibles (por ejemplo, editoriales, comentarios, etc.) y los artículos que no estaban en inglés o español. Finalmente, se hizo un análisis temático cualitativo.

Las investigaciones sobre *C. mexicanus* se han centrado principalmente en la descripción del hábitat (23.3% de las publicaciones), estudios de autoecología y etología (23.3%) y sobre su distribución geográfica y dinámica poblacional (16.7%). No se encontró ningún estudio que evalúe la efectividad de acciones de conservación (desde 1954 hasta 2024).

En conclusión, existe una clara necesidad de realizar estudios sobre la efectividad de acciones de conservación para *C. mexicanus* (manejo de hábitat, exclusión de ganado, establecimiento de corredores biológicos, etc.). Asimismo, es recomendable ampliar la revisión bibliográfica para incluir estudios relevantes no revisados por pares (es decir, literatura gris, incluidos informes de ONG, agencias gubernamentales u otras instituciones relevantes).

Efecto de un bioestimulante microbiano en frutos de jitomate con diferentes niveles de fertilización química

Jacel Adame García

Félix David Murillo Cuevas*

José Antonio Fernández Viveros

Adriana Elena Rivera Meza

Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván
Correo electrónico: felix.mc@ugalvan.tecnm.mx*

Palabras clave: Hortalizas, Bacillus, Genifix, agricultura protegida

Las demandas globales de alimento han hecho que los productores de hortalizas aumenten el uso de fertilizantes sintéticos para incrementar su producción. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados a provocado problemas de rendimiento en los cultivos y por consecuencia de rentabilidad para los productores, así como dificultades ambientales por contaminación de agua y suelo, y de salud pública al consumirse alimentos contaminados. Los bioestimulantes microbianos son usados para reducir la fertilización química y aumentar la producción en los cultivos. El objetivo fue evaluar el efecto del bioestimulante Genifix® en diferentes dosis de fertilización química sobre las dimensiones y peso de frutos, además de la producción por planta de jitomate. Se utilizó un macrotúnel con dos camas, con 120 plantas en cada cama. Se empleó como el 100% de fertilización química (FQ) una dosis de 70 kg/h de nitrógeno y 30 kg/h de fósforo. Se uso un bioestimulante a base de bacterias del género Bacillus llamado Genifix (Gen) que se aplicó en drench a una dosis de 20% (v/v). Los tratamientos evaluados fueron: 1) 100%FQ, 2) 75%FQ, 3) 50%FQ, 4) 25%FQ, 5) Gen+100%FQ, 6) Gen +75%FQ, 7) Gen +50%FQ, 8) Gen+25%FQ y 9) Gen.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, considerando cada bloque como una cama del macrotúnel. La producción de jitomate por planta con fertilización química al 75 y 50% con Genifix fue igual a la producción con el 100 y 75% de fertilización sin el bioestimulante. En peso, diámetro polar y ecuatorial de frutos, las dosis de fertilización química de 50 y 75% con Genifix produjeron frutos más grandes y pesados que los frutos de plantas con un 100% de fertilización química. El bioestimulante Genifix permite reducir la fertilización química en un 25 y 50% en el cultivo de jitomate en condiciones protegidas.

Efecto de un bioestimulante microbiano en chile jalapeño con diferentes niveles de fertilización química

Félix David Murillo Cuevas

Jacel Adame García*

José Antonio Fernández Viveros

Adriana Elena Rivera Meza

Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván
Correo electrónico: jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx*

Palabras clave: Hortalizas, Bacillus, Genifix, agricultura protegida

Las hortalizas enfrentan un gran reto al tener que incrementar su producción de forma sustentable. El uso excesivo de fertilizantes, que no siempre aumentan el rendimiento y menudo provocan una disminución en la absorción del nitrógeno, afectan el rendimiento de los cultivos y las ganancias de los productores. Los bioestimulantes microbianos son usados para reducir la fertilización química y aumentar la producción. El objetivo fue evaluar el efecto del bioestimulante Genifix® en diferentes dosis de fertilización química sobre las dimensiones y peso de frutos, además de la producción por planta de chile jalapeño. Se utilizó un macrotúnel de 90 m² con dos camas, con 120 plantas en cada cama. Se empleó como el 100% de fertilización química (FQ) una dosis de 68 kg/h de nitrógeno y 11 kg/h de fósforo. Se usó un bioestimulante a base de bacterias del género Bacillus llamado Genifix (Gen) que se aplicó en dosis del 20% (v/v). Los tratamientos evaluados fueron: 1) 100%FQ, 2) 75%FQ, 3) 50%FQ, 4) 25%FQ, 5) Gen+100%FQ, 6) Gen+75%FQ, 7) Gen+50%FQ, 8) Gen+25%FQ y 9) Gen. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, considerando cada bloque como una cama del macrotúnel.

La producción por planta de chile jalapeño con fertilización al 75 y 50% con Genifix fue igual a la producción con el 100% sin bioestimulante. En peso, diámetro polar y ecuatorial de frutos, las dosis de fertilización de 50 y 75% con Genifix produjeron frutos con pesos y dimensiones estadísticamente iguales a los de plantas con un 100% de fertilización. Al obtenerse la misma producción de chile jalapeño con una reducción de al menos el 25% del fertilizante se genera un ahorro económico y si se extrapolan los resultados a una mayor área con 1000 m² se puede aumentar hasta en 300 kg de chile jalapeño.

Iniciativas de extensionismo para el fortalecimiento de la apicultura en la zona centro de Campeche

Jesús Froylán Martínez Puc^{1*}

Ana Laura Marín Abreu¹

William Cetzal Ix¹

Miguel Ángel Magaña Magaña²

Roberto Carlos Gómez García¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 entre 22 y 28, Colonia Centro, C.P. 24520, Chiná, Campeche, México.

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n. C.P. 97345. Conkal, Yucatán, México.

*Correo electrónico: jesus.mp@china.tecnm.mx

Palabras clave: apicultura, extensionismo, desarrollo rural

La apicultura es una de las principales actividades agropecuarias que se realizan en el estado de Campeche, el cual destina alrededor del 85% de la producción de miel al mercado internacional. No obstante, a pesar de lo anterior, la apicultura depende de diversos apoyos derivados de políticas públicas, principalmente el extensionismo rural. Por tal motivo, y con la finalidad de contribuir al fortalecimiento de la apicultura por parte del Instituto Tecnológico de Chiná, se definieron las siguientes iniciativas: 1) establecer un módulo demostrativo, 2) impartir talleres de capacitación y asistencia técnica, 3) formación de recursos humanos y, 4) validación de tecnologías, las cuales se realizaron del 1 de enero al 30 de junio de 2024, en la zona centro del estado de Campeche, lográndose los siguientes resultados: 1) módulo demostrativo. Con el apoyo de diversas instancias y apicultores de la zona y sustentado de un proyecto financiado por TecNM, se instaló un módulo de demostrativo integrado con 15 colonias de abejas, las cuales fueron instaladas en la Unidad Académica de Producción e Investigación “Rancho Xamantún”.

2) capacitación y asistencia técnica. Se realizaron diversas acciones de capacitación (16 eventos) en temas de apicultura y meliponicultura, con la participación de estudiantes y productores. 3) formación de recursos humanos. Se fomentó la participación de estudiantes para realizar trabajos de tesis, residencia profesional y servicio social (20 estudiantes atendidos). 4) validación de tecnologías. Se validaron dos tecnologías para el control alternativo del ácaro *Varroa destructor*. Se concluye que las iniciativas y sus acciones de vinculación fueron desarrolladas y aceptadas de manera positiva por el sector productivo. Sin embargo, a pesar que se realizaron un total de 40 acciones, es importante fomentar no solo la diversificación de tecnologías mediante las acciones de extensión, sino también el trabajo colectivo de los productores.

Análisis económico en la principal actividad agrícola en lagos de moreno

*Diana Matamoros Sánchez

Lilia García Azpeitia

Artemiza Bernal Alcocer

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez - Unidad Académica Lagos de Moreno (México)

Palabras clave: agricultura, ganadería, sector primario

El estado de Jalisco se ubica en el occidente de México, su paisaje se caracteriza por una gran diversidad ecológica; existen distintos ecosistemas con diversos climas, topografía, vegetación y suelo. La agricultura tiene una larga historia en la zona y también se caracteriza por una diversidad cultural y productiva. La vida rural, junto con sus actividades forestales y agrícolas, han sido a lo largo de la historia un componente central de la identidad cultural de los habitantes de Jalisco, y el sector rural juega un papel muy importante en la economía y la política del estado (Ochoa G., 2005).

El objetivo fue realizar el análisis económico de la principal actividad agrícola en Lagos de Moreno, como factor para el cambio a cultivo de agave.

Se realizó una investigación no experimental, descriptiva, transversal de tipo cuantitativa, con el fin de conocer la relación que existe entre las actividades económicas y su desplazamiento o sustitución por otras actividades que no pertenecen a la región. El método utilizado fue el de entrevistas personales a agricultores y ganaderos de la región, para obtener resultados y datos concretos se utilizó el análisis descriptivo, de diagnóstico y exploratorio, el análisis estadístico fue realizado utilizando el software

de statgraphics centurion versión XV, análisis de correlación de Pearson, al 95% de confianza.

El 75% de los entrevistados asegura realizar la actividad económica de agricultura y ganadería a la par, ya que el 80% de la producción de la agricultura es destinada a la alimentación del ganado propio de la empresa y el 20% restante a la venta.

Del 20% restante es destinado a la venta, el principal comprador del maíz son empresas que cuentan con bodegas a su disposición ya que su uso principal es para el consumo de animales (maíz rolado) y en segundo lugar para el consumo humano, este genera una compra menor, ya que por lo regular las tortillerías no cuentan con bodega para su almacén.

En conclusión, los datos aquí asentados son relevantes ya que esta investigación provee información útil para conocer la postura de los productores de la región, sus necesidades y el panorama social que se vive, dejando en claro que estas necesidades tienen que ser atendidas por las autoridades competentes.

Control biológico de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) como plaga del maíz a nivel invernadero

Ximena Valera-Romero^{1*}

Dalia Castillo Hernández²

Aarón Comunidad Villa³

¹Licenciada en Biología. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla (ITSZ), ximenavr_4@hotmail.com

²Docente-Investigadora. Instituto Politécnico Nacional/Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada-Tlaxcala, dcastillohe@ipn.mx

³Docente-Investigador, asignatura “B”. Licenciado en Biología, Maestro en Manejo Sostenible de Sistemas Agrícolas. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla (ITSZ), acv_comunidad@hotmail.com

Palabras clave: Cultivo de maíz, plaga, entomopatógeno, control biológico y *Phyllophaga*.

El cultivo del maíz es importante para México. Ante ello, existe preocupación por parte de los agricultores de Jalacinguito, Tlatlauquitepec, Puebla; debido a que reportaron daños en cultivos de maíz, ocasionados por larvas de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) generando pérdidas económicas y daños en la salud por el empleo de insecticidas químicos. La utilización de control biológico es considerada una alternativa viable, y segura para el medio ambiente. Por lo anterior, en el presente estudio se evaluaron diferentes tratamientos para gallina ciega en maíz a nivel invernadero. Se realizó una colecta de gallinas ciegas en un cultivo de maíz de Jalacinguito en el mes de agosto de 2023. Posterior a ello, se conservaron vivas y se realizó su determinación mediante claves dicotómicas. La fase experimental se llevó a cabo en CIBA-IPN, utilizando 3 variedades de maíz con larvas de gallina ciega, se aplicaron 50 ml de infusiones de epazote zorrillo con chiltepín; ruda con chile habanero, asimismo, 5 ml de esporas del hongo entomopatógeno *Paecilomyces* sp., se evaluó la mortalidad una vez por semana, durante lapso de 7 semanas, finalizando en el mes de noviembre. Los ejemplares colectados correspondieron al género *Phyllophaga*.

Se utilizó un modelo de expresión porcentual en donde el tratamiento con mayor eficiencia fue *Paecilomyces* sp. con el 77% de mortalidad. De las infusiones aplicadas, el epazote zorrillo con chiltepín fue eficiente con el 73% de mortalidad por lo que se espera que, en futuros estudios científicos, la aplicación de este tipo de tratamientos sirva a personas dedicadas a la agricultura, debido a que fueron elaborados a base extractos orgánicos, además el hongo entomopatógeno *Paecilomyces* sp. también sirve como controlador, en comparación con otros tipos de hongos que se han utilizado para la especie en mención.

Índices de vegetación y calidad industrial en trigo, bajo condiciones de irrigación contrastantes

Juan Carlos Buenavista-Jaralillo^{1*}

Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla¹

Lourdes Ledesma Ramírez²

Ernesto Solís-Moya²

¹Tecnológico Nacional de México/I.T. de Roque, km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 38110. Celaya, Guanajuato, México

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. Apdo. Postal 112 C.P. 38000 Celaya, Gto., México.
Correo electrónico: carlos42715@gmail.com

Palabras clave: Índices de vegetación, Proteína, Trigo

Actualmente la industria agroalimentaria enfrenta diferentes problemáticas, siendo una de las más importantes la crisis hídrica. Estas situaciones afectan el rendimiento y la calidad de los cultivos. Para mitigar estos efectos el uso de drones y sensores para recopilación de datos nos permiten caracterizar la variabilidad espacial y temporal parcelaria con fines de aplicación diferencial de insumos y riego a lo largo del ciclo de producción para generar la información suficiente para manejar el problema detectado y optimizar la cosecha estimando el rendimiento.

El objetivo fue determinar la relación entre características agronómicas, calidad industrial e índices de vegetación (NDVI y GLI) de 24 genotipos de trigo en regímenes de riego contrastantes por medio del análisis fotogramétrico.

Se evaluaron 24 genotipos en cuatro de regímenes de riego: a los 0-55, 0-45-75, 0-45-75-100 y 0-35-75-85-105 días después de la siembra, en los ciclos OI 2021-2022 y OI 2022-2023. Con un diseño experimental de latice triple seis por seis y tres repeticiones. Para el índice GLI se analizaron imágenes obtenidas mediante un vehículo VANT y el

NDVI con el sensor manual GreenSeeker®. Para el análisis estadístico se realizaron correlaciones de Pearson con el software SAS versión 9.4. Y análisis de componentes principales con el software R versión 4.1.1.

Se encontró correlación positiva entre el contenido de proteína en grano con el índice NDVI, y una correlación altamente significativa con el índice GLI, estas correlaciones se mostraron en los regímenes de dos y cinco riegos, lo que indicaría una expresión de esta correlación solo en ambientes contrastantes.

En conclusión, los índices de vegetación pueden ser una herramienta predictiva para estimar las características de calidad industrial además del contenido de proteína y el rendimiento.

Degradación fotoquímica de Ciprofloxacino

Mex-Alvarez Rafael Manuel de Jesús

Guillen-Morales María Magali

Garma-Quen

Patricia Margarita

Novelo-Pérez María Isabel

Chan-Martínez Roger Enrique.

Laboratorio de Análisis de Medicamentos de la Facultad de Ciencias Químico
Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche.
Correo electrónico: rafammex@uacam.mx

Palabras clave: bioindicador, contaminante emergente, ecofarmacovigilancia.

Entre los efectos ecológicos del ciprofloxacino, se encuentra la toxicidad en microorganismos como algas, bacterias y cianobacterias, influyendo en su crecimiento y reduciendo las de estas, lo que puede afectar al equilibrio del ecosistema por perder organismos que pueden influir en los ciclos biogeoquímicos y cadenas tróficas, por ello es importante estudiar los mecanismos químicos que permitan remover o eliminar al ciprofloxacino de efluentes doméstico u hospitalarios para evitar la contaminación de suelo y agua.

El objetivo fue valorar el efecto de la radiación ultravioleta sobre la estabilidad del ciprofloxacino en solución acuosa para conocer la cinética de su descomposición.

En el laboratorio de análisis de medicamentos, durante el año 2023, se empleó un medicamento (solución acuosa de ciprofloxacino) y se distribuyó en alícuotas de 10 mL en viales de vidrio circular con diámetro de 6 cm separadas a una distancia de 20 cm de una lámpara de UV de 254 nm de longitud de onda en una cámara cúbica blanca de 40 cm de arista; cada 15 minutos se removía un vial para la determinación del principio

activo residual por espectrofotometría UV-Visible usando nitrato férrico como reactivo; los resultados se realizaron por triplicado por lo cual se determinó la media y la desviación estándar de cada determinación.

Se observó una disminución lineal del ciprofloxacino con respecto al tiempo de irradiación, a los 120 minutos de tratamiento solamente permaneció el 20% del fármaco.

En conclusión, se observó que la radiación UV-C induce la degradación del ciprofloxacino que se determinó por la disminución gradual de su concentración.

Efecto de la biofertilización en maíz (zea mays l.) En condiciones de estrés por metales pesados (pb)

Nilda Edith Medellín Castillo
Cynthia Wong Arguelles
Cuitláhuac Mójica Mesinas
Dulce Acosta Pintor
Habacuc Lorenzo Márquez

Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles. Carr. al Ingenio Plan de Ayala Km. 2, Col. Vista Hermosa.
C.P. 79010. Cd. Valles, S.L.P
Correo electrónico: m22690002@tecvalles.mx

Palabras clave: abono foliar, digestión anaerobia, agricultura sostenible

Las técnicas agrícolas convencionales, centradas en la aplicación de insumos químicos, han resultado en un deterioro del suelo y el equilibrio ambiental. Es importante buscar alternativas sustentables como los biofertilizantes cuya producción a través de biodigestores semicontinuos es eficiente, económica y sencilla. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación del biofertilizante en maíz bajo condiciones de estrés hídrico y metales pesados (Pb). Se obtuvo un biofertilizante en un periodo y proyecto previo; el cual se utilizó para evaluar la fitotoxicidad por Pb a través de un diseño experimental, tomando como tratamientos el biol (B1) y el control negativo (sin tratamiento) con concentraciones de Pb en agua para el riego (0, 5, 10, 15 ppm) en contenedores rectangulares de 20 L regulado cada 48 h. Posteriormente, las plantas se separaron en raíz y hoja para ser sometidos a un proceso de secado a 70°C en una estufa durante 18 horas. Las muestras se sometieron a digestión ácida en el digestor de microondas (Alton Paar). Finalmente, las muestras digeridas de plantas se analizaron mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica acoplado a la flama (Thermo Fisher Scientific, Wisconsin USA).

En cuanto a los resultados de fitotoxicidad con Pb en plantas de maíz, estos muestran que existen efectos negativos al aumentar la concentración de Pb en el riego y los parámetros de crecimiento (altura del tallo, longitud de la raíz, área foliar, color amarillento de las hojas) medido en comparación con el experimento de control. Los resultados se analizaron con ANOVA, se realizó la prueba de normalidad y una prueba de homogeneidad y homocedasticidad para determinar el comportamiento de los biofertilizantes, estrés hídrico y Pb en las plantas de maíz. El estudio revela que biofertilizantes mitigan los efectos negativos del Pb en el crecimiento del maíz, favoreciendo su sostenibilidad.

Distribución y evaluación geoespacial de la fertilidad del suelo en cinco municipios de la Huasteca Norte

Eduardo González Santiago*

Habacuc Lorenzo Márquez

Dulce Carolina Acosta Pintor

Cuitláhuac Mojica Mesinas

Cynthia Wong Arguelles

Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, Carr. al Ingenio Plan de Ayala Km. 2, Col. Vista Hermosa. C.P. 79010. Cd. Valles, S.L.P.

Correo electrónico: 19690448@tecvalles.mx*

Palabras clave: caña de azúcar, fertilidad del suelo, materia orgánica, suelo

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) permite a los usuarios visualizar y consultar datos a través de mapas con información geográfica asociados a un territorio específico. El objetivo de este estudio se centra en la implementación de un sistema de información geográfica (SIG) desarrollado en Python para evaluar la fertilidad del suelo en la región Huasteca Norte de San Luis Potosí, México en cultivos dedicados a la caña de azúcar. Se utilizaron bibliotecas como Pandas, Geopandas, Matplotlib, Seaborn y Folium, y se realizó un análisis exhaustivo de datos geoespaciales obtenidos de 13 sitios de muestreo en cinco municipios. Se emplearon metodologías estándar para analizar propiedades del suelo clave, como el porcentaje de materia orgánica (%MO), pH, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), elementos esenciales para la salud del suelo y la productividad agrícola. Los resultados revelaron que Tamuín presenta los niveles más altos de materia orgánica (10.50%) y San Vicente los más bajos (3.14%), mientras que, para pH, San Vicente mostró el valor más alto (7.99%) y Tanquián el más bajo (7.17%). Además, se detectaron niveles subóptimos de NPK en la mayoría de los sitios, lo que sugiere la necesidad de una mejor gestión de nutrientes.

La interpolación de estos datos mediante Kriging permitió crear superficies continuas que representan la distribución espacial de cada variable, integradas en un SIG interactivo que facilita la visualización y comparación de las propiedades del suelo en la región. Este SIG ofrece una herramienta valiosa para agricultores, investigadores y responsables de políticas agrícolas, permitiendo un manejo más eficiente del suelo y contribuyendo al desarrollo sostenible de la agricultura en la región.

Diferenciación agromorfológica en agroecosistemas con razas de maíz nativas en Veracruz, México bajo diferente manejo

Carlos González-Barcenas
Mayra Y. De La Cruz-De Jesús
Gregorio Hernández-Salinas*
Francisco J. Mejía-Ochoa
Cristal A. Guerrero-Ortiz

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Zongolica, México
Correo electrónico: gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx*

Palabras clave: Maíz nativo, diagnóstico nutricional, manejo convencional de la fertilización química, manejo agroecológico.

Los agroecosistemas tradicionales que tienen como eje central al maíz (*Zea mays* L.) presentan diferente manejo; impactando en la productividad y por ende en la seguridad alimentaria. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue comparar algunas características agromorfológicas en cuatro agroecosistemas con razas de maíz nativas bajo manejo convencional y agroecológico, en el municipio de Xoxocotla, Veracruz, México. El tipo de clima es C (w2) (Templado Subhúmedo) en los cuatro agroecosistemas. La evaluación se hizo en la planta de maíz durante la etapa fenológica R6. Previo a ello, se hizo en el campo una selección de muestras aleatoriamente recolectando cuatro plantas de maíz por cada agroecosistema. Las variables analizadas fueron: diámetro del tallo, altura de planta y de biomasa seca (peso de raíz, tallo, hoja y mazorca con su hoja), las cuales se sometieron a un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$). Se identificaron dos razas de maíz: Cónico X Chalqueño y Cónico.

De manera general, el agroecosistema 4 con la raza de maíz Cónico (Manejo Agroecológico; monocultivo) y Agroecosistema 1 con la raza Cónico X Chalqueño (Manejo Agroecológico; policultivo) tuvieron las mejores características morfológicas ($P \leq 0.05$) en torno a: altura de planta, diámetro de tallo, y peso seco de raíz y tallo. Se concluye que el manejo y el genotipo influyen en la variación de las características morfológicas del maíz, dado que las condiciones climáticas fueron similares.

Impacto del fuego en la calidad fisiológica de semillas de *Pinus teocote* en Nuevo León

Homero Alejandro Gárate Escamilla¹

David Alejandro Casas López¹

Aldo Tovar Cárdenas¹

Catalina Martínez García²

Sanjuanita Hernández Perales²

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León

²Instituto Tecnológico de Linares

Correo electrónico: homero.garate@gmail.com

Palabras clave: Fuego, *Pinus teocote*, calidad fisiológica, regeneración, incendios forestales

Los ecosistemas y su vegetación han evolucionado de la mano del fuego desde hace millones de años, sin embargo, el cambio climático y las actividades antropogénicas han provocado que este equilibrio se rompa, causando un impacto negativo en la regeneración natural de los ecosistemas forestales. Una de estas afectaciones se ha visto presente en la comunidad El Tejocote en Santiago, Nuevo León, debido a que en el 2021 se presentaron incendios forestales en este lugar. El objetivo principal de esta investigación es determinar las diferencias en la calidad fisiológica de las semillas, así como de su capacidad germinativa entre individuos de *Pinus teocote* dañados por incendio. Para esto, se realizó una colecta de conos de individuos afectados por fuego en el área de estudio y se evaluaron las características morfológicas de los árboles estudiados, así como de sus conos y semillas, además de su calidad fisiológica. De estas variables se realizó un análisis estadístico con la finalidad de conocer las diferencias de los individuos ante el fuego.

Los principales resultados indican a través del coeficiente de correlación, que el diámetro y la altura de los árboles tienen influencia negativa en la calidad fisiológica de las semillas, pero no en la morfología de los conos. Además, el método de flotación para *Pinus teocote* muestra ser confiable para determinar si una semilla se encuentra ocupada por embrión. Se recomienda repetir este estudio en otras poblaciones de la misma especie para comparar si su respuesta es la misma.

Calidad de agua en un sistema acuapónico de traspatio: prueba piloto

Pedro García-Hinostro¹

Francisco Javier Pintor-Serrano²

Emmanuel García-Hinostro²

Santos Arana-López²

María Monserrat Félix-Ayón²

¹Instituto Tecnológico de Guaymas. Avenida Tecnológico Km 4.0 sector Las Playitas, Guaymas, Sonora.

²Instituto Tecnológico de Guaymas. Avenida Tecnológico Km 4.0 sector Las Playitas, Guaymas, Sonora.
Correo electrónico: pedro.gh@guaymas.tecnm.mx

Palabras clave: Acuaponia, hidroponia, acuicultura

La demanda alimentos y la presión sobre recursos naturales (tierra, agua y nutrientes) aumenta, es urgente encontrar métodos sostenibles para sustentar la creciente población. La acuaponia es una alternativa para producir alimentos, integra la acuicultura e hidroponía (peces y plantas) reutilizando agua y nutrientes sin usar suelo; los productos de la acuaponia tienen gran valor comercial, nutrimental y son fuente de empleo, por lo que es una actividad sostenible. Se construyó un sistema acuapónico de traspatio de película nutritiva con el objetivo de evaluar la calidad del agua en la producción de tilapia y chile jalapeño, el sistema consiste en: tanque de 1m³ para peces, 167 organismos (*Oreochromis niloticus*), un biofiltro de 200L de capacidad, un decantador de sólidos de 200L; sistema hidropónico: 5 tubos de PVC de 3 m de longitud y 6 in de diámetro con 12 agujeros para plantas por tubo. Para evaluar la calidad de agua se midió: oxígeno disuelto (OD), saturación de oxígeno (ODS), salinidad, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura con una sonda YSI-PRO- 2030; nitrógeno total amoniacal (NAT), nitrito y nitrato con kit de pruebas colorimétricas para agua dulce marca API, el pH se midió usando un potenciómetro Hanna HI98128.

Los valores de calidad de agua se mantuvieron en los rangos aceptables para el cultivo de tilapia y chile jalapeño, promedios: OD 4.86 ppm, ODS 65%, TDS 698.40 ppm, salinidad 0.5 gr/l, temperatura 31 °C, NAT 0.4 ppm, nitrito 0.14 ppm, nitrato 6.84 ppm y pH 7.72. El consumo de agua fue de 2.94 m³; 1.64 m³ para recambios, pérdidas por evaporación y sifoneos y 1.3 m³ para el llenado inicial. Se concluyó que el sistema es capaz de mantener la calidad de agua para la producción de plantas y tilapia, las variables se mantuvieron dentro de valores aceptables.

Huerto Escolar Interactivo: Herramienta Sustentable para su Desarrollo en Gastronomía del ITES de Los Cabos

Jesús Virgilio Camacho Castro
Julio Cruz Pastrana
Blixie Roberto Siqueiros Serrano

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos
Correo electrónico: JesusV.CC@loscabos.tecnm.mx
Correo electrónico: BlixieR.SS@loscabos.tecnm.mx
Correo electrónico: Julio.CP@loscabos.tecnm.mx

Palabras clave: Huerto escolar, Educación gastronómica, Agricultura urbana, Sustentabilidad, Aprendizaje práctico.

El Huerto Escolar Interactivo es una herramienta didáctica innovadora y sustentable que fortalece el aprendizaje práctico en la carrera de Gastronomía del ITES Los Cabos; a través de este espacio verde, los estudiantes cultivan sus propios ingredientes, promoviendo la sostenibilidad y la agroecología, y desarrollan habilidades culinarias con un enfoque en la cocina local y responsable; el proyecto busca evaluar la implementación de un huerto escolar como herramienta para potenciar el aprendizaje práctico y fomentar el aprovechamiento integral de los recursos naturales. Se analizaron estudios sobre técnicas de agricultura urbana y sus beneficios educativos, además, se realizaron encuestas y entrevistas con estudiantes y profesores para evaluar su interés y conocimientos sobre agricultura urbana y sostenibilidad, lo que permitió adaptar el proyecto a las necesidades de la comunidad educativa; los resultados sirvieron para organizar talleres colaborativos donde se decidieron los cultivos, la disposición del huerto y los sistemas de riego, lo que generó un sentido de pertenencia. Los estudiantes mostraron un incremento significativo en sus conocimientos sobre prácticas de agricultura urbana y sostenibilidad, las encuestas iniciales

reflejaron un bajo nivel de familiaridad con estos temas, mientras que las evaluaciones posteriores indicaron una mejora notable en la comprensión de técnicas de cultivo y su aplicación en la gastronomía; la participación en el mantenimiento del huerto permitió a los estudiantes desarrollar habilidades prácticas esenciales, como siembra, riego, control de plagas y cosecha, enriqueciendo su formación académica y preparándolos mejor para los desafíos profesionales en el ámbito gastronómico.

Conocimiento tradicional de *Tithonia diversifolia*: un análisis bibliométrico

Dulce M. Hernández-Tepole¹

Gregorio Hernández-Salinas^{1*}

Sanjuanita Perales- Hernández²

Rogelio Limón-Rivera¹

Ricardo Serna-Lagunes³

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Zongolica, México.

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares, Linares, México.

³Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

Correo electrónico: gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx*

Palabras clave: Bibliometría, Vosviewer, etnobotánica

El conocimiento tradicional acerca de las plantas es importante incorporarse al científico para su revalorización. *Tithonia diversifolia* pertenece a la familia *Asteraceae*. El objetivo del presente estudio fue realizar un análisis bibliométrico en torno al conocimiento tradicional de *T. diversifolia* del año 2019 a 2023. Se realizó una revisión de literatura a través de la base de datos *Dimensions*[®] y la búsqueda del tema fue en inglés “Traditional knowledge of *Tithonia diversifolia*”, considerando criterios como: Año de 2019 a 2023, tipo de documento “Artículo científico” y tipo de sistema de la revista “Open Access”. Cuya información se albergó en una base de datos de Excel y se analizó con el software VOSviewer. Previo a ello, dicha base de datos se limpió, eliminando 56 artículos tipo “Review” y se homogeneizaron términos. Se encontraron 451 documentos científicos desde el 2019 hasta el 2023. Se identificaron 134 ítems que se distribuyeron en tres conglomerados, el primero se conformó por 51 ítems y las investigaciones se centraron en los compuestos bioactivos y extractos a base de metabolitos secundarios de *T. diversifolia*.

El segundo grupo englobó a 47 ítems y se focalizó a la fase experimental, producción y manejo de la planta de *T. diversifolia*. El último grupo con 36 ítems correspondió al estudio de la diversidad, uso medicinal, y partes de la planta de familia *Asteraceae* por medio de la etnobotánica, en donde la mayoría de estos trabajos fueron realizados por Indonesia y Nigeria. Nuestro estudio abre un abanico amplio para encaminar y fortalecer las investigaciones en torno a las especies botánicas, de familia *Asteraceae* en su manejo, compuestos bioactivos y uso de sus partes.

Caracterización bioquímica de la planta *Salicornia bigelovii* (Torr.) como propuesta de alimento nutritivo y sostenible

Betzabe Ebenhezer López-Corona^{1*}

José Agustín Tapia-Hernández¹

Yael Isbeth Cornejo-Ramírez¹

Ramón Francisco Dórame-Miranda¹

Guadalupe Amanda López-Ahumada¹

Ariadna Thalía Bernal-Mercado¹

Edgar Omar Rueda-Puente²

¹Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA), Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales, S/N, Colonia Centro, 83000, Hermosillo, Sonora, México.

²Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales, S/N, Colonia Centro, 83000, Hermosillo, Sonora, México.

Palabras clave: cambio climático, halófitas, salinidad, seguridad alimentaria

Actualmente, se busca el desarrollo de alimentos con alto potencial nutritivo, cuyo cultivo sea amigable con el medio ambiente. El esparrago de mar (*Salicornia bigelovii*) es una planta poco conocida en México, su aprovechamiento generaría un gran impacto social, económico y ambiental no solo en México, sino a nivel mundial al aprovechar más de 3,600 millones de hectáreas desérticas en el mundo. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la composición bioquímica de la *S. bigelovii*, para evidenciar su potencial aprovechamiento como alimento nutritivo y sostenible. Plantas de *S. bigelovii* en etapa de prefloración, fueron recolectadas de Bahía de Kino, México. Se realizó un análisis proximal de tres regiones de la planta: tallo, raíz y fracción aérea, seleccionando cinco plantas al azar y analizando: proteínas (micro-Kjeldahl), carbohidratos (Dubois), cenizas (calcinando la muestra) y lípidos totales (Barnes & Blackstock). Los resultados evidenciaron el alto contenido de cenizas en el tallo y fracción aérea, indicando que en las halófitas el incremento de componentes celulares, está estrechamente relacionado con el proceso de osmorregulación.

La raíz presentó el mayor contenido de lípidos (53.2%), lo cual demuestra la excelente adaptación de la *Salicornia* a la salinidad, la cual afecta directamente el metabolismo de lípidos en las plantas. En proteínas y carbohidratos se obtuvo mayor contenido en la fracción aérea (9.10% y 46.2% respectivamente), lo que concuerda con reportes previos que han señalado que las especies de *Salicornia* son ricas en proteínas y carbohidratos mismos que pueden ser aprovechados para la alimentación humana impactando en la seguridad alimentaria. Finalmente se estudió el perfil de ácidos grasos en la semilla de la planta encontrándose un mayor contenido de ácido linoleico (72%), seguido de oleico (11.08%), palmítico (9.56%), linolénico (2.54%) y esteárico (0.21%), mismos que pueden ser funcionalmente aprovechados en la alimentación y en otros sectores industriales como el de los biocombustibles.

Huerto en casa: Mejora tú Salud Ayudando al Planeta

Juana María Escobedo Salazar^{1*}

María Guadalupe Martínez Dueñas¹

Reyna Leticia Ortiz Aguirre¹

Hipólito Cano Ruiz¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares, Linares, México.
Correo electrónico: jescobedo@itlinares.edu.mx*

Palabras clave: Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), Huerto Familiar, Autonomía Alimentaria, Alimentación Orgánica, Sustentabilidad

Los huertos familiares contribuyen a la autonomía alimentaria y al bienestar, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2, de la agenda 2030, que busca terminar con todas las formas de hambre y desnutrición y velar por el acceso de todas las personas, en especial los niños, a una alimentación suficiente y nutritiva todo el año. Es necesario promover prácticas agrícolas sostenibles, como la creación de huertos familiares. Además, la incorporación de huertos en las Universidades es útil desde la perspectiva de la Educación para la Sostenibilidad, ya que facilitará abordar tres de los cuatro contenidos de aprendizaje considerados más urgentes por la UNESCO: cambio climático, biodiversidad, producción y consumo sostenible. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo crear espacios saludables y autosuficientes mediante huertos familiares, para proporcionar alimentos orgánicos y fortalecer la economía de las familias involucradas.

Se aplicó una metodología que incluyó las fases de: planificación del huerto, preparación del suelo, elaboración de composta, selección de cultivos (priorizando los de mayor valor nutritivo y facilidad de adaptación al entorno), siembra, riego, mantenimiento, y procesos de cosecha y post-cosecha. Se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos a través de encuestas y entrevistas a 10 familias Linarenses con las cuales se trabajó durante un semestre, enfocándose en el tiempo invertido en las labores del huerto, cantidad de alimentos producidos y cambios en hábitos de consumo. De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que las personas que participaron en la creación del huerto tienen un incremento en su autonomía alimentaria, se incrementa el bienestar personal al consumir productos sin plaguicidas, se tiene ahorro económico y además se contribuye a la sostenibilidad ambiental al crear espacios verdes que sirven de respiro al planeta. Los huertos familiares pueden replicarse en comunidades vulnerables, potenciando su contribución al cumplimiento de los ODS.

DESARROLLO SUSTENTABLE EN LAS EMPRESAS



Fundamentos Teóricos y Recomendaciones para la Implementación de Metodologías Híbridas en PMOs

Zaira Priscila Martínez Rodríguez¹

Fabiola Colmenero Fonseca²

¹Universidad Americana de Europa. Departamento de formación
Correo electrónico: zairaprisila96@gmail.com Autor por correspondencia

²Universidad Americana de Europa. Departamento de formación
Correo electrónico: fabiola.colmenero@aulagrupo.es

Palabras clave: Gestión de Proyectos, Sostenibilidad, Metodologías Híbridas, PMOs (Oficinas de Gestión de Proyectos), Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Este artículo presenta una revisión literaria sobre el contexto actual de la gestión de proyectos, con un enfoque particular en la integración de sostenibilidad y eficacia. La investigación se centra en cómo las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMOs) pueden adoptar metodologías híbridas para gestionar proyectos de construcción sostenible, dado que el campo ha enfrentado desafíos significativos como la falta de capacitación, resistencia al cambio y escasez de recursos específicos. La revisión examina estudios previos y emergentes sobre la evaluación gamificada de estas metodologías.

Los hallazgos revelan que las PMOs se enfrentan a obstáculos considerables que limitan la implementación efectiva de prácticas sostenibles. Sin embargo, también se identifican oportunidades para adaptar metodologías ágiles y predictivas, subrayando la necesidad de integrar estos enfoques para superar los desafíos contemporáneos. La investigación destaca la importancia de estas prácticas en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), evidenciando cómo la sostenibilidad puede ser integrada eficazmente en la gestión de proyectos.

El análisis de la literatura proporciona evidencia tanto cualitativa como cuantitativa sobre las prácticas actuales, ofreciendo recomendaciones prácticas para mejorar la implementación de metodologías híbridas en las PMOs. Este trabajo establece una base teórica y práctica que puede guiar investigaciones futuras y servir como referencia para profesionales que buscan optimizar la gestión de proyectos sostenibles.

Gestión Estratégica de Paneles Solares: Optimizando la Energía Renovable en el Contexto Corporativo

Fabiola Colmenero Fonseca ^{*1}

Francisco Palomino Bernal²

Ramiro Rodríguez Pérez³

¹Universidad Americana de Europa. Departamento de Formación, fabiola.colmenero@aulagrupo.es Autor para correspondencia <https://orcid.org/0000-0003-1901-2725>

²Instituto Universitario de Tecnología de Materiales/PhD. Arquitectura, Patrimonio y Ciudad. Universitat Politècnica de València, jfpalber@doctor.upv.es <https://orcid.org/0000-0002-5561-7943>

³Instituto Universitario de Tecnología de Materiales/PhD. Arquitectura, Patrimonio y Ciudad. Universitat Politècnica de València, rrodper@doctor.upv.es <https://orcid.org/0009-0009-1879-3970>

Palabras clave: Energía renovable, Gestión estratégica, Paneles solares, Sostenibilidad corporativa

La transición hacia fuentes de energía más sostenibles ha llevado a un aumento significativo en la adopción de tecnologías fotovoltaicas, con los paneles solares emergiendo como una opción prominente en el sector corporativo. En este contexto, la gestión estratégica de paneles solares se ha vuelto esencial para optimizar la producción y el uso de energía renovable en entornos empresariales. Este artículo examina las diversas estrategias utilizadas para maximizar el rendimiento de los paneles solares dentro del contexto corporativo, desde la selección y ubicación de los sistemas fotovoltaicos hasta la implementación de tecnologías de monitoreo y mantenimiento. Además, se analizan los desafíos y oportunidades asociados con la gestión de energía solar en entornos empresariales, incluidos aspectos financieros, regulatorios y técnicos. Se destacan las mejores prácticas y tácticas para garantizar una integración efectiva de la energía solar en la estrategia corporativa, con un enfoque en la maximización del retorno de la inversión y la contribución a los objetivos de sostenibilidad corporativa y responsabilidad ambiental.

Este estudio ofrece una visión integral de cómo las empresas pueden optimizar el uso de energía renovable a través de una gestión estratégica de paneles solares, abriendo nuevas oportunidades para la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono corporativa.

Riesgo disergonómico en taller de maquila, para un trabajo decente apegado a la normatividad mexicana

Carla Patricia Mejía Velázquez

José Raúl Torres Guerra

Martín Gerardo Reyes Veloz

Lilia García Azpeitia*

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez- Unidad Académica Lagos de Moreno.

Correo electrónico: lilia.garcia@lagos.tecmm.edu.mx*

Palabras clave: Ergonomía, trabajo, sector informal, salud, bienestar social

En Lagos de Moreno, Jalisco, existen varios talleres de maquila de ropa, algunos de los cuales no se apegan a los lineamientos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, lo que representa un riesgo de trabajo para el personal. El objetivo fue identificar los riesgos de trabajo en una empresa de maquila de ropa, para evaluar su nivel y en consecuencia la urgencia o no de disminuirlos. El taller cuenta con cuatro empleadas de entre 18 y 60 años quienes laboran seis días, con una jornada laboral semanal mayor a las 48 h de ley; los puestos de trabajo son, costurera, serigrafista, encargada de deshebre y supervisión de calidad. Se identificaron cinco riesgos de trabajo; se realizó la descripción de actividades de los tres puestos, la evaluación mediante la matriz de riesgos y para el disergonómico se realizó el análisis de factores; finalmente se analizaron los factores de carga física respecto a la actividad que representa el mayor porcentaje de su jornada laboral. Como resultados: no se encontró riesgo disergonómico por “carga” conforme a la NOM-036-1-STPS-2018; sin embargo, se encontró por postura y movimientos repetitivos; con el método LEST resultó en 13 puntos para “carga mental”, 15 puntos en “carga física”, puntaje mayor a 10 es una “situación nociva”; el método REBA dio un puntaje entre 11 y 14 puntos que evalúa se requiere un cambio

rápido; de acuerdo con el cuestionario de la NOM-035- STPS-2018 se encontró riesgo psicosocial; dentro de la propuesta de mejora se encuentra la capacitación para adquirir la postura de trabajo correcta, adecuación de mobiliario, mejoras organizacionales y de estandarización. Se concluye que la postura representa el principal riesgo disergonómico y refiere una posible causa de Trastorno Musculo Esquelético para las trabajadoras; el riesgo psicosocial encontrado está en función de la falta de estándares y procedimientos de trabajo.

Transformación Sostenible en la Construcción de Viviendas de Lujo: Economía Circular y Materiales Innovadores

Edna Isabel Carrasco González¹

Fabiola Colmenero Fonseca ^{*2}

Laura Crespo-López³

Francisco Palomino Bernal⁴

¹Departamento de Arte y Diseño /Universidad Autónoma de Guadalajara, edna.carrasco@edu.uag.mx
<https://orcid.org/0009-0004-5148-5279>

²Departamento de Arte y Diseño /Universidad Autónoma de Guadalajara, fabiola.colmenero@edu.uag.mx*Autor para correspondencia <https://orcid.org/0000-0003-1901-2725>

³Centro de Instrumentación Científica. Universidad de Granada, lcrespo@ugr.es <https://orcid.org/0000-0002-4620-5314>

⁴Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán/Departamento de Ciencias de la Tierra, jufrapabe10@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5561-7943>

Este estudio fusiona la exploración de la viabilidad y los beneficios de la implementación de un modelo de economía circular en la construcción de viviendas residenciales de lujo con el enfoque en la innovación de materiales, especialmente en el uso de arcillas y residuos para la fabricación de ladrillos con una huella de carbono cero. Se examinan casos de estudio, herramientas y estrategias específicas para aplicar principios de economía circular en la construcción de viviendas de lujo, incluyendo la selección de materiales sostenibles, optimización de recursos, gestión de residuos y la integración de sistemas de energía renovable. Además, se lleva a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo utilizando software especializado como Insight y Green Building, complementado con herramientas como Energy Plus y Revit. En lo experimental se observan valores de dureza más altos en superficies y disminuyen hacia el interior del ladrillo. Dureza asociada a una mayor densidad y compacidad. Los ladrillos con vidrio añadido cocidos a 800 °C presentan valores de dureza similares (valores medios Jg800, 258 y Gg800). Esto sugiere que a 800 °C el vidrio no actúa como agente fundente y no

vitrifica las muestras. Los resultados muestran que la implementación de un modelo de economía circular no solo reduce los costos a largo plazo y mejora la reputación de las empresas, sino que también contribuye a la mitigación del impacto ambiental y la calidad de vida de los residentes. Además, se observa que los ladrillos con vidrio añadido cocidos a 950 °C presentan los valores más altos de dureza, lo que sugiere su viabilidad para ser implementados en el proceso de enseñanza-aprendizaje para nuevas edificaciones.

Construcción de un instrumento para medir la sostenibilidad en los centros ecoturísticos: Una propuesta metodológica

Lic. Irani Rosales González¹

Dr. José Rodríguez Lázaro²

Dra. María del Rosario Barradas Martínez³

¹Estudiante de la Maestría en Administración de Negocios de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, rogi980121@gs.utm.mx

²Profesor-Investigador de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, siac08@yahoo.com.mx

³Profesora-Investigadora de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, rosario_barma@yahoo.com.mx

Palabras clave: sostenibilidad, ecoturismo, centros ecoturísticos, dimensiones rgonómica, trabajo, sector informal, salud, bienestar social

El ecoturismo es un conjunto de actividades turísticas con alto potencial de crecimiento que ha tomado gran relevancia en los últimos años, debido al interés por preservar el medioambiente y las manifestaciones culturales propias de los lugares donde se desarrolla. Los centros ecoturísticos surgen como una opción para que los visitantes experimenten este tipo de turismo; al mismo tiempo, se han convertido en una alternativa económica para generar empleos directos e indirectos principalmente en zonas rurales, dichos proyectos fortalecen la identidad cultural y fomentan el empoderamiento de las personas de las comunidades donde se establecen, contribuyendo al desarrollo económico y social. Las nuevas tendencias a nivel mundial sobre el cuidado del medioambiente y el turismo sostenible han favorecido que en los proyectos de esta naturaleza se apliquen los principios de sostenibilidad para garantizar el mantenimiento de los recursos naturales, la autenticidad cultural de la localidad y la rentabilidad de las empresas.

Bajo esta perspectiva, el objetivo de esta investigación es proponer un instrumento para medir la sostenibilidad de los centros ecoturísticos ubicados en zonas con alto

rezago económico y social; para lograrlo se realizó una revisión exhaustiva de la literatura sobre los diversos modelos existentes de sostenibilidad empresarial. En la construcción del instrumento se consideraron las dimensiones económica, social y ambiental que propone el modelo triple bottom line, las cuales son esenciales para lograr la transición a la sostenibilidad. Para valorar la calidad, coherencia y pertinencia de los ítems se utilizó el juicio de expertos.

El resultado de la investigación es un instrumento integrado por 48 ítems medido en una escala de Likert de cinco puntos, en donde 240 es el puntaje más alto asignado para indicar que el centro ecoturístico tiene un nivel de desarrollo sostenible alto, porque sus operaciones impactan directa y positivamente en los ámbitos económico, social y ambiental.

Retos y desafíos del transporte de carga terrestre sustentable en el Nearshoring

Dra. Erika María Pecina Rivas¹

Dra. Patricia Cortés Hernández²

Dr. Gabriel Adrián Vázquez Valerio³

Ing. Armando Cuellar Orozco⁴

Dr. Mauricio Igor Pecina Rivas⁵

¹Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), erika.pr@cuautitlan.tecnm.mx

²Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), patricia.ch@cuautitlan.tecnm.mx

³Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), gabriel.vv@cuautitlan.tecnm.mx

⁴Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), armando.co@cuautitlan.tecnm.mx

⁵UAP Cuautitlán Izcalli - UAEMex, Igor.pecinar@gmail.com

En la actualidad el Nearshoring es una práctica con tendencia global a la relocalización de cadenas de suministros. Es un movimiento generador de impactos en mercados mundiales, brindando una posición económica para México al ser una oportunidad para incrementar la inversión extranjera directa.

El impacto de la investigación del presente artículo está centrado en la situación actual del transporte de carga terrestre en México, sus retos y oportunidades ante este fenómeno. Se explora el modelo OLI de Dunning (1993). Representando la propiedad, la localización y la internacionalización. Por lo cual, se utiliza un tipo de investigación cualitativa y se obtuvo información de organismos oficiales e internacionales. Adicionalmente se ocupa Researchgate, Redalyc, Web of Science.

En la Investigación se encontró que la variable directa es el Nearshoring y las variables indirectas son las emisiones de dióxido de carbono y el consumo energético, reflejando como este fenómeno afecta la economía, la demanda de transporte y la sostenibilidad ambiental y energética.

El Nearshoring representa un reto sustentable, porque al aumentar el volumen de transporte se incrementa la emisión de dióxido de carbono. Existe la posibilidad del uso de vehículos eléctricos para minimizar las emisiones energéticas, una alternativa sería el uso de gas natural como combustible para reducir las emisiones mencionadas.

De acuerdo con resultados obtenidos del Banco Mundial debido al Nearshoring los vehículos eléctricos podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero aproximadamente en 40%; Así mismo el transporte propulsado por gas natural puede disminuir las emisiones de carbono en 25% y reduciendo los costos de combustible hasta en un 50%.

Sistema de control y automatización de la iluminación y de los sistemas de aire acondicionado

César Martínez Tovar*

Ericka Maldonado Pesina

Edgar Adrián Alameda de Alva

Samuel Cepeda del Carmen

Cesar Martínez Maldonado

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares, Carretera Nacional Km. 157. C.P.67700. Cd. Linares, N.L.

Correo electrónico: cmartinez@linares.tecnm.mx*

Palabras clave: Ahorro de energía, Automatización, Control

El presente proyecto se enfoca en el ahorro de energía eléctrica con base en un sistema automatizado para el control de la iluminación y de los aires acondicionados por medio de una tarjeta de control, por ello se diseñó y desarrolló un prototipo utilizando como base sensores de presencia PIR, sensores de temperatura y microcontroladores. La propuesta surge de la necesidad que se tiene por parte de las organizaciones para reducir el consumo eléctrico, que permitan al mismo tiempo disminuir costos económicos y ambientales asociados, promoviendo la eficiencia energética. Lo que implica utilizar menos energía para realizar las mismas tareas, o realizar tareas utilizando tecnologías que permitan reducir la energía disponible. Por lo que los controles automatizados, son una excelente opción para lograr un ahorro de energía significativo, principalmente si se refiere al consumo eléctrico; los sistemas de control son una configuración de dispositivos y componentes diseñados para gestionar o regular el comportamiento de otros dispositivos o sistemas. Para el desarrollo y creación del sistema de control, se utilizó la metodología de diseño lineal, la cual contempla lo siguiente: identificación de problema, ideas preliminares, refinamiento de diseño,

análisis, optimización y documentación. La implementación de un sistema de control y automatización de la iluminación y de los sistemas de aire acondicionado ofrece múltiples beneficios que abarcan la eficiencia energética, la reducción de costos operativos, y la mejora del confort ambiental para estudiantes y personal. La aplicación de la propuesta demostró que este tipo de proyectos logran optimizar el uso de recursos y mejorar la sostenibilidad. Al automatizar la iluminación con sensores de movimiento y controlar los sistemas de climatización de acuerdo a variables detectadas por sensores de temperatura, se garantiza que estos sistemas operen solo cuando sea necesario, permitiendo el ahorro de energía y mayor vida útil de los equipos.

Modelo de Negocio Sustentable para la implementación de un Vivero en el municipio de Coetzala, Veracruz, México

María Inés Hernández Román¹

Marlene Munguía-Martínez²

María Edith Quezada- Fadanelli^{2*}

Gabriel Ruiz-Contreras²

¹Estudiante de la Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carr. A la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz, México.

²Docentes de la Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carr. A la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz, México.

Correo electrónico: edith_quezada_p40@zongolica.tecnm.mx*

Palabras clave: Modelo, sustentabilidad, empresa, emprendimiento

El modelo de negocios como un emprendimiento sustentable está enfocado en la creación de valor económico, social y ambiental de forma equilibrada y sostenible. La gestión eficiente de los recursos naturales es fundamental para el avance de los países en desarrollo hacia tendencias sostenibles de consumo para el 2030, como lo mencionan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en particular el número 12 Producción y Consumo Sustentables. El objetivo de esta investigación fue realizar un modelo de negocios para la implementación de un vivero sustentable en el municipio de Coetzala, Veracruz, México. La investigación fue un estudio de caso en donde se diseñó un plan estratégico, se elaboró un modelo Canva, se analizaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) que presentaba la empresa, se realizó una encuesta en línea que permitió la elaboración de la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE) y la Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI). Se hizo una corrida financiera para determinar la viabilidad económica del emprendimiento, misma que arrojó un 4.17% de factibilidad para la continuidad del proyecto. Se analizó la zona en donde se instalaría el vivero, así como

se identificaron las especies a comercializar, se consideraron plagas, factores ambientales y la facilidad para acceder a ciertas especies. Finalmente, se encontraron áreas de oportunidad en la capacitación del personal, servicios adicionales a proporcionar, las temporadas de venta, los principales competidores, plagas y enfermedades a tratar y proveedores a considerar. El realizar un modelo negocios es de suma importancia para la creación de una empresa, ya que brinda una visión global del entorno a operar, además de que sirve para definir lo que se ofrecerá al mercado siendo más competitivo.

Enfoque de Economía social y Solidaria en la producción de Cacao en Tecolutilla, Tabasco, México

Itzel Guadalupe González Domínguez¹

Claudia Carolina Lacruhy Enríquez²

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur Campus Los Cabos
Correo electrónico: itgo_20@alu.uabcs.mx

²Universidad Autónoma de Baja California Sur Campus Los Cabos
Correo electrónico: lacruhy@uabcs.mx

Palabras clave: Cacao, Economía Social y Solidaria, Modelo de Negocio, Percepción local

La producción de cacao en Tecolutilla, Tabasco, enfrenta desafíos actuales que demandan la implementación de nuevos modelos de negocio adaptados a las condiciones socioeconómicas cambiantes. El objetivo fue evaluar el potencial de la producción de cacao como modelo de negocios basado en Economía Social y Solidaria en Tecolutilla, Tabasco. La metodología mixta con alcance descriptivo y explicativo. El estudio se llevó a en diciembre de 2023 de forma presencial, se realizó una entrevista a la única cooperativa mediante dos cuestionarios. El primero, con 26 preguntas sobre el perfil de la empresa, ventas, producción, cantidad de producción, empoderamiento de la mujer y comunidad. El segundo con 17 preguntas, centrándose en aspectos de modelo de negocio. Además, se aplicó un cuestionario a una muestra de 44 habitantes de 16 preguntas enfocadas en aspectos demográficos, diversificación económica, articulación comercial, apoyo gubernamental y rentabilidad. Los resultados indican un interés significativo en la producción de cacao, pero no en su comercialización. El 70% de la diversificación económica representada por la producción de cacao, solo el 48% ofrece oportunidades para mejorar la situación económica de las familias locales, mientras que el 30%

no muestra diversificación económica. La cooperativa se destaca como un actor clave en el modelo de economía social y solidaria, ofreciendo agroturismo rural sustentable, talleres de chocolate y valorización de saberes locales. No obstante, enfrenta desafíos en la cadena de suministro, ya que no puede abastecer toda la demanda y necesita proveedores externos. En conclusión, la producción de cacao en Tecolutilla no contribuye al crecimiento económico local, no genera empleo o ni mejora las condiciones de vida de la comunidad especialmente de los agricultores, se recomienda mejorar la cadena de suministro local, diversificar productos y mercados, así como promover el emprendimiento y el turismo local, y fortalecer el papel de mujeres y jóvenes.

Análisis de carga para un sistema híbrido de energía renovable

Daniel Alejandro Pérez Uc*¹

Susana De León Aldaco¹

Jesús Aguayo Alquicira¹

Ignacio Hernández Reyes²

Marco Antonio Zarate²

¹Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

²Instituto Tecnológico Superior de Centla

Correo electrónico: daniel_perezuc@cenidet.tecnm.mx*

Palabras clave: Perfil de carga, costo de energía, tecno económico

Se analiza un perfil promedio de la demanda de carga, mediante el cálculo de consumo anual por hora y la facturación de enero a diciembre 2023 en un campus del TecNM en la península de Yucatán, él cuenta con 8 edificios, 2 canchas y 1 estacionamiento. Se toman datos de la NASA prediction of Worldwide energy resour de la irradiación, claridad, temperatura y velocidad del viento de la zona, para realizar su dimensionamiento con ayuda del software Homer Pro, obteniendo la configuración más viable. En el análisis se obtienen 8760 datos de consumo total de la demanda eléctrica anual; se realiza la comparación de los costos en tarifa base, intermedia y punta en relación a la capacidad, distribución y transmisión. El dimensionamiento con Homer pro se realiza para cubrir el 56% de la carga total promedio, es decir, de 1000 kW/h. Se obtiene un NCP de \$19,530,680.00, un COE de 0.47 y un costo de mantenimiento de \$240,868.20.

El contar con un perfil de carga que se aproxime al consumo real por semana, mensual, estacionario y anual es de gran a poyo para la simulación, obteniendo un dimensionamiento tecno económico y ambiental del escenario que cubra la demanda energética, juntos con el valor presente neto (NPC), el costo de energía nivelado (COE), costo de capital y costo de operación y mantenimiento.

Economía circular e indicadores de producción y consumo responsable en el sector turístico

Claudia Carolina Lacruhy Enríquez¹
Ericka Maldonado Pesina²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares

Palabras clave: Indicadores de desempeño, ODS 12, Economía Circular, empresas turísticas, Los Cabos

La adopción de mejores prácticas sostenibles transversales a la Agenda 2030 son prioritarias para un turismo sostenible. El objetivo fue evaluar indicadores de producción y consumo responsable del Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 y acciones de Economía Circular en las empresas turísticas en Los Cabos, México. La metodología mixta de alcance exploratorio y descriptivo. Se diseñó un cuestionario de 25 preguntas, con las dimensiones: perfil, indicadores del ODS y acciones de Economía Circular. Se validó por juicio de expertos con un Alpha de Cronbach .892; se aplicaron 53 encuestas a empresas turísticas. Los resultados proporcionaron 15 indicadores de desempeño con relación al ODS 12, evidenciando acciones que abordan a la Economía Circular desde la operación diaria. El nivel de conocimiento preponderante de inclusión de ODS en la estrategia de negocio es básico 46%; sin embargo, el 52% presenta informes de sostenibilidad. La fortaleza se basa en el uso eficiente de recursos naturales para el diseño de productos 33%, formación de colaboradores 25% y utilizan materiales biodegradables 25%.

Las áreas de oportunidad se focalizan en las acciones de las micro, pequeñas y medianas empresas son empíricas e iniciales. En promedio de los indicadores es el 17% de avance, mientras que desde su percepción el 4.67(6) está medianamente implementado en su cadena de valor. Por su parte, el sector hotelero, es el principal clúster, presenta indicadores de desempeño superiores al promedio. En conclusión, es evidente la necesidad de fortalecer el conocimiento y capacidades de integración en las empresas turísticas, especialmente en las MIPYMES; para un avance en la contribución del ODS12 y Economía Circular en sus operaciones.

Análisis de la Inclusión Laboral de las personas con discapacidad en el Sector PYME en Linares, México

Susana del Carmen Torres Morales¹

Claudia Cárdenas Vega²

Cecilia Guadalupe Andaverde González³

Angela Joseline Martínez Torres⁴

¹Instituto Tecnológico de Linares /Docente/ storres@itlinares.edu.mx

²Instituto Tecnológico de Linares /Docente/ ccardenas@itlinares.edu.mx

³Instituto Tecnológico de Linares /Estudiante/ l20720128@itlinares.edu.mx

⁴Instituto Tecnológico de Linares /Estudiante/ l21720101@itlinares.edu.mx

Palabras clave: Inclusión, responsabilidad social, empresas

Las empresas manufactureras del municipio de Linares enfrentan situaciones diversas respecto a la inclusión laboral ya que buscan cumplir con los requerimientos que las personas con discapacidades físicas, intelectuales y sensoriales necesitan al momento de iniciar un proceso de reclutamiento y así evitar se genere una discriminación. Se pretende sugerir mejoras a través de programas de capacitación y concientización para empresas, herramientas de diagnóstico, un portal de empleo especializado, asesoría y acompañamiento para implementar estrategias de inclusión efectivas y sostenibles. De esta forma, las organizaciones cumplirían con su “responsabilidad social”, con el fin de desarrollar el valor agregado de una fuerza laboral diversa e incluyente, que es clave para la calidad y mejora continua, en el que cada talento, sin importar sus condiciones físicas, es “valorado y nutrido”.

El objetivo de esta investigación es generar un análisis y propuesta a las empresas Pymes de Linares sobre la inclusión laboral con el propósito de lograr mayor inclusión laboral de las personas con diversas capacidades, buscando la integración en el sector manufacturero, mediante datos recabados de su potencial.

Por una parte, se realiza la aplicación de instrumentos cualitativos de recolección de datos aplicada a una muestra considerable de Pymes del sector para conocer sus factores y potenciales respecto a la inclusión laboral, y por el otro se aplica el instrumento a la población de personas con discapacidad que son miembros de organismos sociales con apoyos para su inclusión con el objetivo de conocer sus experiencias en su trayectoria laboral. Dentro de los resultados se obtiene que el 66.7 % de las empresas tiene la disponibilidad para tener un periodo de prueba o capacitación al personal con discapacidad y tan solo el 50% de estas considera que la empresa ofrece las mismas oportunidades de desarrollo a personas con discapacidad, por lo cual se proponen estrategias de atención para mejorar dichas condiciones. Las empresas reconocen los beneficios de incluir a personas con discapacidad, tales como la mejora del ambiente laboral y la diversidad en el lugar de trabajo. Aunque la mayoría de las empresas están informadas sobre la inclusión, aún hay un porcentaje significativo que desconoce los beneficios y las mejores prácticas, lo que indica una necesidad de mejorar la difusión de información.

**EDUCACIÓN PARA
EL DESARROLLO
SUSTENTABLE**



Diseño de un sistema de seguimiento y monitoreo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en una Institución de Educación Superior

Alex Fernando López Rodríguez^{1*}

Ericka Maldonado Pesina¹

María Guadalupe Martínez Dueñas¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares, Linares, México.
Correo electrónico: aflopez@itlinares.edu.mx*

Palabras clave: Agenda 2030, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Plataforma TecNM

Desde la entrada en vigor de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en 2016, los países de la región comenzaron un proceso de priorización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de definición de indicadores, armonización de sus instrumentos nacionales de planificación con la agenda 2030 y creación de una arquitectura institucional para su implementación y seguimiento. Para dar seguimiento al progreso en el cumplimiento de los ODS y sus 169 metas, se definieron 232 indicadores globales, los cuales se han ido adaptando al contexto regional y nacional, de acuerdo con las capacidades, necesidades y prioridades de cada país. Las universidades están empezando a apoyar y dar la bienvenida a las ODS, sin embargo, dada la envergadura del reto para lograr el cumplimiento de los 17 ODS y el papel crítico que la universidad tiene en ello, existe una necesidad urgente en acelerar las acciones desde el ámbito universitario; por tal motivo se diseñó y desarrolló un sistema de seguimiento y monitoreo de los indicadores ODS en una institución de educación superior; el cual facilita la gestión de los ODS-2030 en el marco de referencia del Modelo Hoshin Kanri, como enfoque integrador de la ejecución del Plan Estratégico de los ODS.

Dicho sistema fue diseñado según la guía para las universidades, los centros de educación superior y el sector, escrito por SDSN Australia/Pacific and ACTS (2017) para comenzar y profundizar su compromiso con los ODS. El resultado obtenido fue un sistema viable que permite apropiarse de la Agenda 2030; conocer e identificar lo que se está realizando; identificar prioridades, oportunidades y debilidades y monitorear, evaluar y comunicar cada una de las acciones institucionales con respecto a los ODS.

Automatización de Lombricompostero para la Promoción del Desarrollo Sostenible en TecNM Campus Cd. Juárez

Guadalupe Navarro Enríquez

Irving Bruno López Santos

Quetzal Elohim Bastarrachea Almodóvar

TecNM Campus Cd. Juárez

Correo electrónico: guadalupe.ne@cdjuarez.tecnm.mx

Correo electrónico: irvig.ls@cdjuarez.tecnm.mx

Correo electrónico: quetzal.ba@cdjuarez.tecnm.mx

Palabras clave: Residuos orgánicos, desarrollo Sostenible, lombricomposta, humedad, automatización

Actualmente el aumento de la población viene acompañado de problemas, un ejemplo es la generación de residuos orgánicos. Trayendo como consecuencia la generación de gases de efecto invernadero, problemas para la salud e implicaciones severas para los ecosistemas, derivados de la inadecuada gestión de los residuos. El problema radica en que la mayoría de los sistemas de recolección tienden a revolver la basura y las personas no toman conciencia de que los residuos orgánicos pueden ser aprovechados. El realizar un sistema de lombricomposta que sea eficiente implica el uso de técnicas de tratamiento ya conocidas pero el clima extremo de la región complica el desarrollo y mantenimiento de la lombriz californiana. Es importante destacar que el humus de lombriz aporta más minerales que los fertilizantes sintéticos. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el sustrato obtenido de los residuos orgánicos que se originan principalmente de la poda para posteriormente realizar la implementación de la lombricomposta en el tecnológico de Cd. Juárez y fomentar así el desarrollo sostenible en diferentes disciplinas, considerando y controlando los factores extremos como el clima.

Para ello se presenta un prototipo de lombricomposta con una capacidad de 200 g diarios de residuos orgánicos con un tiempo de biodegradación de alrededor de 3 a 4 meses para obtener el humus y el lixiviado. El control del prototipo se realiza con un microcontrolador para automatizar el proceso. Las variables que se midieron son: temperatura, humedad, control de la población y PH. Las pruebas mostraron tierra de color café oscuro, sin olor. Con las variables en los niveles adecuados y la ayuda de la tecnología implementada se logró humus y lixiviado de buena calidad que se incorporó tanto en un invernadero de tomate como en un área jardín de la institución mejorando la riqueza del suelo.

Capacidad de los humedales construidos en la eliminación de microplásticos en aguas residuales: una alternativa de solución

Flor Idalia Tirado Aguilar^{1,2}

Humberto Raymundo González Moreno^{2*}

Luis Carlos Sandoval Herazo¹

¹Wetlands and Environmental Sustainability Laboratory, Division of Graduate Studies and Research, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Miantla, Veracruz, Km 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Miantla 93821, Veracruz, México

²Microplastics Laboratory Division of Graduate Studies and Research, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Miantla, Veracruz, Km 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Miantla 93821, Veracruz, México
Correo electrónico: laboratoriodemicroplastico@gmail.com; Tel.: (+52 1 235 103 4997)

Palabras clave: humedales construidos, microplásticos, sustentabilidad, contaminación, aguas residuales, composiciones

La presencia de partículas microplásticas en el medio ambiente ha despertado gran preocupación por sus potenciales amenazas a la salud de los ecosistemas y de los seres humanos. Los humedales construidos (HCs) son sistemas de tratamiento basados en la naturaleza que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales y fuentes de contaminación difusas y tienen bajos costos de mantenimiento y operación, el objetivo de este estudio fue realizar una investigación documental sobre la capacidad de los humedales construidos para la eliminación de microplásticos en aguas residuales como una alternativa de solución. Los HCs han demostrado ser competentes en la reducción de microplásticos (MP) con una eficiencia de entre 88%-95% cuando se utilizan como tratamiento terciario. El objetivo de este estudio es realizar una investigación documental sobre la capacidad de los humedales construidos para la eliminación de microplásticos en aguas residuales como una alternativa de solución. Los HCs se han vuelto gradualmente más atractivos en los últimos 20 años en comparación con otras tecnologías de tratamiento de aguas residuales debido a su conservación de energía, restauración ecológica y el hecho de que prácticamente

no producen contaminantes secundarios. Se han aplicado ampliamente en pequeñas comunidades rurales.

A diferencia de los HC de flujo subterráneo, los HC de flujo superficial carecen de capacidad de filtración basada en sustrato. Diferentes estudios han demostrado una buena interceptación de MP por parte de la vegetación en humedales naturales, ya sea en hojas, raíces o adheridas en forma de biopelícula. Los HCs han demostrado ser competentes en la reducción de MP con una eficiencia de entre 88%-95% cuando se utilizan como tratamiento terciario, lo que se suma a sus beneficios ya conocidos.

Herramienta multimedia como estrategia educativa para la promoción de la salud ambiental

María Magali Guillen Morales
Rafael Manuel de Jesús Mex Álvarez
Patricia Margarita Garma Quen
Roger Enrique Chan Martínez
Dylan Manuel Ferrer Dzul

¹Universidad Autónoma de Campeche
Correo electrónico: mmguille@uacam.mx

Palabras clave: estrategia educativa, salud ambiental, medicamentos caducos

La presencia de productos farmacéuticos en el medio ambiente provoca alteraciones fisiológicas en plantas, organismos acuáticos, microorganismo como son las bacterias y por las cadenas tróficas, pueden afectar la salud de los humanos. Debido a la falta de información y difusión sobre los efectos negativos de los medicamentos presentes en el ambiente y de cómo eliminarlos de forma adecuada, la sociedad en general sigue desechando los medicamentos caducos en la basura municipal, los entierra, quema o tira en el inodoro, y de esta forma contaminan el medio ambiente. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo concientizar a la comunidad estudiantil de una universidad pública sobre la disposición correcta de los medicamentos caducos mediante la aplicación de una encuesta para obtener información sobre cómo desechan sus medicamentos caducos. Se impartió un taller sobre la disposición final de medicamentos caducos en contenedores seguros y especializados, además se proyectó un video informativo para la promoción de la salud ambiental; finalmente se realizó un cuestionario con escala tipo Likert para evaluar el conocimiento adquirido sobre el correcto desecho de medicamentos caducos. Se contó con 76 participantes, que al finalizar el taller y la proyección del

video informativo, el 46.5% indicó que los contenedores seguros son útiles para desechar correctamente los medicamentos caducos, un 19.8% mencionó que los contenedores son una alternativa para no contaminar el medio ambiente con medicamentos, el 16.7% respondió que los contenedores son útiles para desechar adecuadamente los medicamentos sobrantes de algún tratamiento y un 17% señaló no conocer contenedores seguros de medicamentos caducos. Además, el 80% de los participantes indicaron que el uso del video informativo es una herramienta atractiva para interesar a la comunidad estudiantil sobre el correcto desecho de los medicamentos caducos y promover de forma más efectiva el cuidado del medio ambiente

Experiencias Sostenibles: La Forestación y el Compostaje Orgánico en el Instituto Tecnológico de Guaymas

María de los Angeles Montesinos González¹

Gerardo del Castillo Correa²

Daniel Maytorena García³

Elsa Evelia López⁴

^{1,2,3} Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas, México

⁴ Centro de Investigación de Alimentación y Desarrollo/Ciad Guaymas, México
Correo electrónico: maria.mg@guaymas.tecnm.mx

Palabras clave: siembra, composta, sustentabilidad

El proyecto forestación se inició en el año 2013 en el Instituto Tecnológico debido a las escasas áreas verdes y la necesidad de sensibilizar a los estudiantes con su entorno ambiental, creando espacios estéticos positivos y refrescantes, en el proyecto participaron un grupo interdisciplinario de maestros, estudiantes y trabajadores del plantel dentro de la materia de desarrollo sustentable; durante el año 2023 y 2024 se realizaron actividades de compostaje orgánico, con el objetivo de reutilizar estos desperdicios y favorecer la creación de áreas verdes como sitios de esparcimiento. La metodología consistió en seleccionar las especies de plantas y áreas para siembra, se identificaron las especies existentes. La forestación se realizó con especies de árboles nativos de la zona semidesértica del noroeste de México, tales como mezquites (*Prosopis glandulosa*), palo verde (*Parkinsonia praecox*), palo fierro (*Olneya tesota*), y guayacán (*Guaiacum coulteri*); y algunas especies introducidas: neem (*Azadirachta indica*), almendro (*Hibiscus tiliaceus*) y bugambilia (*Bougainvillea glabra*).

Un comparativo de la cobertura arbórea, usando Google Earth Pro, mostró que entre 2012 y 2024 se pasó del 20 % al 60 % de cobertura de sombra del área forestable, con una sobrevivencia del 50 % de especies nativas y el 100 % del árbol de Neem. Para la composta orgánica se utilizó la metodología propuesta por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo mezclando cubetas de 20 litros con residuos orgánicos, estiércol, agua y aserrín u hojas en una proporción de 1:1:1:3 durante 42 días. Los resultados es el incremento de áreas de sombra, mejor paisaje, así como la elaboración de 315 kg de composta. Lo trascendente fue el ejercicio de la educación ambiental de los estudiantes y su sensibilización en el cuidado del medio ambiente.

Impacto de la Educación Ambiental en Estudiantes de Primaria: Caso de Estudio Tequila, Veracruz, México

Francisco Javier Mejía Ochoa^{1*}

Jesús David Valencia Mejía¹

Isaac Sánchez Anastacio¹

Juan Carlos Rojas Martínez¹

Gregorio Hernández Salinas¹

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica
Correo electrónico: francisco_javier_mejia_125@zongolica.tecnm.mx*

Palabras clave: Desarrollo Sustentable, Educación Ambiental, Gestión del Conocimiento, Impacto Educativo

Este caso de estudio explora la eficacia de un programa de educación ambiental para estudiantes de sexto grado en Tequila, Veracruz, con el objetivo de evaluar su impacto en el conocimiento y conciencia ambiental de los alumnos, así como en su disposición para participar en prácticas sustentables. Implementado en una institución pública de nivel básico durante marzo de 2024, el programa incluyó talleres, actividades prácticas y sesiones de reflexión. Se utilizó un diseño pre y post-test con 63 estudiantes para medir cambios en el conocimiento y conciencia ambiental, empleando estadística descriptiva (medias y porcentajes) para analizar las diferencias en las puntuaciones antes y después de la intervención. Los resultados mostraron un aumento significativo en la conciencia y conocimiento ambiental de los estudiantes, fomentando competencias de desarrollo sustentable. Se observó un incremento notable en el grupo A (8.98%) comparado con el grupo B (2.66 %).

Estos hallazgos demuestran que el programa de educación ambiental es efectivo para mejorar las competencias sustentables en estudiantes de primaria, respaldando la integración de estos temas en los currículos escolares para formar ciudadanos responsables y comprometidos con el desarrollo sustentable.

Nivel de las capacidades digitales de estudiantes de Ingeniería en administración: Diferencias de género

María Guadalupe Beltrán Lizárraga¹

Katty Isabel Alvarado Moreno²

Virginia Berenice Niebla Zatarain³

Áurea Paola Villanueva Domínguez⁴

José de Jesús Zavala Zavala⁵

¹Tecnológico Nacional de México/ITES de Los Cabos, mariag.bl@loscabos.tecnm.mx

²Tecnológico Nacional de México /IT de Conkal, Katty.am@conkal.tecnm.mx

³Tecnológico Nacional de México /ITES de Los Cabos, virginiab.nz@loscabos.tecnm.mx

⁴Tecnológico Nacional de México /IT de Conkal, aurea.vd@conkal.tecnm.mx

Palabras clave: Género, Capacidades digitales, Educación superior

El objetivo de desarrollo sostenible 4, busca la inclusión equitativa y calidad en la educación, por ello las habilidades digitales son fundamentales para preparar a los estudiantes ante la presencia de Tecnologías de Información y Comunicaciones en diferentes ámbitos y con ello asegurar su participación plena en el mercado laboral y en la sociedad. El objetivo de esta investigación se planteó para identificar el nivel de capacidades digitales de estudiantes de primer semestre de la carrera de Ingeniería en Administración del ITES de Los Cabos, adscrito al Tecnológico Nacional de México desde la perspectiva de género. Se analizaron mediante estadística descriptiva los resultados del cuestionario “Test your digital skill” de la Unión Europea basado en el marco común europeo de competencias digitales, al que accedieron 65 estudiantes: 46 mujeres y 19 hombres de manera intencionada. Las áreas de competencia exploradas fueron alfabetización en información y datos, comunicación y colaboración, contenido digital, seguridad y resolución de problemas dentro de los rangos de valoración: 1-2 Básico, 3-4 intermedio y 5-6 avanzado. De manera general, el 14% de las mujeres ubicaron sus competencias en nivel básico, 54% en intermedio y 3% avanzado en

de acuerdo con las categorías presentadas, en cambio los hombres captaron que no cuentan con un nivel básico, pero sí un 20% nivel intermedio y 9% nivel avanzado. Aunque los estudiantes declaran el uso de las Tecnologías, el nivel de dominio avanzado es bajo, por lo que es necesario indagar en ello, para establecer puntos de mejora, por otro lado, el total de mujeres es mayor al de los hombres, aun así, ellos percibieron niveles de dominio avanzado similares al de sus compañeras.

Turismo Sostenible y Biodiversidad: El Rol de los Festivales de Plantas Nativas en Comunidades Rurales

Ariadna Colette Perpuli Ceseña¹

Julio César García Pérez²

Julio César Martínez González³

Angélica Julieta Terrazas Cedillo⁴

¹Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, ariadnac.pc@loscabos.tecnm.mx

²Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, julioc.gp@loscabos.tecnm.mx

³Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, julioc.mg@loscabos.tecnm.mx

⁴Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, angelicag.tc@loscabos.tecnm.mx

Palabras clave: Turismo sostenible, Biodiversidad, Plantas nativas, Comunidades rurales

En este trabajo se examina la intersección entre turismo sostenible y biodiversidad a través del desarrollo del 1er festival de plantas nativas realizado en la comunidad de Miraflores, un evento que promueve la flora nativa de una región calisurense de la península de Baja California Sur (B.C.S), con el objetivo de fomentar el desarrollo de festivales de plantas nativas en comunidades rurales como estrategia para la atracción de visitantes y promoción de conocimientos etnobotánicos, así como, la evaluación de su contribución al turismo sostenible y la conservación de la biodiversidad local.

Se empleó una metodología cualitativa, lo que incluyó revisión bibliográfica principalmente en motores de búsqueda académica, análisis de datos sobre la biodiversidad local y entrevistas a colaboradores de la comunidad. Participaron 3 comunidades rurales y se atendieron en el evento a 200 personas entre ellos estudiantes desde pre primaria hasta universidad, académicos, organizaciones A. C., dependencias del gobierno federal, municipal y delegacional, además de pobladores interesados. Las conferencias y actividades incluyeron trabajos de concientización y adopción de especies como el palo blanco (*Lysiloma candida*) y el encino arroyero (*Quercus brandegeei*).

Los resultados del estudio indican que el festival no solo contribuye al aumento de la conciencia y valoración de las plantas nativas entre los visitantes, sino que también genera beneficios económicos significativos para la comunidad local. Asimismo, se identificaron prácticas de turismo sostenible promovidas por el festival, como el apoyo a los negocios locales y la implementación de actividades ecológicas en las escuelas de la comunidad rural. En consecuencia, se resalta su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 11, 13 y 15, vinculados al desarrollo de comunidades sostenibles, la acción climática y la protección de la biodiversidad terrestre, así como su potencial para convertirse en un modelo replicable para otras comunidades interesadas en promover un desarrollo endógeno.

Revisión crítica de modelos de gestión de Responsabilidad Social Universitaria: enfoques, desafíos y oportunidades

Beltrán Lizárraga María Guadalupe¹

Perpuli Ceseña Ariadna Colette²

Dagnino Olivas Amira del Carmen³

Escalante Ramírez Paulina⁴

Erandi Lizzette Contreras Ocegueda⁵

¹Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, mariag.bl@loscabos.tecnm.mx

²Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, ariadnac.pc@loscabos.tecnm.mx

³Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, amira.do@loscabos.tecnm.mx

⁴Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, paulina.er@loscabos.tecnm.mx

Palabras clave: Responsabilidad social universitaria; Instituciones de Educación Superior; Modelos y Objetivos del desarrollo sostenible

La Responsabilidad Social Universitaria (RSU) en México al igual que alrededor del mundo, se refiere al compromiso ético y social que poseen las instituciones de educación superior (IES) para contribuir al desarrollo sostenible de un país, mediante la formación de profesionistas comprometidos con su entorno y con la generación de conocimiento para resolver problemas de trascendencia global.

El objetivo de esta investigación es identificar elementos clave de la RSU, fundamentados en los constructos teóricos disponibles tanto a nivel nacional como internacional para su alineación a los objetivos del desarrollo sostenible 2030 (ODS). Se utilizó el enfoque cualitativo de tipo descriptivo para realizar la revisión bibliográfica tomando como base tres modelos vigentes: el modelo de la Universidad de Manchester, URSULA y el de la Universidad de Yucatán.

Los principales resultados muestran que, en todos los modelos revisados, la evaluación y mejora continua de las prácticas de RSU son esenciales para asegurar su efectividad y relevancia.

La colaboración internacional e intercambio académico parecen enriquecer las iniciativas de RSU y permiten la cooperación y el intercambio de conocimientos a nivel global. Dichos modelos tienen el potencial de transformar no solo sus propias comunidades académicas, sino también de contribuir significativamente al desarrollo sostenible y equitativo. Este trabajo permite contar con un antecedente para continuar con investigaciones que permitan diagnosticar la articulación de acciones y la difusión de la RSU en los programas educativos del Tecnológico Nacional de México con relación al impacto positivo a la comunidad, las partes interesadas y la generación de ambientes de aprendizaje contextualizados.

Estudio de Caso: Crea Plan Generador de informes de investigación en Nuevo León, México

Indira Yuridia Hernández Solano
Ana Lilia Olivares Sánchez

Centro de Estudios Tecnológicos industrial y de servicios Núm. 163 / DGETI
Correo electrónico: ing.indira.hdz@gmail.com, olivares.analilia@gmail.com

Palabras clave: Informe, DGETI, Crea plan

La Dirección General de Educación Tecnológica Industrial y de servicios (DGETI) convoca a estudiantes para participar en concursos de prototipos y proyectos de emprendimiento, uno de los requisitos es la entrega del informe de prototipos o informe de proyecto de emprendimiento. La razón que justifica este proyecto es la necesidad de apoyar a docentes y estudiantes en la generación de los informes. El objetivo es diseñar e implementar una herramienta de apoyo para la generación de informes de prototipos y emprendimiento, y conocer la opinión de los usuarios; Se diseñó CREA PLAN, un sitio web que ofrece contenidos interactivos sobre el método científico y modelo de negocio; tiene un apartado en el cual, a partir de preguntas guiadas y a las mismas respuestas de los estudiantes, se genera automáticamente una sección del informe. CREA PLAN se implementó desde el ciclo 2019-2020, siendo utilizado por los ocho planteles de Nuevo León, hasta el 2024 se han elaborado 9,191 secciones, 5,456 de prototipos, y 3,735 de proyectos de emprendimiento. Para conocer la opinión, se aplicó una encuesta preliminar con 19 preguntas cerradas con escala tipo Likert, a una muestra de 61 encuestados de los planteles DGETI en Nuevo León.

En prototipos el 78% de los encuestados manifiestan que el nivel de facilidad ha sido “más o menos o mucho”; los de emprendimiento el 72% considera que la facilidad es “más o menos o mucho”; 88% de los vinculadores mencionan que el uso de la herramienta CREA PLAN ayudó a mejorar los informes entregados por los estudiantes. Se concluye que la mayoría de los usuarios de CREA PLAN consideran de beneficio el uso de la herramienta, y la mayoría de los vinculadores considera que el sitio facilitó y mejoró la elaboración de los informes. La presente experiencia favorece el surgimiento de propuestas que permitan un rol más activo del estudiante en su proceso de aprendizaje.

ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Impacto de las energías renovables en la innovación y el crecimiento económico

Daniel Armando Aguirre Ibarra^{1*}

Raúl Armenta Villanueva¹

Emmanuel Mendoza Hernández²

Juan Martín Juárez Ramírez³

David Iván Ortiz Ibarra⁴

¹Tecnológico Nacional de México/ITS Irapuato

²Tecnológico Nacional de México/ITS Guanajuato

³Universidad Politécnica de Pénjamo

⁴Centro de Investigación en Análisis Numérico
Correo electrónico: daniel.ai@irapuato.tecnm.mx

Palabras clave: Innovación, PIB, energía

Esta investigación presenta el desarrollo de tres clústeres mediante el algoritmo k-means, categorizando 132 países evaluados en el índice de innovación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). El propósito es evaluar cómo la diversificación en energías renovables influye en el grado de innovación de los países y en el incremento del producto interno bruto (PIB). La clasificación considera la cantidad de energía eléctrica generada a partir de fuentes: fósiles, nuclear, solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, biomasa y mareomotriz. Los elementos de innovación que se consideraron: educación, investigación y desarrollo, creación del conocimiento, impacto y difusión del conocimiento; y sofisticación empresarial. Para el análisis, se realizó una limpieza de la información y una normalización por el método min-max. Esta investigación es de vital importancia porque proporciona una comprensión profunda de cómo la diversificación en energías renovables puede impulsar la innovación y el crecimiento económico en los países.

En un contexto global donde la transición hacia fuentes de energía sostenibles es crucial para combatir el cambio climático y asegurar un desarrollo económico sostenible, los hallazgos de esta investigación pueden guiar a los responsables de políticas en la toma de decisiones estratégicas. Además, al identificar patrones y correlaciones entre la utilización de energías renovables y los índices de innovación, se pueden diseñar políticas que fomenten tanto la sostenibilidad ambiental como el desarrollo tecnológico y económico. Como resultado, se presentan los patrones y grupos de países con características similares en cuanto a su uso de fuentes de energía y grado de innovación. Los clústeres revelaron que los países con una mayor diversificación en sus fuentes de energía renovable tienden a tener índices de innovación más altos. Además, se observó una correlación positiva significativa entre el uso de energía solar y eólica con ciertos criterios de innovación.

Evaluación de un sistema de paneles fotovoltaicos en una Institución de Educación Superior

Reyna Leticia Ortiz Aguirre^{1*}

María Guadalupe Martínez Dueñas¹

María Elizabeth Vallejo Ramos¹

Jorge Alberto Gómez Sandoval²

Ángel Jesús Silva Moreno²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares, Linares, México.
Correo electrónico: rortiz@itlinares.edu.mx*

²Universidad Tecnológica Linares

Palabras clave: Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), Panel Fotovoltaico, Energía Eléctrica

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de la agenda 2030 adoptados por las Naciones Unidas en 2015; son un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. El ODS 7 busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, por lo cual para alcanzar este objetivo es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica o hidráulica y mejorar la productividad energética. Comenzar con las ODS en las Universidades depende de su tamaño, contexto, fortalezas en investigación y formación, su disponibilidad presupuestaria, sus valores, sus prioridades y las necesidades del entorno local. Dada la envergadura del reto para lograr el cumplimiento de los 17 ODS y el papel crítico que las universidades tienen en ello, existe una necesidad urgente en acelerar las acciones desde el ámbito universitario; por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo contribuir con la reducción de la generación de costos energéticos y emisiones de CO₂; así como promover el uso de energías renovables.

Para la evaluación del sistema de paneles fotovoltaicos se llevó a cabo un dimensionamiento, levantamiento de datos en campo, cálculo de watts, diseño de diagrama eléctrico y simulación de la instalación. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que el tiempo de recuperación de la inversión es de 3 años, el valor presente neto resulta aceptable. Sin embargo, se recomienda reemplazar las lámparas por iluminación LED y automatizar la iluminación.

Establecimiento de un sistema de riego solar fotovoltaico en el cultivo de tomate

M.G.E.R. Miguel Ángel Rodríguez Chiunti¹

DR. Arturo Heribia Virues¹

ING. Adán Vidal Gamboa¹

M.D.O. Catalina Martínez García²

¹Tecnológico Nacional de México Campus Cosamaloapan

²Tecnológico Nacional de México Campus Linares

Palabras clave: Agricultura, agua, energía solar, evapotranspiración, medio ambiente

Para producir cultivos en óptimas condiciones se requiere principalmente del recurso hídrico, el cual para potencializar los rendimientos se aplica a través de los sistemas de riego. El objetivo de este trabajo fue establecer un sistema de riego por goteo a través de energía solar fotovoltaica en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero en Cosamaloapan, Veracruz financiado por el COVEICYDET. Considerando la disponibilidad de radiación solar en el área experimental de estudio, se justifica el establecimiento de este sistema de riego solar fotovoltaico. En primer lugar, se determinó la evapotranspiración del cultivo (ETc) por medio del método de Blaney-Criddle dando como resultado un valor de 4.15 mm/día. Se establecieron 300 plantas en total contenidas en las tres camas de cultivo, el material vegetal utilizado fue la variedad de tomate Río Grande. El sistema de riego por goteo está constituido por dos paneles solares de 450 W cada uno, una bomba solar de 600 W, un reservorio de agua de 1100 L, un sistema de inyección venturi de ¾", 90 m de poliducto de 16 mm de diámetro y 300 goteros autocompensantes con un caudal disponible de 8 Lph.

El análisis de los resultados indica que el volumen de agua diario requerido por planta (Var) es de 1.10 L/planta/día de acuerdo con la superficie de influencia determinada de cada planta de tomate para este trabajo de 0.09 m². Se obtuvo un rendimiento promedio de 1.8 Kg/planta. Si bien es cierto que los sistemas de riego comúnmente son alimentados por energías fósiles o eléctricas, el uso de la energía solar fotovoltaica permite disminuir los efectos perjudiciales hacia el medio ambiente ya que a través del uso de paneles solares se aprovecha la radiación solar en las zonas en las que el promedio de horas luz es el óptimo.

Estado actual de las energías limpias en México y su futuro en Energía Eléctrica

María Magdalena Montserrat Contreras Turrubiarres^{1,2}

Bernardo Cabrera Reyes¹

Jorge Amaro Reyes²

José Francisco Ibarra Sánchez³

¹Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores/ Doctorado en Energías Renovables

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Departamento de Físico-Matemáticas

³Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital
Correo electrónico: maría.turrubiarres@uaslp.mx*

Palabras clave: Energías renovables, energía eléctrica, México, regulaciones, futuro

El presente trabajo se centra en evaluar la situación actual y las perspectivas futuras de las energías renovables en México, para ello se realizó un análisis detallado acerca de la transición energética del país y su dependencia actual y a futuro de los combustibles fósiles. El estudio toma como base preguntas de investigación relacionadas con el uso de energías limpias y los criterios necesarios para su implementación exitosa, destacando la importancia de un marco regulatorio adecuado. Para responder a dichos cuestionamientos, utiliza un enfoque metodológico mixto que combina investigación documental y encuestas para comprender mejor el estado de las energías limpias y su potencial para la generación de energía eléctrica. De la misma manera, se identifican los desafíos ambientales, políticos y económicos que enfrenta México debido a su dependencia de combustibles fósiles, así como la imperante necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un corto plazo.

Los resultados obtenidos a partir de encuestas a ingenieros, técnicos y la población en general indican una percepción positiva hacia las energías renovables, aunque también se manifiestan dudas sobre su eficiencia y sostenibilidad a largo plazo. Se observa que, a pesar de los avances en la generación de energía limpia, persisten limitaciones en la inversión y en la regulación del sector. Se concluye que es fundamental reformar las leyes y normativas existentes para fomentar la inversión en energías limpias, garantizando la soberanía nacional y el desarrollo económico del país. Además, se enfatiza la necesidad de promover la educación y la capacitación en tecnologías de energía renovable para asegurar una transición energética efectiva. Por último, se proponen recomendaciones para mejorar las políticas energéticas y nuevas líneas de investigación que contribuyan al avance de las energías renovables, buscando un futuro más sostenible y resiliente en el sector energético.

Evaluación de Celdas Solares Orgánicas Sensibilizadas por Colorante (DSSC) de Tinte de Cebolla Morada

José Sabás-Segura¹

Paola Victoria Beltrán Mendiola¹

Sandra Paloma Soria Mejía¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Abasolo, Guanajuato, México
Correo electrónico: jose.ss@abasolo.tecnm.mx

Palabras clave: Celdas solares sensibilizadas por colorantes, DSSC, cebolla morada, eficiencia energética, tintes naturales

Las celdas solares sensibilizadas por colorantes (DSSC) es una alternativa para la conversión de energía solar en energía eléctrica debido a su bajo costo y facilidad de fabricación. Este estudio se centra en el uso del tinte de cebolla morada (*Allium cepa*), para mejorar la eficiencia de las DSSC y extender su tiempo de vida útil. Se extrajeron tintes de cebolla morada utilizando NaOH, éter y metanol, y se fabricaron celdas DSSC con dióxido de titanio sensibilizadas con estos tintes. Los parámetros fotovoltaicos medidos (VOC, JSC, FF y eficiencia) mostraron

que las celdas con tintes de cebolla-NaOH tenían una mayor eficiencia en comparación con cebolla-éter y cebolla-metanol. Los resultados fueron consistentes con estudios anteriores, indicando la viabilidad de los tintes de cebolla en DSSC. Los resultados fueron consistentes con estudios anteriores, indicando la viabilidad de los tintes de cebolla en DSSC. Las soluciones utilizadas influyen significativamente en la eficiencia y el tiempo de vida de las celdas, con una solución de NaOH proporcionando mejores resultados.

Dimensionamiento y análisis de sensibilidad de un sistema fotovoltaico residencial interconectado a la red

Arturo Ocampo Bahena¹

Susana Estefany De León Aldaco²

Jesús Aguayo Alquicira³

Luis Gerardo Vela Valdés⁴

Mario Ponce Silva⁵

¹Tecnológico Nacional de México - CENIDET m23ce108@cenidet.tecnm.mx

²Tecnológico Nacional de México – CENIDET susana.da@cenidet.tecnm.mx

³Tecnológico Nacional de México – CENIDET jesus.aa@cenidet.tecnm.mx

⁴Tecnológico Nacional de México – CENIDET luis.vv@cenidet.tecnm.mx

⁵Tecnológico Nacional de México – CENIDET mario.ps@cenidet.tecnm.mx

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, temperatura, análisis de sensibilidad, energía solar, PVSyst

La dependencia de los combustibles fósiles y el constante avance del cambio climático nos ha orillado a buscar fuentes alternativas de energía, es por ello que el uso de las energías renovables ha sido de gran relevancia en esta última década. El sol es la mayor fuente de energía renovable en el planeta y puede usarse para la generación de energía eléctrica tanto a gran escala en la industria como a pequeña escala a nivel residencial para formar parte de la red de generación distribuida. En este trabajo se muestra paso a paso el proceso de dimensionamiento de un sistema fotovoltaico residencial tomando en cuenta variables meteorológicas como son la temperatura e irradiancia solar, las cuales tienen un impacto significativo en la producción de energía eléctrica, de tal modo que se obtenga un sistema óptimo. Los objetivos fueron: Realizar una guía sobre dimensionamiento fotovoltaico residencial donde se explique detalladamente cada

una de las etapas y Realizar un análisis de sensibilidad para sistemas fotovoltaicos bajo distintas condiciones meteorológicas. Para la extracción de datos meteorológicos se utilizaron herramientas como POWER y PVGIS las cuales usan bases de datos nacionales con el registro histórico de las variables a estudiar. La simulación del sistema se realizó con el software PVSYST donde se obtuvieron los datos necesarios para describir el funcionamiento del sistema. Al optimizar el sistema fotovoltaico se obtuvo un 6% más de energía producida. El análisis realizado demuestra como la temperatura de una zona geográfica afecta considerablemente la producción energética de un sistema fotovoltaico. El análisis de este tipo de sistemas puede contribuir a una posible mejora en las etapas de dimensionamiento, pudiendo de esta manera obtener un sistema que cumpla con las expectativas del usuario.

Sistema electrónico de alerta en semáforos de tránsito vial para personas con discapacidad visual (SemAlert)

M. E. César Iván Elizondo Guzmán¹

M.D. Ericka Maldonado Pesina²

César Martínez Tovar³

José Armando Vargas Mayorga⁴

Karen Yarasell Ornelas Flores⁵

¹Profesor del Instituto Tecnológico de Linares, celizondo@linares.tecnm.mx

²Profesora del Instituto Tecnológico de Linares, emaldonado@linares.tecnm.mx

³Profesor del Instituto Tecnológico de Linares, cmartinez@linares.tecnm.mx

⁴Alumno de la carrera de Ingeniería Electromecánica, l22720200@itlinares.edu.mx

⁵Alumna de la carrera de Ingeniería Electromecánica, l21720153@itlinares.edu.mx

Palabras clave: Discapacidad visual, RFID, semáforos, SemAlert, paneles solares

La inclusión de las personas con capacidades diferentes en la sociedad es fundamental, ya que es necesario garantizar la igualdad de oportunidad y la no discriminación, por ello, de acuerdo a las cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2020 las personas con discapacidad visual en México, representan un 9.2% del total de la población del país, específicamente 2,691,338 personas que corresponden al (2.1%) tienen discapacidad visual y el (7.1%) 8,974,853 de personas tienen alguna limitación visual mediante el uso de lentes; esta situación puede generar situaciones de riesgo en el tránsito vial y peatonal en el cruce de semáforos de grandes avenidas concurridas, basado en esta perspectiva, se establece el objetivo de esta investigación, el cual es diseñar, crear e implementar un sistema de alerta auditiva basado en un kit electrónico con tecnología RFID (SemAlert) el cual por medio de sonidos busca dar un apoyo a personas con discapacidad visual al momento de llegar a una avenida con gran flujo vehicular, lo que les permitirá transitar por las calles y avenidas con mayor seguridad y con autonomía para garantizar la movilidad de las personas con problemas visuales arduos.

Este proyecto busca ofrecer a las personas con discapacidad visual un sistema que les permita el libre tránsito peatonal por la ciudad, utilizando tecnología RFID en semáforos de las principales avenidas mediante la implementación de un circuito electrónico alimentado con paneles solares para el suministro de la energía y que de esta forma les envíe una señal auditiva a las personas que porten el sensor RFID indicando cuando es seguro cruzar la avenida; con este proyecto, como resultado de este proyecto, se estaría apoyando al 1% de la población en México, iniciando con el municipio de Linares, continuando de forma Estatal y posteriormente Nacional.

Fabricación de energía eléctrica mediante un generador eléctrico utilizando una bicicleta

Ericka Maldonado Pesina
Juana Nora Medina Maldonado
Cynthia Ramírez Villegas
Rubén Eduardo Aguirre Mireles
Myldred Lizeth Aguirre Hernández

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Linares
Correo electrónico: emaldonado@itlinares.edu.mx

Palabras clave: Energía eléctrica, generador, bicicleta, sostenibilidad

Como sabemos, la electricidad es un elemento indispensable actualmente, ya que prácticamente todo depende de ella, sin ella claro está que el mundo colapsaría. Aun así, un informe sobre progreso energético elaborado por agencias de la ONU reporta que 675 millones de personas en el mundo no cuentan con acceso a la electricidad de las cuales 1.2 millones son mexicanos. Además, hay lugares donde las personas presentan inconvenientes con la electricidad constantemente, ¿Qué haría la gente ante un cambio abrupto de energía? sin importar cuál sea el escenario existe una buena alternativa. GEBI es un generador eléctrico que combina una bicicleta y un alternador de automóvil para convertir la energía mecánica del pedaleo en energía eléctrica. Funciona uniendo la rueda de la bicicleta con el alternador mediante una polea. Mientras más veces gira la rueda de la bicicleta más veces gira el alternador el cual es el encargado de convertir esta energía la cual el usuario puede utilizar mientras realiza ejercicio, se almacena en una batería de 12 voltios y un inversor de 12 volts a 120 volts el que nos permite conectar la energía a cualquier aparato dentro del rango de los watts generados.

Así que GEBI crea energía sin utilizar combustible y fomenta el ejercicio. La bicicleta generadora es una innovación tecnológica que combina la necesidad de movilidad con la producción de energía sostenible, pues hay que recordar que existen sociedades y comunidades (principalmente rurales) donde es complicado que la energía eléctrica se mantenga en óptimas condiciones. Con GEBI, esto se soluciona eficazmente. Este tipo de generadores suelen ser el foco de proyectos de energía renovable, sostenibilidad y vivienda autosuficiente. Por otro lado, GEBI también influye en un papel educativo importante en la enseñanza de la sostenibilidad y la conservación de la energía.

Impacto de los residuos de la construcción en el medio ambiente

Martha Adelfa Avalos Puga

José Francisco Coronado Vázquez

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
Correo electrónico: martha.ap@cdivictoria.tecnm.mx

Palabras clave: Medio Ambiente, residuos, construcción, materiales, contaminación

La industria de la construcción es fundamental en el desarrollo económico y social del país, su impacto ambiental, con la generación de residuos, plantea desafíos significativos. Representando una parte considerable, los desechos sólidos, su composición diversa y voluminosa, considerados desafíos específicos en términos de gestión y mitigación de impactos ambientales. Esta investigación, emplea un enfoque metodológico mixto, combina métodos cuantitativos y cualitativos. Analiza los efectos al medio ambiente derivados de los residuos de la construcción, así como sus alcances, identifica las principales fuentes y propone estrategias efectivas de manejo y reducción de estos. Buscando mitigar el impacto ambiental negativo, así como, promueve prácticas sostenibles favoreciendo la conservación de los recursos naturales y la preservación del entorno. Mediante un análisis documental exhaustivo se obtiene información relevante sobre los efectos ambientales de los residuos de la construcción, y las prácticas de gestión de estos a nivel local y nacional.

Los estudios en áreas urbanas fueron muestreos sistemáticos de los residuos de la construcción en diferentes tipos de obra, incluyendo la clasificación y cuantificación de residuos generados y la evaluación de su impacto ambiental potencial. Como resultado, encontramos que el concreto se encuentra entre los materiales más comunes de desechos de construcción, así como las pinturas y solventes son considerados los más contaminantes. Generando en gran parte inconvenientes en los trabajadores de obras, como lo son los problemas respiratorios, irritaciones cutáneas, y/o intoxicaciones. La propuesta es: Incorporar principios de diseño sostenible desde la fase inicial del proyecto, establecer áreas específicas para la recolección y clasificación de residuos, adoptar técnicas de construcción modular y prefabricada para reducir el desperdicio, capacitar a los trabajadores en prácticas sostenibles y de gestión de residuos, fomentar la innovación en productos y procesos que minimicen el impacto ambiental.

Uso del Suelo y Productividad en Sistemas Agrivoltaicos: Estudio de Caso Proyecto PASE México

Carlos Fernando Luna^{1,2}

Francy Nelly Jiménez García¹

Ricardo Moreno³

Aaron Sánchez Juárez⁴

¹Universidad Autónoma de Manizales

²Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

³Universidad ICESI

⁴Instituto de Energías Renovables (IER)

Palabras clave: Sistemas agrivoltaicos (AV), Land Equivalent Ratio (LER), Ground Coverage Ratio (GCR), Rendimiento agrícola y energético

Los sistemas agrivoltaicos (AV) integran la producción agrícola con la generación de energía solar, maximizando el uso del suelo mediante paneles fotovoltaicos (PF) instalados sobre áreas de cultivo. Este estudio examina cómo estas estructuras benefician la sostenibilidad agrícola y energética, mitigando el cambio climático.

El objetivo fue evaluar el uso del suelo y el rendimiento agrícola y energético en un sistema AV utilizando indicadores clave como el Ground Coverage Ratio (GCR) y el Land Equivalent Ratio (LER).

Se utilizaron datos experimentales y simulaciones en PVsyst para medir la eficiencia energética (EY) y el rendimiento agrícola (AY) en el sistema AV de la Parcela Agrivoltaica Sostenible y Educativa (PASE), ubicada en San Miguel de Topilejo. Los resultados de EY y AY fueron comparados con un sistema convencional.

El sistema AV presentó un GCR de 66.1%, logrando un LER promedio de 1.5, es decir, 50% más productivo que el uso exclusivo del terreno para cultivo o generación de energía. Los cultivos bajo el sistema AV mostraron

una productividad agrícola variable (34.6% a 102% en comparación con cultivos a cielo abierto), beneficiándose algunos cultivos del microclima creado bajo los PF. Sin embargo, se observó que la disminución en la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) impacta el crecimiento en ciertas plantas.

En conclusión, los sistemas AV incrementan la eficiencia en el uso del suelo. Este estudio destaca la importancia de personalizar la configuración AV según el tipo de cultivo y clima local para optimizar la productividad agrícola y energética, sugiriendo que un mayor GCR favorece un LER elevado, aunque requiere equilibrar el costo adicional de cobertura.

A photograph of two engineers, a man and a woman, wearing white hard hats and high-visibility yellow safety vests. They are standing outdoors at a wind farm, with a large wind turbine visible in the background under a cloudy sky. The man is pointing at a set of blueprints held by the woman. The image is framed by a blue and green graphic overlay.

INGENIERÍA Y PROCESOS SUSTENTABLES

Técnicas innovadoras de sinterización en frío para edificaciones ecoamigables

Fabiola Colmenero Fonseca^{1*}

Amparo Borrell²

Rut Benavente³

Ashley Bonilla⁴

¹Instituto Universitario de Tecnología de Materiales/PhD. Arquitectura, Patrimonio y Ciudad Universitat Politècnica de València, fcolfonf@upvnet.upv.es

²Instituto Universitario de Tecnología de Materiales. Universitat Politècnica de València, aborrell@upv.es

³Instituto Universitario de Tecnología de Materiales. Universitat Politècnica de València, rutbmr@upvnet.upv.es

⁴Instituto Universitario de Tecnología de Materiales. Universitat Politècnica de València, abonmol@doctor.upv.es

Palabras clave: Sinterización en frío, Propiedades electroquímicas, Microestructura, Sustentabilidad en la construcción

La implementación de métodos sostenibles en el campo de la ingeniería en edificación y en las superficies de acabados ha sido impulsada por la búsqueda de soluciones eco amigables en la construcción. En este contexto, los avances en procesos de sinterización en frío para la producción de electrolitos y electrodos de alta densidad compacta ofrecen oportunidades prometedoras. Sin embargo, para su aplicación efectiva en edificaciones, es importante mejorar las propiedades electroquímicas de estos componentes, lo cual puede lograrse mediante una caracterización detallada de la microestructura. Se destaca la viabilidad de utilizar técnicas de sinterización en frío, que permiten una densificación a temperaturas más bajas, superando las limitaciones de los métodos tradicionales.

Estas técnicas innovadoras, que implican la disolución y relleno de huecos entre partículas, pueden mejorar la eficiencia de la construcción al facilitar la densificación de diversos compuestos. Además, se identifican áreas de investigación prioritarias, como la mejora de la conductividad iónica y la estabilidad química de los materiales, así como el desarrollo de aditivos y técnicas de protección de superficies. Estos avances prometen ampliar la aplicación de los procesos de sinterización en frío en el diseño arquitectónico y en las superficies de acabados, contribuyendo así a la creación de edificaciones más sustentables.

Diseño de Prototipo en SolidWorks de una banda transportadora selectora y secado de Vainas de Mezquite

Hiram Hernández Rivas

María Guadalupe Minero Rames*

Lilia García Azpeitia

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez - Unidad Académica Lagos de Moreno
Correo electrónico: guadalupe.minero@lagos.tecnm.edu.mx

Palabras clave: Secado de vainas de mezquite, SolidWorks, diseño de prototipos, eficiencia energética, transformación en harina

La vaina de mezquite es un recurso natural con un alto potencial alimenticio y económico en regiones semiáridas. Sin embargo, su proceso de secado y transformación en harina presenta desafíos agroindustriales y técnicos que limitan su aprovechamiento en la producción de alimentos para consumo humano y animal. Para enfrentar estos desafíos, se ha desarrollado un prototipo utilizando SolidWorks, herramienta que permite modelar con precisión sistemas complejos y optimizar componentes antes de la fabricación. El proyecto se centra en el diseño de componentes clave del prototipo, como una banda transportadora y un selector de mezquite por color. El proceso propuesto comienza con la colocación de las vainas en una bandeja de entrada, seguido de su traslado por la banda transportadora, donde se realiza la separación por color, y concluye con su disposición en charolas para el secado en un secador solar.

SolidWorks ha permitido diseñar estos componentes con dimensiones y configuraciones óptimas, garantizando un flujo continuo y eficiente de las vainas a lo largo del proceso de secado. Este diseño presenta un gran potencial para ser implementado a escala industrial, y futuras investigaciones se centrarán en la fabricación del prototipo y en la evaluación de su desempeño en condiciones reales de producción.

Simulación de nanomateriales para su posible aplicación en dispositivos de almacenamiento de gases

Ana Cecilia Piñón Reyes^{1,2}

Martín Salazar Villanueva¹

Fernando Medina Pérez²

René Romero Sánchez²

Judith Díaz Domínguez²

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

²Instituto Tecnológico de Puebla

Correo electrónico: anacecilia.pinon@puebla.tecnm.mx

Palabras clave: absorción de CO, nanomateriales, cálculos DFT

El estudio de nanomateriales ha permitido conocer excelentes candidatos para la implementación de dispositivos más eficientes en la generación de energía y almacenamiento de gases, cuyas aplicaciones además están encaminadas a ser amigables con el medio ambiente. Los nanomateriales presentan estructuras de dimensiones entre 1 a 100 nm, sus propiedades físicas y químicas los hacen ideales para la implementación de dispositivos más eficaces.

Actualmente existe un interés de los científicos por estudiar nanomateriales avanzados como lo son los “semiconductores”. El grafeno es un semiconductor que constituye el límite físico de miniaturización, cuyos átomos están accesibles y dispuestos para poder interactuar con el medio. La naturaleza del grafeno da lugar a propiedades mecánicas, ópticas y electrónicas que son únicas. El uso del grafeno en solitario no ofrece un comportamiento favorable para la absorción de gases, por lo que se propone utilizar Dióxido de Titanio (TiO₂), que al interactuar ayude con este propósito.

En este trabajo se realizaron cálculos de DFT (teoría funcional de la densidad) para evaluar la interacción de las moléculas de CO (monóxido de carbono) en nanografenos (NG); los cuales exhiben procesos de adsorción.

Posteriormente se propusieron grupos de dióxido de titanio para adsorber la molécula de CO, como resultado de esta interacción química se obtuvo la fisorción. Por último, para mejorar la adsorción de la molécula de CO, se depositaron grupos de (TiO₂)_n-CO sobre NG, el cual se desempeña como sustrato; generado un conjunto de nanocompuestos cuyo análisis mostró una tendencia de adsorción mejorada de CO.

Los resultados obtenidos pueden ser útiles para los investigadores experimentales. Estos sistemas anclados surgen como una buena opción para adsorber otro tipo de especies químicas nocivas, además de poder emplearse para diseñar dispositivos de almacenamiento de gases para aplicaciones energéticas amigables con el medio ambiente.

Evaluación de un cemento supersulfatado alternativo en aplicaciones marítimas

Kenson Noel^{1,2}

David Reyes-Gonzalez¹

Rodrigo Vivar-Ocampo³

Gustavo Martínez Castellanos¹

Gregorio Fernández Lambert¹

¹Departamento de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Veracruz, México.

²Subdirección de Posgrado de Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

³Departamento de Energías Renovables, Universidad Autónoma de Baja California.
Correo electrónico: 222t0508@itsm.edu.mx

Palabras clave: Resistencia mecánica, durabilidad, impacto ambiental

La búsqueda de alternativas ecológicas en la construcción ha aumentado significativamente en los últimos años, especialmente respecto al uso de cementos convencionales como el cemento portland, debido a su alto impacto ambiental. Se genera casi una tonelada de CO₂ por cada tonelada de cemento portland fabricado, además, las materias primas utilizadas en su producción pueden escasear con el tiempo. Por lo que, el objetivo de este trabajo fue analizar el cemento supersulfatado como una alternativa viable al cemento convencional (cemento portland). Este tipo de cemento alternativo incluye pumicita, hemihidrato, hidróxido de calcio y una cantidad reducida de cemento portland. La evaluación se centró en la durabilidad y el impacto ambiental del cemento supersulfatado, con el propósito de utilizarlo como recubrimiento en elementos estructurales expuestos a ambientes marítimos, debido a su resistencia a agentes químicos agresivos. Se realizó una evaluación comparativa del impacto ambiental entre el cemento portland y el cemento supersulfatado para valorar la factibilidad del uso de este último como una alternativa ecológica.

Los resultados indican que las pastas base cementos supersulfatados son una excelente opción como recubrimientos en zonas marítimas debido a sus propiedades mecánicas, durabilidad y menor impacto ambiental. Se concluye que las pastas supersulfatadas con 25% de cemento portland y 75% de cemento supersulfatado (30% pumicita, 20% hemihidrato y 25% hidróxido de calcio) y las pastas con 30% de cemento portland y 70% de cemento supersulfatado (50% pumicita y 20% hemihidrato) son las mejores candidatas para su uso en ambientes marítimos. Estas pastas presentan impactos ambientales (418.8 kg CO₂-eq y 324.39 kg CO₂-eq, respectivamente) significativamente menores que el cemento portland convencional (925.48 kg CO₂-eq). Además, el consumo total de energía de las materias primas en las pastas supersulfatadas es menor (1.83 GJ y 1.76 GJ, respectivamente) comparado con las pastas de cemento portland (3.5 GJ).

Tratamiento de vinazas tequileras mediante humedales verticales de flujo descendente

Anderson A. Ramírez Ramírez^{1*}

Florentina Zurita Martínez¹

Allan Tejeda Ortega¹

Arturo Montoya Chávez¹

¹Centro de Investigación en Calidad Ambiental, Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara.
Correo electrónico: ander_brit@hotmail.com*

Palabras clave: Humedales verticales, *Iris sibirica*, y vinazas tequileras

El tequila, que es una de las bebidas más consumidas tanto en México como a nivel global, genera en su elaboración a las vinazas. Las vinazas poseen características muy contaminantes como un contenido de materia orgánica de alrededor de 50,000 mg/L, pH ácido y un alto contenido de sólidos. Debido a esto las vinazas requieren ser tratadas antes de disponerse y para ello, existen alternativas de tratamiento como los humedales construidos. Por lo anterior, el presente estudio evaluó la capacidad de eliminación de contaminantes en vinazas tequileras crudas, presedimentadas y neutralizadas, mediante humedales verticales de flujo descendente (HVFD). Se diseñaron humedales verticales (con su respectivo duplicado) de 1.28 m de altura y 0.254 m de diámetro, con tezontle como medio filtrante. Dos de los humedales fueron plantados con *Iris sibirica* y dos solo tuvieron la roca y fungieron como controles. Los humedales se alimentaron con un caudal de 4.6 L/día.

Durante 33 semanas (una vez por semana), se determinaron tanto en el influente como en los efluentes, los parámetros sólidos suspendidos y totales, color verdadero, aparente y turbiedad, DBO₅, DQO, fósforo total y nitrógeno total, además de los parámetros de monitoreo pH, conductividad y oxígeno disuelto. Como análisis estadístico se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. El pH y el O₂ en los HVFD tendieron a incrementar. Los humedales con planta removieron en mayor proporción casi todos los parámetros, destacando la reducción tanto sólidos suspendidos como totales, la DBO₅, la DQO y el nitrógeno total. Con base en lo anterior, se puede deducir que los HVFD tuvieron la capacidad de tratar residuos industriales como las vinazas, que son consideradas como aguas residuales complejas. También se pudo observar el rol tan importante que tienen las plantas en el funcionamiento de los humedales, pues su presencia permitió mejores remociones de casi todos los parámetros.

Corrosión en cobre inducida por sustitutos de biodiésel en fase gaseosa: efecto del enlace C=C

Emilio Hernández Medina^{1*}

Fabiola Vergara Juárez¹

Carlos Jiménez Rebollar¹

Jesús Porcayo Calderón²

Alfredo Quinto Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, 62780, México

²Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, 83000, México
Correo electrónico: l19091208@zacatepec.tecnm.mx*

Palabras clave: Biodiésel, Metales, Corrosión

El biodiésel ha surgido como un combustible de origen renovable alternativo al diésel, pues al contar con una baja huella de carbono promete contribuir a decrementar la emisión de gases de efecto invernadero. No obstante, la corrosión en los motores de combustión debido al uso de biodiésel sigue siendo una de sus principales desventajas. Investigaciones sobre corrosión por biodiésel en fase gaseosa parecen inexistentes y son relevantes debido a que el uso del biodiésel en el interior de los motores es en rocío o spray. Este trabajo explora la corrosión producida por biodiésel en fase gaseosa mediante el estudio de sustitutos de biodiésel Hexanoato de Metilo y Trans-3-Hexenoato de Metilo, de cadena alquílica corta en comparación con los componentes del biodiésel. Esto permitió volatilizarlos sin que se descompongan permitiendo realizar estudios termogravimétricos por 1000 horas y electroquímicos en cobre durante 24 horas, y buscando identificar los efectos del enlace C=C en sus tasas y mecanismos de corrosión.

Para esto, usamos FTIR para evaluar cambios químicos en los sustitutos de biodiésel, y EIS para identificar procesos corrosivos. A partir de los ensayos termogravimétricos, evaluamos tasas de corrosión de 1.04 ± 0.05 y de 5.50 ± 1.56 $\mu\text{m/año}$ para el HM y el THM; respectivamente, observándose claramente un efecto corrosivo por la presencia de C=C. Usando FTIR, se logró identificar la aparición de nuevas bandas en 1658 y 970 cm^{-1} atribuidos a subproductos de la descomposición térmica. En todas las mediciones EIS de HEM y THM se observaron tendencias diferentes a nuestra referencia. Los espectros de Nyquist muestran un semicírculo menor de $1000 \Omega \cdot \text{cm}^2$ para el HM, y de $2000 \Omega \cdot \text{cm}^2$ para el THM. Esto sugiere que el HM o THM o sus productos de la descomposición indujeron la formación de una capa de óxido y un incremento a la resistencia a la transferencia de carga.

Evaluación de la actividad fotocatalítica de ZnO para la degradación de colorantes orgánicos

Lorenzo Antonio Cruz Santiago¹

Maximiliano Salinas Angon²

Areli Adamary Cruz Ortiz³

Omar Reséndiz Hernández⁴

Benjamín Portales Martínez⁵

¹Tecnológico Nacional de México / TES de Cuautitlán Izcalli, lacrus8@gmail.com

²Tecnológico Nacional de México / TES de Cuautitlán Izcalli, salinasangmax@gmail.com

³Tecnológico Nacional de México / TES de Cuautitlán Izcalli, adamary0924@gmail.com

⁴Instituto Politécnico Nacional / LNCAE / CICATA Legaria, ommarrehe@gmail.com

⁵Instituto Politécnico Nacional / LNCAE / CICATA Legaria, benportalesmtz@gmail.com

Palabras clave: ZnO, fotocatálisis, azul de metileno, UV-Vis

En este trabajo se sintetizó óxido de zinc (ZnO), a través del método sol-gel, utilizando como precursores $Zn(NO_3)_2$ y ácido cítrico en soluciones acuosas de 0.6 M y 0.3 M, respectivamente. El ZnO se utilizó como catalizador para la fotodegradación de colorantes orgánicos a través de la producción de radicales hidroxilos, utilizando azul de metileno (MB) como estándar. Los radicales hidroxilos se caracterizan por ser altamente reactivos en medio acuoso. Este fotocatalizador fue caracterizado por espectroscopia infrarroja para la identificación de grupos funcionales, difracción de rayos-X para conocer los parámetros de su estructura cristalina y, espectroscopia UV-Vis por reflectancia difusa para calcular el bandgap, también, por medio de análisis termogravimétrico se determinó la temperatura de tratamiento térmico y el tiempo de residencia. Se estableció el proceso de secado a una temperatura de 90 °C por 48 horas y el tratamiento térmico se realizó aumentando la temperatura en 100 °C cada 15 minutos hasta llegar a 400 °C donde permaneció así por 3 horas.

El seguimiento de la degradación de colorante fue realizado por espectroscopia UV-Vis para líquidos, y los porcentajes de degradación se obtuvieron mediante los valores de absorbancia de cada muestra en intervalos de 30 minutos. Por otra parte, a través de la interpretación de los datos cinéticos se evaluó el orden y la constante de reacción. Para los experimentos de degradación del estándar se utilizó una solución 30 μ M de MB con 0.4 g/L de ZnO sometida a una lámpara de radiación UV de 258 nm y 6W. Se obtuvo un porcentaje de degradación superior al 90%. En el tratamiento de efluentes industriales mediante fotocatálisis este resultado resulta relevante debido a que no fue necesaria la incorporación de otras moléculas ya sea para modificar la forma de las partículas o para alterar la estructura cristalina del catalizador.

Simulación computacional aplicada al tratamiento de efluentes de rastros con tecnologías basadas en la naturaleza

Jesus Castellanos-Rivera¹

Luis Carlos Sandoval-Herazo^{1,*}

Graciela Elizabeth Nani González¹

Flor Idalia Tirado-Aguilar²

¹Wetlands and Environmental Sustainability Laboratory, Division of Graduate Studies and Research, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Misantla, Veracruz, Km 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Misantla 93821, Veracruz, México.

²Microplastics Laboratory Division of Graduate Studies and Research, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Misantla, Veracruz, Km 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Misantla 93821, Veracruz, México.
Correo electrónico: lcsandovalh@gmail.com; Tel.: (+522351104181)*

Palabras clave: tecnologías basadas en la naturaleza (SBN), aguas residuales, rastros municipales, modelamiento matemático, inteligencia artificial (IA), sustentabilidad

El manejo sustentable de aguas residuales de rastros municipales representa un desafío ambiental significativo debido a la alta carga de contaminantes y el volumen de efluentes generados. Esta investigación explora la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) para tratar y gestionar estas aguas residuales de manera eficaz y sustentable. Se destacan enfoques innovadores que combinan el modelamiento matemático y la inteligencia artificial (IA) para optimizar el diseño y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se analiza cómo el modelamiento matemático puede predecir y simular el comportamiento de estos sistemas bajo diversas condiciones operativas y ambientales, permitiendo una mejor planificación y toma de decisiones. Asimismo, se explora el uso de la IA para optimizar el monitoreo y control de los procesos de tratamiento, identificando patrones y tendencias que pueden mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos. Se identificaron las bases de datos científicas más relevantes, tales como Web of Science, Scopus, Google Scholar, y ScienceDirect.

Las palabras clave específicas que se utilizaron fueron "computational simulation", "nature-based solutions", "effluent treatment", "constructed wetlands", "biofilters", "slaughterhouse wastewater", y "phytoremediation". Se incluyeron artículos publicados en revistas indexadas publicados durante los últimos 10 años. Se presentan investigaciones que demuestran la aplicación exitosa de estas tecnologías permiten obtener mejoras significativas en la calidad del efluente tratado y la reducción de impactos ambientales. Finalmente, se discuten las oportunidades y desafíos para la implementación a gran escala de estas soluciones, enfatizando la necesidad de políticas públicas favorables, inversión en investigación y desarrollo, y la colaboración entre sectores público y privado. Este artículo contribuye al entendimiento de cómo las SBN, respaldadas por herramientas avanzadas de modelamiento e IA, pueden ofrecer soluciones sustentables y efectivas para el manejo de aguas residuales de rastros, promoviendo un enfoque holístico y ecológicamente responsable para la gestión de recursos hídricos.

Humedales construidos: Alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales en la industria del café

Brenda Lizeth Monzón Reyes¹

Luis Carlos Sandoval Herazo¹

María Cristina López Méndez²

Zita Monserrat Juárez Reyes³

Humberto Raymundo González Moreno³

¹Laboratorio de Humedales y Sustentabilidad Ambiental, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Miantla, Km 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Miantla 93821, Veracruz, México. 232t0527@itsm.edu.mx ; lcsandovalh@itsm.edu.mx

²División de Estudios Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Miantla, Miantla 93821, México. mclopezm@itsm.edu.mx

³División de Ingeniería Civil, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Miantla, Miantla CP 93821, Veracruz, México. zmjuarezr@itsm.edu.mx; hrgonzalezm@itsm.edu.mx

Palabras clave: Humedales construidos, café, aguas residuales y procesamiento de café

El café es uno de los productos más importantes en el comercio internacional y es fundamental para las economías de los países tropicales en vías de desarrollo. Esta industria genera numerosos empleos, sin embargo, el procesamiento del café, especialmente el método húmedo, produce grandes cantidades de aguas residuales ácidas y ricas en materia orgánica e inorgánica, que son altamente perjudiciales para el medio ambiente y salud pública. Se han empleado tratamientos biológicos, como los humedales construidos, destacándose como una solución económica y sustentable. Hasta el momento las revisiones realizadas no reflejan datos esenciales en cuanto a diseño y operación para ser empleados en el tratamiento de efluentes de la industria del café. Esta investigación tiene como objetivo revisar los estudios realizados hasta la fecha, destacando su potencial y limitaciones de esta tecnología. La revisión incluyó artículos, tesis, libros y capítulos de libros en inglés y español. Se priorizaron investigaciones revisadas por pares para asegurar la calidad.

La búsqueda se realizó en buscadores como Google Scholar, Elsevier, ResearchGate, Redalyc, Scielo y SpringerLink, entre otros, abarcando de 2010 a la fecha. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron: humedales construidos, beneficio del café, aguas industriales, tratamientos biológicos, lavado de café y cafeína. Se encontraron eficiencias de remoción que superaron el 85% para DBO, DQO y SST, cumpliendo con las normativas locales. Para FT y NT, se sugieren periodos más prolongados para alcanzar remociones superiores al 50%. Los sistemas más utilizados son los horizontales de flujo subsuperficial, con *Typha latifolia* siendo la vegetación predominante para este tipo de aguas residuales. La mayoría de los estudios se han realizado a escala laboratorio existiendo un vacío de conocimiento en estudios a gran escala, además los estudios deben continuarse al menos durante 3 años para verificar la sostenibilidad del sistema de tratamiento.

Impacto social de robots móviles con visión artificial en cacao de comunidades de Tabasco

Ernesto Alonso Ocaña-Valenzuela¹
Catalina del Socorro Vidal Cornelio¹
Madain Pérez Patricio²
Lorena Elizabeth Balandra Aguilar³
Juan Belisario Ibarra de la Garza⁴

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, México

²Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México

³Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Comitán, México

⁴Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Linares, México Correo electrónico: ernesto.ocana@comalcalco.tecnm.mx

Palabras clave: Impacto social, robot móvil, visión artificial, cacao, comunidades de Tabasco

La integración de la robótica móvil en la agricultura busca superar las limitaciones del trabajo manual mediante herramientas avanzadas. En particular, el monitoreo en plantaciones agrícolas proporciona una visión integral de las condiciones de cultivo, que puede abarcar desde las etapas de desarrollo y floración hasta la identificación de enfermedades. Este trabajo muestra el impacto social de la implementación de un robot móvil con visión artificial en las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) en el municipio de Comalcalco, Tabasco. Se realizó una encuesta entre los productores locales para evaluar su percepción sobre la incorporación de esta tecnología en sus terrenos. El robot está programado para ofrecer un monitoreo constante de las plantas, la clasificación según variedades que cuente en sus sembradíos y la detección de las plantas que presenten plagas. A través de esta tecnología, se pretende no solo mejorar la eficiencia del cultivo, sino también proporcionar herramientas innovadoras que puedan transformar la producción agrícola en la región.

Posteriormente a la encuesta, se llevó a cabo una prueba del prototipo del robot en las plantaciones para demostrar su funcionalidad y beneficios directos. El objetivo es que los productores puedan experimentar de primera mano cómo esta tecnología puede facilitar la gestión de sus cultivos, optimizar la producción y ofrecer alternativas para el desarrollo sustentable en sus comunidades. Este proyecto busca resaltar el potencial de la robótica móvil para impactar positivamente la agricultura local, promoviendo prácticas más eficientes y sostenibles en la producción de cacao.

Aprovechamiento sustentable del agua residual en el plantel García, Nuevo León, México

Jesús Alejandro Amador Ramírez

Colegio Militarizado “General Mariano Escobedo” División de Estudios Superiores.
Correo electrónico: des0002amador@gmail.com

Palabras clave: Reutilización, Ahorro, Agua, sustentabilidad

El Área Metropolitana de Monterrey fue la ciudad más afectada del norte del país durante el 2022 con todas sus presas vacías. Siendo la segunda área metropolitana más grande de México, las colonias más populares de la ciudad llegaron a periodos de hasta 50 días sin agua. El objetivo del proyecto es mitigar el consumo de agua reutilizando al agua de los lavamanos, redirigiéndolas a los tanques de descarga del mismo plantel. Nuestros resultados revelaron que un estudiante de preparatoria consume en promedio de 10 a 16 litros al día por uso de sanitarios. Durante un periodo de 6 meses, estimamos un consumo diario dentro del plantel de García, Nuevo León, de 15,000 litros al día solo en estas necesidades; contribuyendo a los pilares de la sustentabilidad, este proyecto está diseñado para captar el agua residual de los lavamanos de dos plantas del edificio con un grado de inclinación en las tuberías, así ahorrando el consumo de energía en bombas, posterior a ello pasa por un filtrado de sólidos mediante mallas de fibra de vidrio, continuando con un filtro que contiene hipoclorito de sodio para su desactivación bacteriológica, posterior a ello se almacena en un tanque de 1,100 litros, se direcciona al depósito de los sanitarios, esta

pasa por una bomba de presurización, con un único consumo de 0.83 kw/h. Con este sistema implementado en el Colegio Militarizado “General Mariano Escobedo” plantel García, Nuevo León, se ahorraron más de 1,800 litros de agua mensuales (Ahorro = Vol. De tanque de descarga * Cantidad de descargas) contribuyendo así a la sustentabilidad y medio ambiente. En conclusión, este proyecto genera un gran impacto en la sustentabilidad ya que se estima que se puede llegar a un ahorro anual de más de 26,000 litros solo en dicho plantel.

Creación de filamento ecológico

Miguel Ángel Gallegos de la Cruz¹
Ericka Maldonado Pesina¹
Aldo Yahir Rivera Iracheta¹
Erik Baldemar Lechuga Martínez¹
Ramón de Jesús Gallardo Ramírez¹

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares, Carretera Nacional Km. 157.
C.P.67700. Cd. Linares, N.L. mgallegos@itlinares.edu.mx

Palabras clave: Reciclaje, Plástico, PET, Ecológico

RESUMEN

En la actualidad los plásticos son materiales de consumo masivo con base en sus múltiples beneficios, pero al mismo tiempo se considera que su uso y consumo involucra un daño colateral al medio ambiente. Por lo que es necesario desarrollar metodologías practica con base en la aplicación del modelo economía circular, para el reciclaje eficaz de los plásticos, que, en el caso de nuestra propuesta, se orienta a la reutilización del mismo, especialmente el PET, para la fabricación de filamentos utilizables en impresoras 3D. Lo que impacta directamente en la disminución de la contaminación por plásticos, y que conlleva a mitigar la huella de carbono y apoya la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la ONU que incluye objetivos específicos para la producción y el consumo responsables (ODS 12), que buscan reducir significativamente la generación de residuos mediante la prevención, reducción, reciclaje y reutilización. El proceso de desarrollo e implementación de la propuesta, contemplo una metodología con base en lo siguiente: análisis técnico, tipo de recolección de PET, clasificaciones, medios de almacenamiento, técnicas de tratamiento para la extracción, lavado, secado, máquina

de extrusión por calor para PET, pruebas de extrusión y finalmente la obtención de un filamento para impresoras 3D. El proyecto fue sometido a una serie de pruebas exhaustivas en el laboratorio, logrando una eficacia optima en dimensiones de filamento, el cual fue extruido por medio de boquillas calentadas a una temperatura de 200°C, que permitió la creación filamento ecológico PET para impresoras 3D. La aplicación del proyecto demostró ampliamente con resultados, que se puede obtener un impacto ambiental positivo, si se llevan a cabo el proceso de reutilizar PET, y que contribuye grandemente a promover el uso sostenible de los recursos que se consideran ya obsoletos, para ser reutilizados con tecnología de última generación para la creación de nuevos productos.



**ARTÍCULOS EN
EXTENSO**

Calidad de agua en un sistema acuapónico de traspatio: prueba piloto

Pedro García-Hinostró¹

Francisco Javier Pintor-Serrano²

Emmanuel García-Hinostró²

Santos Arana-López²

María Monserrat Félix-Ayón²

¹Instituto Tecnológico de Guaymas. Avenida Tecnológico Km 4.0 sector Las Playitas, Guaymas, Sonora.

²Instituto Tecnológico de Guaymas. Avenida Tecnológico Km 4.0 sector Las Playitas, Guaymas, Sonora.
pedro.gh@guaymas.tecnm.mx

RESUMEN

La demanda alimentos y la presión sobre recursos naturales (tierra, agua y nutrientes) aumenta, es urgente encontrar métodos sustentables para satisfacer a la población. La acuaponía es una alternativa para producir alimentos, integra la acuicultura e hidroponía (pecesy plantas) reutilizando agua y nutrientes sin usar suelo; los productos de la acuaponía tienen gran valor comercial, nutrimental y son fuente de empleo, por lo que es una actividad sostenible. En el Instituto Tecnológico de Guaymas (ITG) se construyó un sistema acuapónico de traspatio de película nutritiva con el objetivo de evaluar la calidad del agua en la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y chile jalapeño (*Capsicum annum*). Para evaluar la calidad de agua se midió: oxígeno disuelto (OD), saturación de oxígeno (ODS), salinidad, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura con una sonda YSI-PRO2030; nitrógeno total amoniacal (NAT), nitrito y nitrato con kit de pruebas colorimétricas para agua dulce marca API, el pH se midió usando un potenciómetro Hanna HI98128. Los valores de calidad de agua se mantuvieron en los rangos aceptables para el cultivo de tilapia y chile jalapeño, promedios: OD 4.86 ppm, ODS 65%, TDS 698.40 ppm, salinidad 0.5 gr/l, temperatura

31 °C, NAT 0.4 ppm, nitrito 0.14 ppm, nitrato 6.84 ppm y pH 7.72. El consumo de agua fue de 2.94 m³; 1.64 m³ para recambios, pérdidas por evaporación y sifoneos y 1.3 m³ para el llenado inicial. Se concluyó que el sistema es capaz de mantener la calidad de agua para la producción de plantas y tilapia, las variables se mantuvieron dentro de valores aceptables.

ABSTRACT

The demand for food and the pressure on natural resources (land, water and nutrients) increases, it is urgent to find sustainable methods to sustain the growing population. Aquaponics is an alternative to produce food, it integrates aquaculture and hydroponics (fish and plants) reusing water and nutrients without using soil; Aquaponics products have great commercial and nutritional value and are a source of employment, making it a sustainable activity. A nutrient film backyard aquaponic system was built with the objective of evaluating water quality in the production of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and jalapeño pepper (*Capsicum annum*), the system consists of: 1m³ tank for fish, 167 organisms), a 200L capacity biofilter, a 200L solids decanter; hydroponic system: 5 PVC tubes of 3 m length and 6 in diameter

with 12 plant holes per tube. To evaluate water quality, dissolved oxygen (DO), oxygen saturation (ODS), salinity, total dissolved solids (TDS) and temperature were measured with a YSI-PRO2030 probe; total ammoniacal nitrogen (TAN), nitrite and nitrate with API brand freshwater colorimetric test kit, pH was measured using a Hanna HI98128 pH meter. The water quality values remained within the acceptable ranges for the cultivation of tilapia and jalapeño pepper, averages: OD 4.86 ppm, ODS 65%, TDS 698.40 ppm, salinity 0.5 gr/l, temperature 31 °C, TAN 0.4 ppm, nitrite 0.14 ppm, nitrate 6.84 ppm and pH 7.72. Water consumption was 2.94 m³; 1.64 m³ for spare parts, losses due to evaporation and siphoning and 1.3 m³ for the initial filling. It was concluded that the system is capable of maintaining water quality for the production of plants and tilapia, the variables remained within acceptable values.

INTRODUCCIÓN

La FAO en su informe de 2017 menciona que uno de los mayores desafíos en el mundo es garantizar la alimentación para 10 mil millones de personas en 2050 y estima que para satisfacer las necesidades nutricionales la producción de alimentos deberá incrementarse en un 50% a nivel mundial (FAO, 2017); además, existen condiciones como el cambio climático, la contaminación, la pérdida de biodiversidad, la pérdida de polinizadores y la degradación de las tierras cultivables que dificultan la producción de alimentos. Se requiere de avances tecnológicos, métodos más eficientes y sostenibles de producción y cadenas de suministro de alimentos más eficientes, ya que aproximadamente mil millones de personas padecen desnutrición crónica, mientras que los sistemas agrícolas

continúan degradando la tierra, el agua y la biodiversidad a un ritmo acelerado a escala global (Foley et al., 2011; Godfray et al., 2010).

Estudios muestran que las tendencias actuales en la mejora del rendimiento agrícola no serán suficientes para satisfacer la demanda mundial de alimentos proyectada para 2050 y sugieren que será necesaria una expansión de las áreas agrícolas (Bajželj et al., 2014), sin embargo, la degradación generalizada de la tierra junto con otros problemas ambientales parece hacer esto imposible. Actualmente, la tierra agrícola cubre más de un tercio de la superficie terrestre del mundo, pero menos de un tercio es cultivable (aproximadamente el 10%) (Banco Mundial, 2018).

Panorama en México

México enfrenta diversos problemas, de los principales la sequía en el 85% del país (NASA, 2021) y la producción de alimentos para satisfacer las necesidades de la población, principalmente de las personas pobres (41.9 % de pobreza, CONEVAL, 2018) que carecen de alimentos suficientes y sanos, además se menciona que el 22.5% de la población mexicana no tiene acceso a una alimentación nutritiva y de calidad (CONEVAL, 2021).

Los sistemas de producción agrícola consumen el 70% del agua disponible a nivel mundial (Banco Mundial, 2021), este impacto es mayor en zonas áridas como el norte del país que sufre una severa época seca y existen problemas entre los usuarios del agua por su escasez que amenaza cultivos y ganadería.

En este sentido, la acuaponía es una alternativa que puede apoyar a producir

proteína animal de calidad y proveer los vegetales necesarios para las familias que viven en zonas de pobreza y escasez de agua al minimizar el consumo de agua, tierra y espacio entre otras características positivas.

Definiendo acuaponia

La acuaponia es la integración de la acuicultura y la hidroponía, en estos sistemas se producen peces y plantas recirculando agua y nutrientes, son sistemas de recirculación acuícola que incorporan la producción de plantas sin suelo (Timmons, 2018). Existen diversos tipos de sistemas acuapónicos, pero el principio de todos ellos es el mismo, recircular el agua y aprovechar los desechos metabólicos de los peces como nutrientes de las plantas.

El concepto de sustentabilidad engloba tres grandes aspectos: ambiente, sociedad y desarrollo económico, la acuaponia los cumple ya que los productos que se cultivan en estos sistemas tiene gran valor comercial y nutricional, la acuaponia es una fuente de empleo y una tecnología amigable con el ambiente que aprovecha todos los recursos como el agua que se recircula, en sistemas tradicionales se requieren de 14.34 a 1119.7 m³ de agua para producir un kilo de tilapia, en acuaponia se consumen 0.15 m³ de agua para producir un kg de tilapia y 50 cabezas de lechuga (Rakocy, 2002).

La acuaponia maximiza la utilización de espacio, se pueden crear producciones de traspatio para el autoconsumo familiar, el alimento que se brinda a los peces se transforma en carne de pescado y los desechos como el amonio son insumos para el crecimiento de los vegetales, las descargas de aguas residuales a los cuerpos de agua son menores, lo que minimiza la contaminación de agua y suelo, además que al

producirse los alimento de forma local acorta la cadena de suministro disminuyendo así los costos de comercialización y la huella ecológica de la transportación.

El objetivo de este proyecto fue implementar un sistema acuapónico NFT (Nutrient Film Technique) en el Instituto Tecnológico de Guaymas para la producción de tilapia y chile jalapeño, para demostrar las bondades de estos sistemas y sean difundidos en la región y puedan implementarse como una alternativa a los sistemas tradicionales de agricultura que consumen la mayor cantidad de agua disponible.

ANTECEDENTES

El término acuaponia fue acuñado en la década de los 70, pero es practicada desde los Aztecas con las chinampas; también se conoce que en el sur de China y Tailandia desde hace miles de años existen sistemas de cultivo de arroz y peces (rizipiscicultura), sistemas que se extendieron por varios países de oriente. (FAO, 2001).

Lewis (1978), publicó los primeros ensayos modernos sobre acuaponia, donde demostraba que los desechos metabólicos que los peces generan pueden ser utilizados para el cultivo de plantas, en forma hidropónica.

El Dr. James Rakocy es considerado uno de los más importantes investigadores en esta área, en la Universidad de las Islas Vírgenes, desarrolló un sistema de cultivo acuapónico (UVI system) engordando tilapias y diversos vegetales en el sistema de raíz o cama flotantes (Deep water culture), siendo el primer sistema comercial que demostró su rentabilidad. Con dicho sistema fueron realizadas numerosas experiencias, obteniendo valiosos resultados para el desarrollo de esta actividad.

En los primeros ensayos de acuaponía, se utilizaron lechos de sustrato con arena (Lewis, 1978) o grava (Rakocy, 1999). Aunque estos sistemas siguen utilizándose actualmente, a escala familiar, a escala comercial se usan más los de raíz o cama flotante (Raft system), o los de película de nutrientes (NFT: Nutrient Film Technique).

Acuaponia en México

La acuaponia en México es incipiente, se tienen pocos registros de este tipo de sistemas, dentro de los cuales podemos mencionar los siguientes:

En la Universidad Autónoma de Guadalajara, desde 2001 se realizan ensayos con sistemas tilapia y langosta australiana en combinación con pepinos, lechugas y tomate (BOFISH, 2014).

En el 2004, la empresa Acuicultura del Desierto S. de P. R. de R. L. inició operaciones en Baja California, y produce tilapia y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en combinación con hortalizas orgánicas y especies aromáticas como albahaca (Falcón, 2010).

En el 2005 en el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, se desarrolló un sistema de producción acuapónico a pequeña escala para producir tilapia, tomate, pepino europeo, lechuga y forraje verde hidropónico (León-Ramos, 2009).

En el año 2006, la empresa BOFISH inicia actividades en Tlaquepaque, Jalisco, cultivando tilapia nilótica, lechuga y albahaca. Actualmente también cultivan fresa (*Fragaria* sp.), tomate cherry, betabel (*Beta vulgaris*), acelga (*Beta vulgaris* var. cicla), espinaca, brócoli (*Brassica oleracea italica*), pepino, calabaza (*Cucurbita* sp.), cebollín (*Allium schoenoprasum*), y

cilantro (*Coriandrum sativum*) en sustratos como: fibra de coco, musgo o turba, perlita y tezontle (Op. Cit.).

En 2008 Sánchez-Aldana López, realizó una investigación en el CICESE donde se cultivó fresa y tilapia en un sistema de recirculación, analizó el balance de masas de los principales nutrientes, La densidad inicial de peces fue de 31.9 kg/m³ y la final fue de 50.7 kg/m³, Se observaron deficiencias en el cultivo de F. ananassa y la adición de K, Ca y Fe fue necesaria.

En el Instituto Tecnológico de Boca del Río en 2012, se realizó un estudio de producción hidropónica y acuapónica de albahaca y langostinomalayo (*Macrobrachium rosenbergii*) (Ronzón-Ortega et al., 2012). En el Colegio de Postgraduados se tienen importantes aportes en la materia, ya que en el Campus Veracruz se cuenta con un módulo acuapónico donde se evalúan diversas especies aromáticas y hortícolas en paralelo a la producción de tilapias (Campos-Pulido et al., 2013).

En 2018, Magallón-Barajas evaluó la producción semi-intensiva de tilapia (*O. niloticus*) y lechuga acropolis (*Lactuca sativa*) en dos sistemas acuapónicos, uno con biofiltración y otro con recambio de agua. El tiempo de cultivo para la tilapia y lechuga fue de 160 y 30 días, respectivamente. Concluyó que el cultivo de *O. niloticus* y *L. sativa* en sistemas acuapónicos de biofiltración y/o riego directo, son una alternativa para la producción conjunta de estas especies, sin embargo, es necesario realizar control de la dinámica de nutrientes en el sistema para optimizar el aprovechamiento de la energía a través de todos sus componentes.

METODOLOGÍA

Sistema NFT

Se construyó un sistema de acuaponía NFT en el laboratorio multifuncional del Instituto Tecnológico de Guaymas, el sistema consiste en: tanque de 1m³ para peces con dos aireadores de acuario de 6w de potencia y 4 piedras difusoras, un biofiltro de 200L de capacidad, se llenó de manguera corrugada de ½ in que funcionó como medio para la fijación de bacterias nitrificantes, en este biofiltro también se colocó un aireador de 6w de potencia y dos piedras difusoras ya que las bacterias nitrificantes son aerobias y una bomba sumergible de 36w de potencia para la recirculación del agua, el sistema también cuenta con un decantador de sólidos de 200L y un sistema hidropónico que consiste en: 5 tubos de PVC de 3 m de longitud y 6 in de diámetro con 12 agujeros para plantas por tubo y un sistema de control de flujo con 5 llaves de ½ in.

Maduración del biofiltro

Ya instalado el sistema se requiere de la maduración del biofiltro, proceso que consiste en el establecimiento de una población de bacterias nitrificantes suficiente para procesar la carga de amoníaco y amonio que producirán las tilapias mediante el metabolismo de las proteínas del alimento y que se convertirán en nitritos y nitratos que servirán de nutrientes a las plantas de chile jalapeño; para la maduración (también conocida como ciclado) se añade una fuente de nitrógeno al tanque de los peces (regularmente alimento para peces) y se miden los valores de nitrógeno amoniacal total (NAT), nitratos y nitritos, este proceso dura alrededor de 30 días dependiendo de la temperatura del agua, se dice que un biofiltro está “maduro” cuando los niveles de NAT y nitritos descienden casi a cero y los nitratos se acumulan en el agua.

Siembra de tilapia

Se sembraron 167 tilapias (*Oreochromis niloticus*) de 0.25 gr de peso promedio el 10 de mayo del 2022. Las tilapias fueron donadas por el Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora (IAES) y traídas desde las instalaciones del Centro Acuícola del Estado de Sonora (CAES) ubicado en Obregón, Sonora; se trasladaron en bolsas con oxígeno y hielo hasta su llegada al laboratorio multifuncional del Instituto Tecnológico de Guaymas, donde después del proceso de aclimatación fueron sembradas en el tanque del sistema acuapónico.

Siembra de chile jalapeño

Se realizó la siembra de 50 plantas de chile Jalapeño en un semillero de corcho con tierra de jardín y humus de lombriz en una relación 70%-30%, respectivamente, el trasplante al sistema acuapónico se realizó a los 28 días después de la siembra, cuando las plantas tenían 8 cm de altura.

Mantenimiento del sistema

Se realizaron recambios mínimos de agua al sistema, mismos que consistieron en sifoneo de sólidos de desecho, remoción de peces y plantas muertas.

Alimentación de tilapias

Las tilapias se alimentaron 3 veces al día a las 08:00, 12:00 y 16:00 al 3% de la biomasa y de forma diaria con un alimento que contiene 35% de proteína con tamaño acorde a su estadio de madurez.

Medición de variables

Para evaluar la calidad de agua se midió: oxígeno disuelto (OD), saturación de oxígeno (ODS), salinidad, sólidos totales disueltos (TDS) y temperatura con una sonda YSI-PRO2030

diariamente; semanalmente se midió nitrógeno total amoniacal (NAT), nitrito y nitrato con kit de pruebas colorimétricas para agua dulce marca API, el pH se midió semanalmente usando un potenciómetro Hanna HI98128.

RESULTADOS

Calidad de agua

Oxígeno disuelto:

El oxígeno disuelto promedio fue de 4.8 ppm con un mínimo de 2 y un máximo de 9.5 ppm, en general los valores de oxígeno se mantuvieron en condiciones aceptables para la producción de tilapia disminuyendo este valor conforme la biomasa de peces, plantas y bacterias nitrificantes aumentaba y consumían más oxígeno, los picos más bajos de oxígeno disuelto se presentaron en episodios de cortes eléctricos por tormentas o fallas en el suministro de energía.

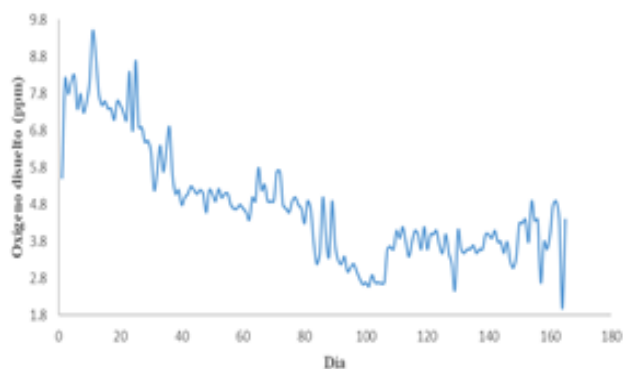


Figura 1. Variación del oxígeno disuelto durante el cultivo.

Sólidos totales disueltos

Los sólidos totales disueltos tuvieron un promedio de 664 ppm, con un mínimo y máximo de 482 y 916 ppm respectivamente, durante el periodo de prueba estos fueron aumentando conforme al aumento de alimento para tilapia y disminuía debido a los sifoneos de mantenimiento y a la

mejora de la filtración mecánica cuando se realizaba la limpieza de filtros, los valores de sólidos, aunque altos, no causaron problemas en el cultivo pero se sugiere que sean lo más bajos posibles para evitar el consumo de oxígeno por parte de los mismos, es el factor clave a controlar en un sistema de recirculación acuícola.

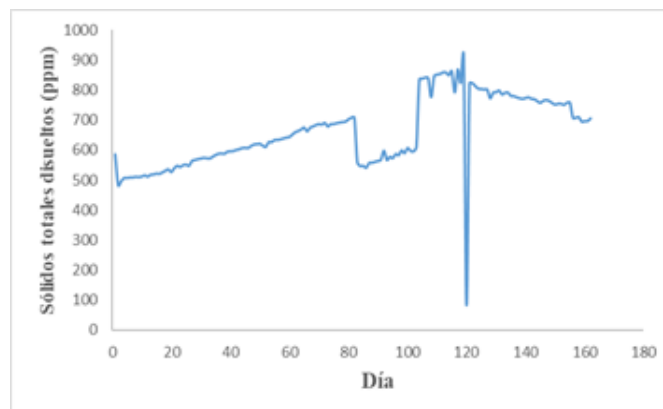


Figura 2. Comportamiento de los sólidos totales disueltos.

Temperatura

La temperatura promedio fue de 29.9 °C con mínimos y máximos de 22.3 y 34.4 °C respectivamente, la temperatura más baja se presentó al inicio del establecimiento del sistema en el mes de febrero cuando aún no se contaba con tilapia ni chile jalapeño ya que estas temperaturas no son adecuadas para la producción de los mismos, las temperaturas cálidas se presentaron en julio/agosto, que corresponde al verano en Sonora, en general la temperatura se mantuvo en los rangos adecuados para cultivo de tilapia y chile dado que el sistema se encontraba bajo techo y lo protegía de temperaturas extremas.

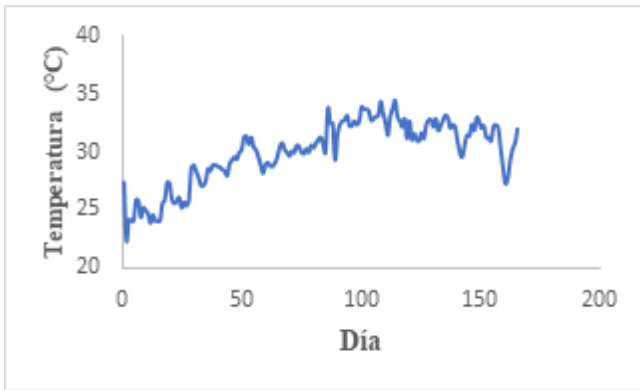


Figura 3. Variación de la temperatura durante el experimento.

pH

El promedio de pH fue de 7,7, con mínimo y máximo de 7.1 y 8.4 respectivamente, que es un pH aceptable para el cultivo de tilapia, en cuanto al cultivo de chile, la literatura menciona que prefieren suelos ligeramente ácidos entre 5 y 7 de pH, aunque el pH de 8.4 se presentó al inicio de instalación del sistema, en el periodo de maduración del biofiltro, probablemente por la alta alcalinidad del agua municipal usada, con el paso del tiempo el pH del sistema fue bajando por la acidificación que provoca la nitrificación y el consumo de alcalinidad de los peces y plantas cultivadas.

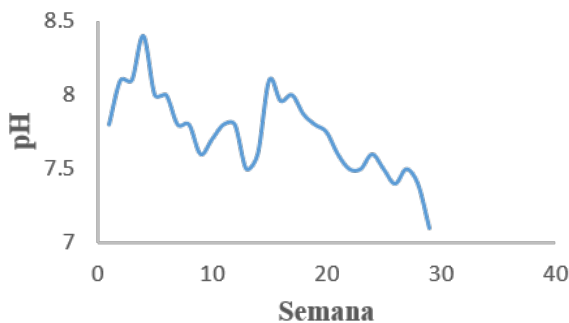


Figura 4. Variación del pH durante el cultivo.

Nitrógeno Amoniacal Total (NAT)

El promedio de nitrógeno amoniacal total fue de 0.7 ppm, con mínimo y máximo de 0 y 4 ppm

respectivamente, los valores se mantuvieron muy bajos y fueron excelentes para la producción de tilapia, el biofiltro funcionó de manera correcta convirtiendo el amonio/amoniaco a nitratos y nitritos, además que, las plantas de chile absorbieron también estas sales de amonio como nutrientes para crecer y mantener bajos los niveles de amonio, se presentó un pico de 4 ppm de amonio al inicio de la maduración del biofiltro que es cuando se necesita una concentración alta de amonio para el establecimiento de una colonia de bacterias nitrificantes.

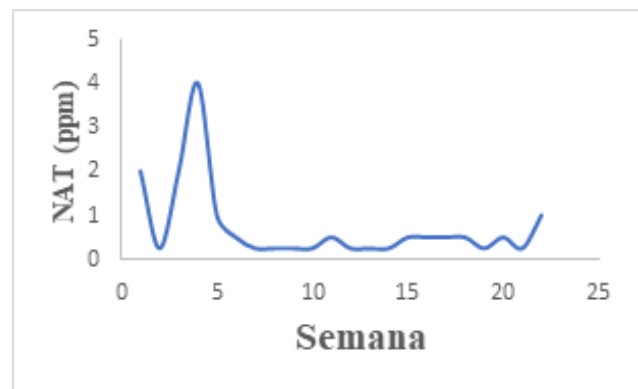


Figura 5. Variación del nitrógeno total amoniacal durante el cultivo.

Nitrito

El valor promedio de nitrito fue de 0.3 ppm con mínimo y máximo de 0 y 2 ppm respectivamente, durante todo el experimento los valores de nitrito estuvieron muy bajos y seguros para la tilapia, solo al inicio de la maduración del biofiltro se presentaron altos, llegando a 2 ppm, la acción del biofiltro y las plantas de chile jalapeño fue excelente y redujo notablemente y casi a cero la necesidad de recambios de agua para bajar la toxicidad del nitrito.

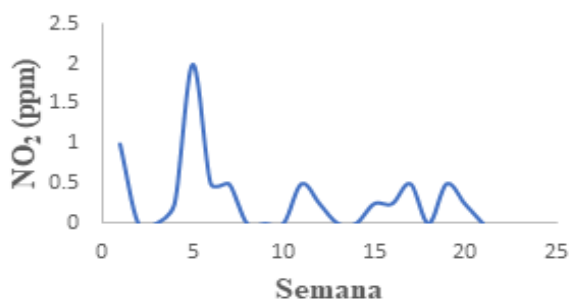


Figura 6. Comportamiento de los nitritos durante el cultivo.

Nitratos

Los nitratos son el producto final de la nitrificación y solo se pueden eliminar de un sistema de recirculación por medios de recambios de agua, ya que estos se acumulan y nadie los consume, una de las bondades de la acuaponía es que las plantas, en este caso el chile jalapeño los utilizan como fuente de nitrógeno para crecer y los mantiene en niveles muy bajos; el promedio fue de 32 ppm, con un pico máximo de 160 ppm en el periodo de maduración del biofiltro, cuando se colocaron las plántulas en el sistema, los nitratos se controlaron considerablemente sin presentarse ningún otro pico.

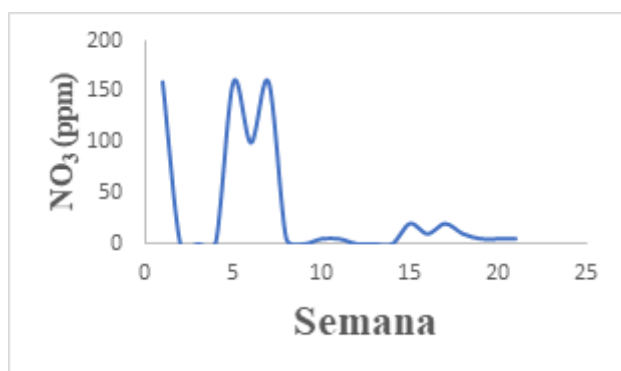


Figura 7. Comportamiento de los nitratos durante el cultivo.

CONCLUSIONES

- Las variables estudiadas se mantuvieron en los rangos aceptables para la producción de tilapia y chile jalapeño.
- El amonio, nitratos y nitritos fueron controlados efectivamente por el biofiltro y las plantas de chile.
- El consumo de agua fue mínimo debido a que no se necesitaron grandes recambios de agua dado a los bajos niveles de los metabolitos nitrogenados.
- Es factible el operar un sistema acuapónico de traspatio para autoconsumo, de bajo costo de instalación y operación.

REFERENCIAS

- Bajželj B, Richards KS, Allwood JM, Smith P, Dennis JS, Curmi E, Gilligan CA (2014) Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nat Clim Chang* 4:924–929. <https://doi.org/10.1038/nclimate2353>.
- Banco Mundial (2021). Riego resiliente frente al clima. <https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-resilient-irrigation>
- BOFISH 2014. BOFISH. [En línea] Disponible en: http://www.acuaponia.com/?page_id=1057.
- Campos-Pulido R., Alonso-López A., Avalos-de la Cruz D. A., Asiain-Hoyos A., Retamendiola J. L. 2013. Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 939-950.
- Comisión Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (10 de octubre del 2024). Medición de la pobreza. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx>
- Coneval (2021). Medición de la pobreza. Pobreza en México. Resultados de pobreza en México 2020 a nivel nacional y por entidades federativas. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx>

- coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2020.aspx
- Falcón E. 2010. Más vida en el desierto. Revista Dia Siete. Número 11 Abril de 2010, 502: 40-47.
- FAO (2001) Integrated agriculture-aquaculture: a primer 407. ISBN 9251045992 York.
- FAO (2017) 2017 the state of food and agriculture leveraging food systems for inclusive rural transformation. FAO, Rome.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockström J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks DPM (2011) Solutions for a cultivated planet. Nature 478:337–342.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C (2010) Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science 327:812–818.
- León-Ramos, F. La acuaponia crece en México. Panorama Acuícola Magazine. Número 14, (4). 2009.
- Lewis, W. M.; Yopp, J. H.; Schramm, H. L.; Brandenburg, A. M., 1978. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. Transactions of the American Fisheries Society. 107:92–99.
- Magallón-Barajas, F. (2018). Análisis técnico de la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) Y LECHUGA (*Lactuca sativa*) en dos sistemas de acuaponía. Agro Productividad, 8(3). Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/655>
- National Aeronautics And Space Administration. (10 de octubre del 2024) 2021. Sequía generalizada en México. <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/sequia-generalizada-en-mexico/>
- Rakocy, J. E., 1999. The status of aquaponics Part 1. Aquaculture Magazine. Julio-Agosto. Pp 83 – 88. USA.
- Rakocy, J. E., 1999. The status of aquaponics Part 1. Aquaculture Magazine. Julio-Agosto. Pp 83 – 88. USA.
- Rakocy, J.E. 2002. Aquaponics: vegetable hydroponics in recirculating systems. p 631- 672. In: M.B. Timmons, J.M. Ebeling, F.W. Wheaton, S.T. Summerfelt and B.J. Vinci, Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Ed. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, New
- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M. P., & Pérez-Rostro, C. I. (2012). PRODUCCION HIDROPÓNICA Y ACUAPÓNICA DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum*) Y LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*). Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15(2), S63-S71.
- Sánchez-López, J.A. 2008. Caracterización del flujo de masa de un sistema cerrado, para el, tesis de maestría CICESE.
- Timmons, M.B., Guerdat, T., Vinci, B.J. 2018. Recirculating Aquaculture (4th edition). Ithaca: Ithaca Publishing Company. 775 p.
- World Bank (2018) Agricultural land (% of land area) [WWW Document]. URL <https://data.worldbank.org/indicator/ag.lnd.agri.zs>. Visto el 20 de agosto del 2024.

Diseño y elaboración de un sistema de control y automatización de la iluminación y de los sistemas de aire acondicionado para una institución educativa

César Martínez Tovar¹

Ericka Maldonado Pesina¹

Edgar Adrián Alameda de Alva¹

Samuel Cepeda del Carmen¹

Cesar Martínez Maldonado¹

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Linares, Carretera Nacional Km. 157.
C.P.67700. Cd. Linares, N.L.
cmartinez@linares.tecnm.mx

RESUMEN

Actualmente existe un aumento constante del consumo de energía, la modernización de los procesos industriales y el crecimiento en la tasa de población son las principales causas de este fenómeno. Ante esta realidad, el uso eficiente de la energía eléctrica se convierte hoy en día en una prioridad con el fin de preservar los recursos energéticos y establecer cambios oportunos orientados al desarrollo sostenible del medio ambiente.

El sector educativo se constituye hoy en día, en un potencial consumidor de energía eléctrica, sin embargo, muchas de sus instalaciones no cuentan con un control y uso adecuado de energía. Muestra de ello son los sistemas de iluminación y el control del aire acondicionado dentro de las instalaciones educativas, ya que se han identificado numerosas deficiencias en torno a su uso mediante la realización de auditorías energéticas en su interior, en donde los resultados indicaron un gran consumo energético al mantener encendida la luminaria y el aire acondicionado durante periodos no productivos, lo cual conlleva a incrementar el impacto económico para la institución y ambiental para el planeta.

Por lo que en el presente proyecto se propone

el diseño de un sistema de control para la automatización de la iluminación y de los sistemas de aire acondicionado para una institución educativa, que permita optimizar el uso de energía eléctrica evitando el uso de estos equipos durante periodos no productivos. Es decir, se desarrollará un sistema de automatización de iluminación y aire acondicionado asegurando una correcta gestión energética de la energía eléctrica en cualquier organización.

ABSTRACT

Currently there is a constant increase in energy consumption, the modernization of industrial processes and the growth of the population rate are the main causes of this phenomenon. Given this reality, the efficient use of electrical energy is today a priority to preserve energy resources and establish timely changes aimed at sustainable development of the environment.

The education sector is today a potential consumer of electrical energy, however, many of its facilities do not have adequate control and use of energy. An example of this are the lighting and air conditioning control systems within the educational facilities, since numerous deficiencies have been identified

in terms of their use when conducting energy audits inside, where the results indicated a large energy consumption by keeping on the lighting and air conditioning during non-productive periods, which leads to increase the economic impact for the institution and the environmental impact for the planet.

Therefore, this project proposes the design of a control system for the automation of lighting and air conditioning systems for an educational institution, in order to optimize the use of electrical energy by avoiding the use of this equipment during non-productive periods. In other words, an automation system will be developed.

INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía es concepto de gran impacto en el presente, y se refiere a la práctica de reducir el consumo de energía para disminuir los costos económicos y ambientales asociados, promoviendo al mismo tiempo la eficiencia energética. Esto implica utilizar menos energía para realizar las mismas tareas, o realizar tareas utilizando tecnologías que consuman menos energía {13}, por lo que es imprescindible para las organizaciones de cualquier tipo que pretendan afrontar las necesidades actuales de competitividad con base en el cuidado del medio ambiente.

Por lo que los controles automatizados, son una excelente opción para lograr un ahorro de energía significativo, principalmente si se refiere al consumo eléctrico; los sistemas de control son una configuración de dispositivos y componentes diseñados para gestionar, comandar, dirigir o regular el comportamiento de otros dispositivos o sistemas {6}. Estos sistemas utilizan sensores para obtener datos del entorno, controladores para procesar estos

datos y tomar decisiones, y actuadores para ejecutar las acciones necesarias basadas en las decisiones del controlador. Los sistemas de control se emplean en una amplia variedad de aplicaciones por su eficiencia al tener retroalimentación de su funcionamiento en tiempo real {17}.

Una parte también importante de los sistemas de control son los diferentes elementos electrónicos y periféricos, que se complementan entre sí, es decir, los sensores y actuadores.

Un sensor es un dispositivo que detecta y mide información del entorno y traduce esa información en señales que pueden ser interpretadas por otros dispositivos o sistemas. Los sensores pueden medir diversas variables físicas, como temperatura, presión, humedad, luz, movimiento, entre otros, y son fundamentales en la automatización y el control de sistemas en diversas industrias {1}.

Por su parte, el actuador es un dispositivo que convierte una señal de control, generalmente de naturaleza eléctrica, en una acción mecánica, como movimiento, fuerza, o posición. Los actuadores son componentes esenciales en sistemas de automatización y control, ya que permiten la interacción con el entorno físico mediante la ejecución de tareas como abrir o cerrar válvulas, mover componentes de máquinas, o ajustar posiciones {10}.

Además, otro elemento indispensable en los sistemas automatizados, es el transductor, el cual es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra {9}. En el contexto de medición y control, los transductores son dispositivos que convierten una señal física, como temperatura, presión o luz, en una señal eléctrica que puede ser medida y procesada. Los transductores son fundamentales en

sistemas de medición y automatización porque permiten la interfaz entre el mundo físico y los sistemas electrónicos {3}.

Otro punto importante que se debe tomar en cuenta para el control mediante automatización, es el tipo de programación, el cual debe ser de fácil comprensión e implementación, con el fin de que el proyecto sea totalmente optimizable a futuro, por ello se seleccionó una programación C++, compatible con nuestra tarjeta de control apoyada en Arduino, lo que permite que sea flexible en cuanto a diseño y desarrollo {19}.

METODOLOGÍA

El desarrollo para la creación del sistema de control, implica varios pasos, incluyendo la selección de componentes, la programación de un microcontrolador, y la conexión física.

Se utilizó la metodología de diseño lineal, la cual contempla lo siguiente: identificación de problema, ideas preliminares, refinamiento de diseño, análisis, optimización y documentación.

A continuación, se establecen los elementos necesarios para llevar a cabo el sistema, utilizando un ventilador en representación de un aire acondicionado, esto para su comprensión en el modelo, ya que se pretende la implementación física de un prototipo didáctico además de la instalación en el aula de la institución

Componentes necesarios:

- Tarjeta de control
- Sensor de movimiento PIR
- Sensor de temperatura DHT11
- Relevadores
- Lámpara
- Ventilador
- Fuente de alimentación

ANTECEDENTES

La automatización y todos los componentes que la engloban, se puede considerar esencial para lograr una eficiencia energética con bases sólidas, y con las cuales se puede apoyar de forma coherente el compromiso que existe a nivel mundial con la sostenibilidad plasmado en la agenda 2030 de la ONU {18}.

Ya que, la Organización de Naciones Unidas (ONU) plasma en sus objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), acceso a la energía segura y continua que ayude a cubrir la demanda de energía, por lo que es fundamental hacerla llegar a toda la población para mejorar a escala global el acceso a sistemas de cocción, calefacción, iluminación de escuelas y hospitales, comunicación y acceso a internet, máquinas y herramientas de trabajo, cuestiones que repercuten directamente sobre el desarrollo. Otro beneficio es el ahorro de energía, con el sistema se reduce el consumo de energía eléctrica innecesario, por ello colabora en la reducción de los costos de electricidad para los usuarios.

De la misma forma, comparado informaciones existentes de este modelo de automatización, con otros existentes, es preciso recomendar, lo siguiente: conocer perfectamente todo el funcionamiento del sistema a controlar, identificar correctamente las variables primarias de control y necesidades del entorno {4}, con el fin de evitar errores de manipulación de elementos y limitar posibles perturbaciones al reproducir el sistema para otra instalación.

DESARROLLO

Enseguida se describe el proceso de creación del sistema de control.

Primeramente, se configura el entorno de desarrollo el cual consiste en instalar el IDE (este código se carga al microcontrolador Atmega 328P que se usa en la tarjeta de control fabricada

por nosotros). Seguido de esto se realizan las conexiones del sensor PIR (encargado de detectar movimientos dentro del área designada), así como también el sensor DHT11 (encargado de realizar mediciones de temperatura en el área designada), los cuales necesitan una alimentación de voltaje y de ellos se obtienen señales que utiliza el microcontrolador para realizar el control de las variables que utilizan los actuadores.

Al mismo tiempo se utiliza la conexión de un relevador (encargado de encender o apagar la iluminación y ventilador) el cual tiene la función de ser un interruptor de corriente, ya que se trabaja con distintos valores de voltaje, 5v para el microcontrolador y 110v para los demás componentes.

Por último, se realizan las pruebas correspondientes para verificar el buen funcionamiento de los componentes y el ajuste de los sensores para llegar a tener el resultado esperado con este prototipo el cual es crear el sistema de control de la iluminación y la climatización de un área específica.

RESULTADOS

El proyecto fue instalado dentro de un aula en el Instituto Tecnológico de Linares y se demostró que es eficaz en la reducción del consumo de energía al apagar automáticamente luminarias y aires acondicionados cuando no están en uso, y esto a su vez conlleva a un ahorro significativo en costos de electricidad y una contribución positiva al medio ambiente.

Además, se logró mejorar la comodidad y la conveniencia al automatizar estos procesos. Sin embargo, se plantea seguir monitoreando y ajustando el sistema para optimizar su rendimiento con las recomendaciones de parte de los usuarios.

Este tipo de proyectos son una inversión estratégica que promueve la eficiencia operativa

de los equipos de iluminación y climatización, al mismo tiempo que la sostenibilidad ambiental y el bienestar de sus ocupantes.



Figura 1. Instalación de sensor de presencia

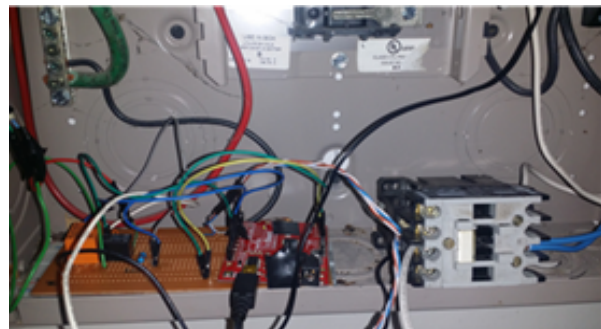


Figura 2. Instalación de sensor del sistema de control



Figura 3. Instalación de señal de encendido/apagado de aire acondicionado

CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de control y automatización de la iluminación y de los sistemas de aire acondicionado en una institución educativa ofrece múltiples beneficios que abarcan la eficiencia energética, la reducción de costos operativos, y la mejora del confort ambiental para estudiantes y personal.

Este proyecto demuestra cómo la integración de tecnologías de sensores y actuadores, junto con un diseño estratégico y una programación adecuada, se logra optimizar el uso de recursos y mejorar la sostenibilidad.

Al automatizar la iluminación con sensores de movimiento (PIR) y controlar los sistemas de climatización de acuerdo a variables detectadas por sensores de temperatura (DHT11), se garantiza que estos sistemas operen solo cuando sea necesario.

Esto no solo reduce el consumo de energía, sino que también prolonga la vida útil de los equipos y a su vez disminuye los tiempos y costos de mantenimiento de los equipos.

Además, un entorno controlado y optimizado contribuye a un ambiente de aprendizaje más cómodo y productivo, lo cual es esencial para el bienestar y el rendimiento académico de los estudiantes. La capacidad de monitorear y ajustar los sistemas en tiempo real permite una respuesta rápida a las necesidades cambiantes, mejorando la adaptabilidad del edificio a diferentes condiciones y usos.

REFERENCIAS

{1} Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, 38(4)

{2} Añaguaya Poma, J. L. Diseño de un sistema de automatización para el control eficiente de la iluminación, temperatura ambiente

y riego con PLC para la Carrera de Física (Campus Universitario Cota-Cota UMSA) (Doctoral dissertation).

- {3} Balcells, J., Romeral, J. L., & Martínez, J. L. R. (1997). *Autómatas programables* (Vol. 1089). Marcombo.
- {4} Córdor Chuqui, D. A. (2019). *Automatización de un sistema de refrigeración industrial mediante un PLC, interface HMI y control remoto desde dispositivos móviles* (Bachelor's thesis, Quito).
- {5} Doebelin, E. O., & Manik, D. N. (2011). *Measurement Systems: Application and Design*. Reino Unido: McGraw-Hill Education.
- {6} Dorf, R. C. & Bishop, R. H. (2011). *Modern Control Systems*. Reino Unido: Pearson Prentice Hall.
- {7} González, J. A. (2021). *Creación de librería en C/C++ para el control de prótesis de miembro superior basada en actuadores DC destinada a la fundación materialización 3d*.
- {8} Martinez, D. M., Martinez, D., Ebenhack, B. W. & Wagner, T. (2019). *Energy Efficiency: Concepts and Calculations*. Países Bajos: Elsevier Science.
- {9} Mateos, I. (2023). *Desarrollo de una plataforma de pruebas para la caracterización de un transductor piezoeléctrico* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- {10} Nise, N. S. (2020). *Control Systems Engineering*. Reino Unido: Wiley.
- {11} Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna* (4ª ed.). España: Pearson Educación.
- {12} Palacios, E., Ramiro, F. & López, L.J. (2015). *Microcontrolador PIC16F84* (3ª ed.) México: Alfaomega.
- {13} Pasquevich, D. M. (2016). *Los beneficios del uso racional y eficiente de la energía*.

Hacia el uso racional y eficiente de la energía, 25.

- {14} Price, J.H. & Murnan, J. (2004). Research Limitations and the Necessity of Reporting Them. American Journal of Health Education, 35, 66-67.
- {15} Reyes, F. & Cid, J. (2015). Arduino. Aplicaciones en robótica, mecatrónica e ingeniería (1ª ed.). México: Alfaomega.
- {16} Roldán Vilorio, J. (2004). Automatismos y cuadros eléctricos. Ediciones Paraninfo, S.A.
- {17} Ruiz, J. D. (2019). Sistema de control y monitoreo de consumo energético para equipos de climatización orientado a internet de las cosas (IOT).
- {18} United Nation (2023). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Italia: UN
- {19} Valdés, F.E. & Pallás R. (2016). Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones con PIC (22ª ed.). México: Alfaomega.

Distribución y evaluación geoespacial de la fertilidad del suelo en cinco municipios de la Huasteca Norte

Eduardo González Santiago¹

Habacuc Lorenzo Márquez²

Dulce Carolina Acosta Pintor^{*3}

Cuitláhuac Mojica Mesinas⁴

Cynthia Wong Arguelles⁵

^{1,2,3,4,5} Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
correo electrónico correspondencia: dulce.acosta@tecvallés.mx*

RESUMEN

La fertilidad del suelo en la región Huasteca Norte de San Luis Potosí, México, fue evaluada mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado en Python, con el objetivo de analizar propiedades clave del suelo y proponer estrategias para un manejo agrícola sostenible. El estudio incluyó datos geoespaciales recolectados en 13 sitios de muestreo en cinco municipios, utilizando metodologías estándar para medir porcentaje de materia orgánica (%MO), pH y macronutrientes (N, P, K). Los análisis estadísticos, como el ANOVA, identificaron diferencias significativas entre los sitios, validadas mediante pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza. Los datos fueron procesados mediante interpolación Kriging para generar mapas que representaron la distribución espacial de las propiedades del suelo, integrados en un SIG interactivo. Los resultados destacaron que Tamuín presentó el mayor contenido de materia orgánica (10.50%) y San Vicente el más bajo (3.14%). En cuanto al pH, San Vicente registró el valor más alto (7.99%) y Tanquián el más bajo (7.17%). Además, se identificaron niveles subóptimos de NPK en la mayoría de los sitios. Los mapas geoespaciales revelaron deficiencias de nitrógeno en el norte de Ciudad Valles y Tamuín, una distribución uniforme pero

marginal de fósforo en El Naranjo y alta variabilidad de potasio en San Vicente y Tanquián. Este SIG interactivo facilita la visualización de patrones edáficos y prioriza intervenciones agrícolas, optimizando la fertilización y promoviendo prácticas sostenibles. Este enfoque innovador ofrece una herramienta valiosa para investigadores, agricultores y responsables políticos, contribuyendo a mejorar la productividad y la sostenibilidad en la región.

ABSTRACT

Soil fertility in the Huasteca Norte region of San Luis Potosí, Mexico, was evaluated using a Geographic Information System (GIS) developed in Python, aimed at analyzing key soil properties and proposing strategies for sustainable agricultural management. The study included geospatial data collected from 13 sampling sites across five municipalities, using standard methodologies to measure organic matter percentage (%OM), pH, and macronutrients (N, P, K). Statistical analyses, such as ANOVA, identified significant differences among sites, validated through normality and variance homogeneity tests. The data were processed using Kriging interpolation to generate maps representing the spatial distribution of soil properties, which were integrated into an interactive GIS.

The results showed that Tamuín had the highest organic matter content (10.50%) while San Vicente had the lowest (3.14%). Regarding pH, San Vicente recorded the highest value (7.99%) and Tanquián the lowest (7.17%). Suboptimal levels of NPK were identified in most sites. Geospatial maps revealed nitrogen deficiencies in northern Ciudad Valles and Tamuín, a relatively uniform but marginal phosphorus distribution in El Naranjo, and high potassium variability in San Vicente and Tanquián. This interactive GIS facilitates the visualization of edaphic patterns and prioritizes agricultural interventions, optimizing fertilization practices and promoting sustainability. This innovative approach provides a valuable tool for researchers, farmers, and policymakers, contributing to improved productivity and sustainability in the region.

INTRODUCCIÓN

En el corazón de la Región Huasteca Norte de México, la producción de caña de azúcar es mucho más que una actividad económica: es una narrativa profundamente entrelazada con el suelo, el clima y el esfuerzo humano. Sin embargo, esta actividad histórica enfrenta hoy desafíos que reflejan un mundo en transformación. El cambio climático, con su capacidad para alterar patrones de temperatura, precipitación y provocar fenómenos extremos como sequías, afecta no solo la producción agrícola, sino también la vitalidad del suelo. Esa delgada capa de materia viva, que contiene la promesa de cada cosecha, sufre un deterioro acelerado: pérdida de nutrientes esenciales, erosión y una disminución en su capacidad para retener agua, comprometiendo el futuro de la agricultura {1}{2}{3}.

Frente a esta realidad, el proyecto que aquí se presenta constituye una solución concreta y transformadora. A través de un Sistema de

Información Geográfica (SIG) desarrollado en Python, se emprendió la tarea de evaluar la fertilidad del suelo en cultivos de caña de azúcar en cinco municipios de la Huasteca Norte, San Luis Potosí. Utilizando herramientas de análisis avanzadas como Pandas, Geopandas, Matplotlib, Seaborn y Folium, se procesaron datos de 13 sitios estratégicamente seleccionados. Las propiedades del suelo—materia orgánica (%MO), pH, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)—fueron objeto de estudio. Los resultados son claros: Tamuín, con un 10.50% de materia orgánica, se erige como un modelo de fertilidad, mientras que San Vicente, con apenas un 3.14%, enfrenta un panorama que exige atención prioritaria. El pH reveló su diversidad: San Vicente alcanzó un 7.99, mientras Tanquián presentó el nivel más bajo, con 7.17. No obstante, en todos los municipios, los niveles subóptimos de NPK confirman la urgencia de fortalecer la gestión sostenible de los nutrientes del suelo.

Para hacer visible lo que antes era intangible, se aplicó la técnica de interpolación Kriging, un método estadístico que, con precisión y rigor, transforma puntos de datos dispersos en superficies continuas. Este procedimiento es una forma de interpretar el paisaje invisible del suelo, permitiendo entender cómo se distribuyen propiedades esenciales como la materia orgánica, el pH y los nutrientes clave. El éxito del modelado Kriging radica en su capacidad para aprovechar la información limitada y ampliarla mediante un promedio ponderado de los datos conocidos minimizando el error de predicción al incorporar la variabilidad espacial del fenómeno estudiado.

A través de esta técnica, se generaron mapas continuos que representan la distribución espacial de propiedades clave del suelo, como

la materia orgánica, el pH y los nutrientes esenciales (NPK). Estas superficies no son simplemente representaciones gráficas: integradas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) interactivo, constituyen una herramienta estratégica que permite visualizar, analizar y planificar de manera informada.

Al poner esta información al alcance de agricultores, investigadores y responsables de políticas públicas, se facilita una gestión más eficiente de los recursos del suelo, basada en datos concretos y análisis científicos. Este enfoque no solo eleva la precisión de las intervenciones agrícolas, sino que también contribuye a la construcción de un modelo de desarrollo sostenible, adaptado a las particularidades del entorno geográfico y a los desafíos climáticos que enfrenta la región.

METODOLOGÍA

Área de estudio y selección de sitios de muestreo

El estudio se llevó a cabo en la Huasteca Norte, San Luis Potosí, abarcando cinco municipios representativos de la región: Tamuín, Tanquián, San Vicente, Ébano y Ciudad Valles. Se seleccionaron 13 sitios de muestreo con base en criterios como la heterogeneidad edáfica, las prácticas agrícolas predominantes y la accesibilidad. Las muestras de suelo se recolectaron a una profundidad de 0-0.30 m, siguiendo las directrices de la Norma ISO 10381-1 {4} para garantizar la calidad y representatividad del muestreo.

Las muestras fueron homogeneizadas en campo y transportadas bajo condiciones controladas al Laboratorio de Investigación y Monitoreo Ambiental (LIMA) del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles para su análisis

detallado.

Análisis de materia orgánica y pH

La materia orgánica fue cuantificada mediante el método de calcinación a 450°C, durante 6 horas. Este método mide la pérdida de peso de las muestras tras la combustión de la fracción orgánica, proporcionando un indicador fiable de la calidad del suelo y su capacidad para retener nutrientes y agua {5}. El pH del suelo se determinó mediante una suspensión suelo-agua en una proporción 1:2.5 {6}. Las mediciones se realizaron con un potenciómetro Hanna HI6221-01 calibrado, permitiendo identificar la acidez o alcalinidad predominante en los suelos muestreados.

Análisis de macronutrientes

Para la determinación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), se utilizó el kit NPK HI3896 de HANNA Instruments. Este método se basa en reacciones químicas específicas que producen cambios de color en presencia de cada nutriente, los cuales se interpretaron cuantitativamente siguiendo las instrucciones del fabricante {7}. Esta técnica permitió obtener mediciones simultáneas y precisas de los macronutrientes esenciales.

Análisis estadístico de datos

El análisis estadístico no solo busca identificar diferencias entre los sitios de muestreo, sino también garantizar que estas diferencias sean estadísticamente significativas y no producto del azar. Esto es fundamental para inferir patrones confiables en las propiedades del suelo de la región. Por ello, se emplearon métodos estadísticos rigurosos que evaluaron tanto las variaciones entre las propiedades del suelo (materia orgánica, pH y NPK) como la estructura de los datos en términos de normalidad y homogeneidad.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las propiedades del suelo entre los diferentes sitios de muestreo. Este método permite evaluar si las medias de las variables estudiadas (como %MO, pH, N, P y K) difieren significativamente entre los sitios seleccionados. Por ejemplo, se analizó si ciertos municipios presentan consistentemente mayores niveles de materia orgánica o deficiencias marcadas en NPK en comparación con otros. El ANOVA proporciona una base estadística sólida para determinar estas diferencias, generando valores de significancia (p-valor) que indican si los resultados observados pueden atribuirse a factores reales más allá del azar.

Para garantizar la validez del análisis de varianza (ANOVA), se realizaron pruebas estadísticas adicionales que evaluaron los supuestos fundamentales del modelo. La prueba de normalidad Shapiro-Wilk, con un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se empleó para determinar si las variables seguían una distribución normal, asegurando que las conclusiones fueran estadísticamente confiables {8}. De manera complementaria, la prueba de homogeneidad de varianza de Levene, también con un $\alpha = 0.05$, verificó que la dispersión de los datos entre los sitios de muestreo fuera consistente {9}, minimizando la posibilidad de sesgos debido a varianzas desiguales entre los grupos.

Además de identificar diferencias significativas entre los sitios de muestreo, este análisis permitió explorar las interacciones entre las propiedades del suelo, como la relación entre la materia orgánica (%MO), el pH y los niveles de macronutrientes (NPK).

Generación de mapas geoespaciales

La interpolación Kriging, implementada con

bibliotecas especializadas de Python como PyKrige y Geostatistics, es un método que combina principios estadísticos rigurosos con una visión holística del entorno natural. Basado en la teoría de variables regionalizadas, Kriging no solo estima valores en ubicaciones no muestreadas, sino que lo hace integrando información sobre la estructura espacial del fenómeno. Este método emplea una función de covarianza o semivariograma que cuantifica la relación entre los valores observados en diferentes puntos, ponderando de manera probabilística las estimaciones en función de las distancias y correlaciones {10}.

Elegir Kriging en este estudio responde a su capacidad de capturar con alta precisión la variabilidad espacial del suelo, una característica crítica en ecosistemas edáficos complejos como los de la Huasteca Norte. Al generar mapas continuos que representan la distribución de materia orgánica, pH y macronutrientes (NPK), Kriging crea un modelo probabilístico robusto que permite evaluar la incertidumbre asociada a las predicciones.

RESULTADOS

Materia orgánica y pH del suelo

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en los niveles de materia orgánica (%MO) y pH, (Figura 1 y Figura 2) del suelo entre los municipios de la región Huasteca Norte.

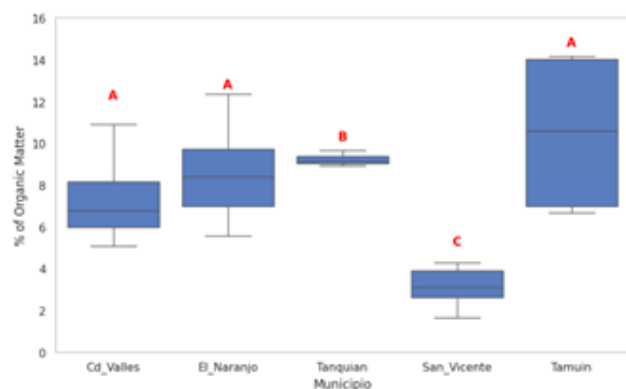


Figura 1. Distribución de % de materia orgánica por municipio (Región Huasteca Norte). Nota: Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$).

Fuente: Propia

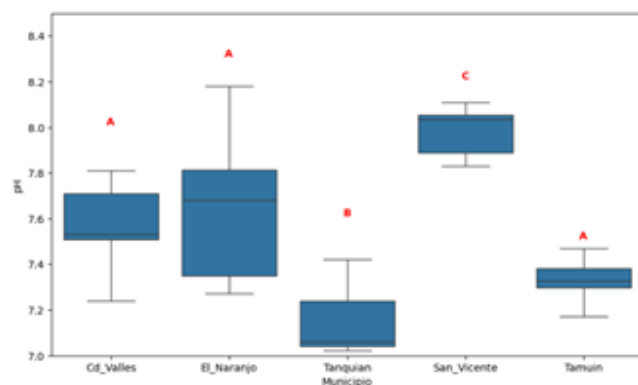


Figura 2. Distribución de pH por municipio (Región Huasteca Norte). Nota: Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$).

Fuente: Propia

La Tabla 1 resume los valores promedio de materia orgánica y pH de los 13 sitios ubicados en los cinco municipios muestreados. Tamuín presenta el mayor contenido promedio de materia orgánica (10.50%) con una desviación estándar de 3.92%, mientras que San Vicente muestra el contenido más bajo (3.14%) con una desviación estándar de 0.99%. En términos de pH, San Vicente tiene el valor promedio más alto (7.99) con una desviación estándar de 0.12, y Tanguian presenta el pH más bajo (7.17) con una desviación estándar de 0.22.

Tabla 1. Distribución de % de materia orgánica por municipio (Región Huasteca Norte). Nota: Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$).

Municipio	Mean MO (%)	Std MO (%)	Mean pH	Std pH
Cd. Valles	7.43	2.08	7.55	0.19
El Naranjo	8.68	2.11	7.64	0.30
San Vicente	3.14	0.99	7.99	0.12
Tamuín	10.50	3.92	7.33	0.10
Tanguián	9.25	0.36	7.17	0.22

Los altos niveles de materia orgánica en Tamuín podrían deberse a prácticas agrícolas más sostenibles o a un menor uso intensivo del suelo. Esto coincide con estudios que demuestran que la incorporación de residuos orgánicos y cultivos de cobertura incrementa la materia orgánica del suelo [11]. Por otro lado, el pH del suelo, clave para la fertilidad y la disponibilidad de nutrientes, varía entre los sitios debido a factores como el uso de enmiendas alcalinas o ácidas, prácticas de manejo y características propias del suelo [12].

Análisis de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K)

La medición de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo se realizó con el kit NPK HI3896, obteniendo resultados cualitativos en una escala de 1 (muy baja) a 4 (muy alta). Los análisis indican niveles subóptimos de estos nutrientes en todos los sitios estudiados, lo que afecta la idoneidad del suelo para el cultivo de caña de azúcar. Este problema, común en regiones tropicales, se atribuye a la lixiviación, la erosión y el uso insuficiente de fertilizantes [13]. Para mejorar la fertilidad del suelo, se recomienda el manejo balanceado de nutrientes, incluyendo fertilizantes y biofertilizantes [14].

Análisis de Varianza (ANOVA y Kruskal-Wallis)

El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias significativas en los niveles de %MO, pH, caso contrario el encontrado para N, P y K por Kruskal-Wallis, confirman que las diferencias observadas entre municipios son estadísticamente significativas, con valores de p-valor menores a 0.00005 en ambos casos. (Tablas 2, 3). Las pruebas de Tukey indicaron que Tamuín es significativamente diferente de otros municipios en términos de materia orgánica y pH.

Tabla 2. ANOVA para %MO. Fuente propia 2024.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	F	p-valor
Municipio	192.8386	4	9.1720	0.00004
Residual	178.7103	34	-	-

Tabla 3. ANOVA para pH. Fuente propia 2024.

Fuente	Suma de Cuadrados	df	F	p-valor
Municipio	1.9286	4	9.1806	0.00004
Residual	1.7857	34	-	-

Asimismo, el municipio de San Vicente mostró diferencias significativas en los niveles de N y K en comparación con otros sitios, como se aprecia en la (Tabla 4).

Tabla 4. Pruebas No Paramétricas (Kruskal-Wallis). Fuente propia 2024.

Variable	Estadístico Kruskal-Wallis	p-valor	Significativo
N	2.2472	0.6904	No
P	8.0000	0.0916	No
K	5.5000	0.2397	No

Distribución y evaluación geoespacial

El análisis geoespacial realizado en la Huasteca Norte revela la complejidad de los sistemas edáficos y su estrecha relación con los procesos naturales y humanos que los moldean. A través de la interpolación Kriging, se generaron mapas detallados que describen la distribución de nutrientes clave como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Este enfoque permite analizar patrones de fertilidad actuales y comprender las dinámicas subyacentes que influyen en la productividad agrícola.

El nitrógeno, un macronutriente esencial para el crecimiento vegetal, mostró deficiencias claras en el norte y noreste de Ciudad Valles y Tamuín. Este nutriente es un componente clave en la síntesis de clorofila y proteínas, y su escasez puede limitar severamente la capacidad del suelo para soportar cultivos de alto rendimiento como la caña de azúcar.

El fósforo, cuya distribución más uniforme en El Naranjo puede interpretarse como un indicador de estabilidad relativa, presenta un panorama algo más favorable. Sin embargo, ciertas áreas específicas comienzan a mostrar signos de potencial agotamiento. El fósforo es esencial para el desarrollo de raíces y la transferencia de energía en las plantas, por lo que su déficit podría limitar la capacidad de los cultivos para alcanzar su potencial máximo.

Por su parte, el potasio mostró una alta variabilidad espacial, especialmente en los municipios de San Vicente y Tanquián. El potasio es un nutriente esencial que contribuye a la regulación del agua en las plantas, la resistencia a enfermedades y la calidad del producto final. Su variabilidad implica que algunas áreas pueden estar en riesgo de estrés hídrico o disminución en la calidad de las cosechas debido a desequilibrios nutricionales.

El uso de mapas geoespaciales basados en la interpolación Kriging aporta precisión al identificar las áreas críticas y ofrece un marco integral para interpretar el suelo como un sistema dinámico (Figura 3).

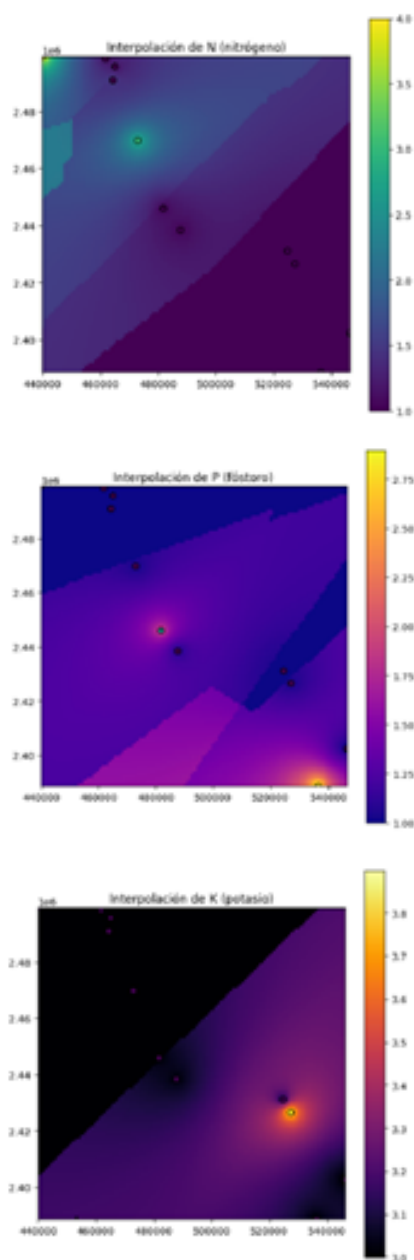


Figura 3. Interpolación de nutrientes N, P, K en la Huasteca Norte, San Luis Potosí.

CONCLUSIONES

Este estudio sobre la fertilidad del suelo en la Huasteca Norte destaca la necesidad de una gestión diferenciada de nutrientes en los

cultivos de caña de azúcar. La distribución de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) mostró alta variabilidad entre municipios, con baja disponibilidad de nitrógeno en Ciudad Valles y Tamuín, insuficiencia de fósforo en El Naranjo y variaciones en potasio en San Vicente y Tanquián. Además, Tamuín presentó los niveles más altos de materia orgánica, mientras que San Vicente tuvo los más bajos. Las diferencias de pH, más alto en San Vicente, podrían limitar la disponibilidad de nutrientes debido a la alcalinidad. Los resultados presentados en los mapas de calor generados en QGIS 3.16, subrayan la importancia de la fertilización de precisión basada en datos específicos de cada sitio, optimizando recursos y minimizando impactos ambientales. Esto es esencial para apoyar a los agricultores en decisiones sostenibles y eficientes. La adopción de prácticas sostenibles como compost y rotación de cultivos es fundamental para mejorar la fertilidad del suelo, incrementar la materia orgánica, estabilizar el pH y aumentar la resiliencia agrícola frente al cambio climático en la región.

REFERENCIAS

- [1] Pereda, V.J. (2016). La lucha por la tierra en la Huasteca Potosina (México): de peones a patrones. *Investigaciones Geográficas*, (65), 153–168. <https://doi.org/10.14198/INGEO2016.65.09>
- [2] Sundara, B., Subramanian, S. (1990). Changes in soil available NPK in multiple cropping systems based on short duration sugarcane crops relative to a conventional sugarcane cropping system. *Fertilizer Research* 24, 67–76.
- [3] Castro SGQ, Coelho AP, Castro SAQ, Souza Chiachia TR, Castro RA and Lemos LB. (2023). Fertilizer source and application method influence sugarcane production

- and nutritional status. *Front. Plant Sci.* 14:1099589.
- {4} ISO 10381-1. (2002). Soil quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes.
- {5} Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25(1), 101-110.
- {6} McLean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. In *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties* (pp. 199-224).
- {7} Johnston, A. E., & Richards, I. R. (2003). Effectiveness of different precipitated phosphates as phosphorus sources for plants. *Soil Use and Management*, 19(1), 45-49.
- {8} Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- {9} Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*.
- {10} Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press.
- {11} Ghimire, R., Adhikari, P., & Chen, Y. (2017). Soil organic carbon sequestration as affected by tillage, crop residue, and nitrogen application in a long-term maize-wheat rotation system.
- {12} Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils*. Pearson Prentice Hall.
- {13} Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2008). Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. *Advances in Agronomy*, 99, 345-399.
- {14} Del Pozo, A., Brunel-Saldias, N., Engler, A., Ortega-Farias, S., Acevedo-Opazo, C., Lobos, G. A., & Molina-Montenegro, M. A. (2019). Climate change impacts and adaptation strategies of agriculture in Mediterranean-climate regions (MCRs). *Sustainability*, 11(10), 2769.

Diseño de un instrumento para medir la sostenibilidad en los centros ecoturísticos: una propuesta metodológica

Irani Rosales González¹

José Rodríguez Lázaro²

María del Rosario Barradas Martínez³

^{1,2,3}Universidad Tecnológica de la Mixteca, Av. Doctor Modesto Seara Vázquez No. 1, Huajuapán de León, Oaxaca
rogi980121@gs.utm.mx

RESUMEN

El ecoturismo es un conjunto de actividades turísticas con alto potencial de crecimiento que ha tomado gran relevancia en los últimos años, debido al interés por preservar el medioambiente y las manifestaciones culturales propias del lugar donde se desarrolla. Los centros ecoturísticos surgen como una opción para que los visitantes experimenten este tipo de turismo; al mismo tiempo, se han convertido en una alternativa económica para generar empleos directos e indirectos principalmente en zonas rurales, dichos proyectos fortalecen la identidad cultural y fomentan el empoderamiento de las personas de las comunidades donde se establecen, contribuyendo al desarrollo económico y social. Las nuevas tendencias a nivel mundial sobre el cuidado del medioambiente y el turismo sostenible han favorecido que en los proyectos de esta naturaleza se apliquen los principios de sostenibilidad para garantizar el mantenimiento de los recursos naturales, la autenticidad cultural de la localidad y la rentabilidad de las empresas.

Bajo esta perspectiva, el objetivo de esta investigación es proponer un instrumento para medir la sostenibilidad de los centros ecoturísticos ubicados en zonas con alto rezago económico y social; para lograrlo se realizó una revisión exhaustiva de la literatura sobre los diversos modelos existentes de

sostenibilidad empresarial. En el diseño del instrumento se consideraron las dimensiones económica, social y ambiental que propone el modelo triple bottom line, las cuales son esenciales para lograr la transición a la sostenibilidad. Para valorar la calidad, coherencia y pertinencia de los ítems se utilizó el juicio de expertos.

El resultado es un instrumento para medir la sostenibilidad de los centros ecoturísticos ubicados en zonas con alto rezago económico y social, como mecanismo para contar con una herramienta que permita determinar el impacto de esta actividad turística en el desarrollo económico y social de una comunidad.

Palabras clave: sostenibilidad, ecoturismo, centros ecoturísticos, dimensiones

ABSTRACT

Ecotourism is a set of tourism activities with high growth potential that has gained great relevance in recent years, due to the interest in preserving the environment and the cultural manifestations of the place where it is developed. Ecotourism centers emerge as an option for visitors to experience this type of tourism; at the same time, they have become an economic alternative to generate direct and indirect jobs mainly in rural areas. These projects strengthen cultural

identity and foster the empowerment of the people in the communities where they are established, contributing to economic and social development. The new global trends on environmental care and sustainable tourism have favored the application of sustainability principles in these projects to ensure the maintenance of natural resources, the cultural authenticity of the locality, and the profitability of companies.

From this perspective, the objective of this research is to propose an instrument to measure the sustainability of ecotourism centers located in areas with high economic and social lag. To achieve this, an exhaustive review of the literature on the various existing models of business sustainability was carried out. In the design of the instrument, the economic, social, and environmental dimensions proposed by the triple bottom line model were considered, which are essential to achieve the transition to sustainability. Expert judgment was used to assess the quality, coherence, and relevance of the items. The result is an instrument to measure the sustainability of ecotourism centers located in areas with high economic and social lag, as a mechanism to have a tool that allows determining the impact of this tourism activity on the economic and social development of a community.

INTRODUCCIÓN

El ecoturismo es una forma de turismo alternativo, que ha incrementado su demanda por ser una alternativa turística sostenible que preserva el medioambiente y la cultura del lugar donde se encuentra establecido. Esta opción surge como una estrategia viable para el desarrollo económico y social de una comunidad por su contribución en la generación de empleos e ingresos, además del empoderamiento a las personas. Genera un

impacto positivo indirecto, al complementarse con actividades relacionadas como servicios de alimentación, hospedaje y venta de artesanías, contribuyendo de esta forma a la creación y fortalecimiento de empresas locales (Cruz, 2021).

Aunado a lo anterior, Pilving et al. (2019), a partir de una investigación realizada en áreas rurales, señalan que el ecoturismo no solo genera ingresos, sino también mejora la calidad de vida de las personas, cambiando su forma de pensar hacia un nuevo pensamiento más proactivo que busca beneficios estructurales o de servicios que se adquieren para complementar las actividades del turismo.

Por otro lado, existen autores (Medina, 2018; García et al., 2018) que señalan que esta alternativa de turismo tiene afectaciones en el medioambiente, partiendo del modelo económico neoliberal al crear empresas ecoturísticas que no cuentan con una planeación y uso adecuado de los recursos, afectando el entorno natural, debido a que se enfocan en atraer a turistas, pero no existe una adecuada gestión de los recursos que se tienen en el lugar, creando más impactos negativos para la comunidad.

Por su parte, Gao y Cheng (2020) mencionan que las actividades ecoturísticas también tienen impactos negativos, como la alteración de la cultura local de las personas de las comunidades rurales por la cultura de las personas que llegan de zonas urbanas, el aumento de conflictos entre pobladores por competir por más clientes, olvidando el concepto de vida y el sistema de valores del lugar.

A pesar de los impactos negativos del ecoturismo en las comunidades, son mayores los beneficios que se obtienen de dicha actividad. Es notable su contribución al desarrollo económico y social a través de la generación de empleos directos e indirectos, mejoramiento de la infraestructura en las localidades, el fomento al cuidado del medioambiente y el fortalecimiento de la cultura de las comunidades rurales para su conservación (Obombo y Velarde, 2019). Sin embargo, la falta de experiencia de las personas que ofrecen servicios ecoturísticos, la visión empresarial, la carencia de mecanismos de promoción, deficiente profesionalización, la falta de competitividad o la estacionalidad de esta actividad en cada región provocan que en algunos casos se considere una actividad no redituable, generando tensión y hasta la desaparición de las empresas ecoturísticas (Gao y Cheng, 2020).

A partir de lo anterior y dada la relevancia que ha cobrado el tema de sostenibilidad en el manejo y cuidado de los recursos del medioambiente y la rentabilidad de las empresas, surge el interés en desarrollar esta investigación, cuyo objetivo es proponer un instrumento que mida la sostenibilidad de los centros ecoturísticos ubicados en zonas con alto rezago económico y social.

Ecoturismo y sostenibilidad

El ecoturismo desde hace dos décadas ha tenido un mayor crecimiento en el mundo y en México es la principal oferta de turismo generado en espacios protegidos o mejor conocidos como Áreas Naturales Protegidas (ANP), derivado principalmente por la diversidad cultural y natural que tiene nuestro país (Crespo, 2020; Ojeda et al., 2020). Es una actividad que se lleva a cabo en entornos naturales, donde los turistas

observan, aprenden, descubren, experimentan y aprecian tanto la diversidad biológica como la cultural (Organización Mundial de Turismo, OMT, 2024). Este tipo de turismo se realiza con un alto nivel de conciencia responsable, buscando proteger la integridad de los ecosistemas, la minimización del impacto negativo y el bienestar de las comunidades locales.

Ojeda et al. (2020) define el ecoturismo como “una actividad pasiva, consumidora de un paisaje con un estado de conservación aceptable y, por ende, se espera que el ecoturismo contribuya a la preservación del ambiente, ya que éste es su principal insumo” (p. 157). Al respecto, Atanacio (2022) señala que esta alternativa turística también promueve el conocimiento, preservación y sostenibilidad del ambiente local en beneficio de la población y los turistas (Atanacio, 2022).

Desde la perspectiva del desarrollo sostenible, el ecoturismo desempeña un papel crucial, asignando responsabilidades dirigidas a los diferentes actores del sector, como el gobierno, la iniciativa privada, la iniciativa social, y de igual manera al turista que contrata y utiliza el servicio, con el claro objetivo de que esta alternativa turística busca resguardar y proteger los recursos naturales, así como preservar y difundir su patrimonio cultural de las comunidades (Jiménez, 2020; Rosas y Correa, 2016).

Por lo anterior, no se debe perder de vista la sostenibilidad, ya que las actividades que se realizan en un centro ecoturístico deben mantener un equilibrio entre las dimensiones económicas, ambiental y social, ofreciendo la oportunidad de implementar prácticas y principios de sostenibilidad para el impulso del desarrollo de la zona, asegurando los recursos para futuras generaciones con la minimización

de los impactos negativos y una maximización de los beneficios socioeconómicos, para su distribución a los interesados (Huaroc, 2022).

Las nuevas tendencias sobre el cuidado del medioambiente y el turismo sostenible exigen la aplicación de principios de sostenibilidad para mantener el equilibrio en aspectos sociales, económicos y ambientales, donde se garantice el mantenimiento de los recursos naturales, la autenticidad cultural de la localidad y la rentabilidad de la empresa (Zambrano, 2020). Esto conlleva a que los turistas demanden y promuevan mayor cuidado del medioambiente; por lo tanto, el beneficio que se obtiene, además de conocer un nuevo lugar (naturaleza y cultura), es la satisfacción de saber que su pago por el servicio fue invertido en mejorar, cuidar y preservar el medioambiente (Medina, 2018).

Por su parte, Pérez et al. (2020) consideran que la sostenibilidad tiene que ser valiosa tanto para la organización como para los stakeholders, introduciendo estrategias y acciones a los planes de la empresa encaminadas a la sostenibilidad con la intención de crear valor. Además, proponen tres grandes dimensiones: social, ambiental y económica. Plasencia-Soler et al. (2018), en su estudio, analiza siete modelos para evaluar la sostenibilidad dentro de las organizaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Modelos para la medición de la sostenibilidad empresarial

Modelo	Descripción
Modelo Triple Bottom Line	Considera la sostenibilidad en tres dimensiones, ambiental, social y ambiental, buscando un equilibrio entre ellas.

Modelo pre-sión-esta-do-respuesta y sus variaciones	Se basa en la relación causa-efecto al evaluar el impacto que tiene el aspecto ecológico sobre el enfoque de sostenibilidad.
Modelo de los cuatro pilares de la sostenibilidad	Toma como base el modelo TBL e integra una cuarta dimensión, la cual varía dependiendo de cada autor, pero puede incluir la política, el gobierno o la educación.
Modelo del Centro Lowell para la producción sostenible	Considera la evolución de los sistemas organizativos. En donde a partir de niveles se desarrolla la sostenibilidad en la producción dentro de las organizaciones.
Cuadro de mando integral sostenible	Se basa en el cuadro de mando integral, pero agrega aspectos ambientales y sociales para mantener la relación causa-efecto entre las cuatro perspectivas clásicas de esta herramienta estratégica.
Modelo ambiente-social-gobernanza	Integra las dimensiones ambiental, social y de gobierno. Centrándose en la integración del gobierno de una empresa para la toma de decisiones en las inversiones y la evaluación del gobierno.
Modelo Cubrix	Toma como base el desarrollo de etapas de los sistemas. Combina las áreas clave de la gestión con los grupos de interés en el desarrollo de siete niveles del sistema.

Fuente: Elaboración propia con base en Plasencia-Soler et al. (2018).

A partir de lo anterior, se identificó que los diferentes modelos, además de estar basados en Modelo Triple Bottom Line abordan otros aspectos como la gestión, los grupos de interés y el enfoque de sistemas, factores clave en la medición de la sostenibilidad en las organizaciones.

ANTECEDENTES

Diversos investigadores y académicos, en los últimos años, han enfocado sus investigaciones en diseñar herramientas para la gestión sostenible de empresas del sector turismo, dada la importancia que tiene esta actividad en el desarrollo económico y social para las zonas donde se realiza.

Tal es el caso de López et al. (2018) que diseñaron e implementaron un sistema de indicadores de turismo en la provincia de Barcelona, España. Los resultados comprobaron la bondad del uso de indicadores e índices como herramientas para la gestión sostenible de los destinos turísticos. La investigación se centra en la dimensión económica, social y ambiental.

Castro y Marrugo (2018), por su parte, a partir de un estudio realizado en un grupo hotelero de Cartagena, Colombia, identificaron que la incorporación de prácticas ambientales enfocadas al Desarrollo Sostenible ubica a las empresas como líderes en su ramo, generando ventajas competitivas. Esta investigación empírica se enfoca principalmente en la dimensión ambiental.

Guerrero-Millán et al. (2021) propusieron la realización de un sistema de indicadores para el destino turístico de Acapulco, ya que no cuenta con una metodología clara para la medición del turismo. Con esta propuesta se busca integrar los tres aspectos de la sustentabilidad y presentar una radiografía de la realidad investigada. Esta investigación empírica se enfoca en la dimensión social, económica y ambiental.

Otra investigación es la realizada por Moreno et al (2019), cuyo propósito fue analizar la percepción del bienestar ciudadano y del

desarrollo local desde la perspectiva de los residentes y turistas en el municipio de Usiacurí en Colombia. Estos autores concluyeron que la satisfacción con la actividad turística y el bienestar ciudadano expresado en calidad de vida son factores determinantes para el impulso de un desarrollo local sostenible. La investigación se centró principalmente en la dimensión social.

Alcívar y Mendoza (2020) también realizan una investigación sobre el turismo comunitario; estos autores proponen un modelo de gestión orientado hacia el desarrollo sostenible de la comunidad de Ligüiqui, Manabí, Ecuador. El estudio se enfocó en analizar la equidad social, eficiencia económica y conservación ambiental, obteniendo como resultado que la baja orientación hacia el aspecto comunitario aleja la posibilidad de convertirse en una actividad realmente sostenible.

METODOLOGÍA

A partir de la revisión de la literatura, se identificó que son escasos los estudios empíricos en centros ecoturísticos ubicados en zonas con alto rezago económico y social y que además evalúen de manera integral la dimensión social, económica y ambiental. Por ello, el objetivo de este trabajo de investigación fue desarrollarlo.

Para diseñar el instrumento se tomó como referencia el modelo Triple Bottom Line, el cual según diversos investigadores (Plasencia-Soler et al., 2018; Gamboa et al., 2022; Rodríguez y Ríos-Osorio, 2016; García de la Torre et al., 2019) busca el equilibrio de las tres dimensiones de la sostenibilidad: social, ambiental y económico, y a su vez, crear un impacto favorable en los grupos de interés.

Para valorar la calidad, coherencia y pertinencia

de los ítems se utilizó el juicio de expertos. En esta prueba participaron cinco expertos en el tema y cinco en metodología. Para ello, se explicó la unidad de análisis y el propósito de la investigación, además de lo que se pretendía medir con cada variable. Inicialmente se tenían 64 ítems, pero después de revisar e incorporar las opiniones se replanteó el instrumento, quedando un total de 48 ítems.

RESULTADOS

Como resultado, se obtuvo un cuestionario para evaluar la sostenibilidad en centros ecoturísticos en zonas con alto rezago social y económico. El instrumento se dividió en dos partes; la primera está orientada a obtener información para definir el perfil de los centros ecoturísticos y la segunda se enfoca en evaluar las dimensiones social, económica y ambiental (Tabla 2, 3 y 4) en una escala de Likert de cinco puntos, donde: 5 indica que se está totalmente de acuerdo, 4 de acuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 2 en desacuerdo y 1 totalmente en desacuerdo.

Tabla 2. Ítems propuestos para evaluar la dimensión económica

Dimensión económica
1. Se identifican los meses del año donde hay mayor afluencia de turistas que visitan el lugar
2. Se identifican los meses del año donde hay menor afluencia de turistas que visitan el lugar
3. Se tiene un registro del porcentaje de ingresos que genera el turismo en la comunidad en comparación con otras actividades económicas que se realizan en el lugar.
4. Los ingresos que se obtienen de los turistas que visitan contribuyen a tener un impacto positivo en la economía del lugar.

5. Se realiza un registro de los ingresos que se obtienen de los turistas por los servicios que se le ofrecen.
6. Se registran todos los ingresos y gastos del centro ecoturístico durante un periodo determinado que permite tener un mejor control del dinero.
7. Las actividades ofertadas por el centro ecoturístico generan alternativas de empleo a los pobladores de la comunidad.
8. La mayoría de los puestos de trabajo que se generan por la actividad turística de la comunidad son ocupados por personas locales.
9. El número de personas enfocadas en la atención al cliente son suficientes para atender a los turistas que llegan al centro ecoturístico. Sobre todo en temporada alta.
10. Existen servicios de hospedaje y alimentación suficientes y de calidad en la comunidad, para los turistas en temporada alta.
11. Conocen los programas y legislación en materia de turismo que ayuden a impulsar el desarrollo de la comunidad.
12. Los programas de apoyo al turismo han facilitado la creación de nuevos servicios y nuevas obras de infraestructura.
13. A partir de la implementación de los programas turísticos en la comunidad se ha observado un incremento en el número de empresas fundadas por personas de la comunidad.
14. Las actividades turísticas que se desarrollan en la comunidad han propiciado la mejora en los servicios públicos (agua, energía, limpia, alcantarillado, etc.).
15. Las actividades que realiza el centro ecoturístico han favorecido de manera evidente a los pobladores de la comunidad.
16. Se hace uso de redes sociales y medios digitales para atraer a un mayor número de turistas al centro ecoturístico.

Tabla 3. Ítems propuestos para evaluar la dimensión ambiental

Dimensión ambiental
17. Dentro del centro ecoturístico se realiza un consumo responsable de energía eléctrica y se utilizan paneles solares para su generación.
18. Dentro del centro ecoturístico se realiza un consumo responsable de agua y se cuenta con mecanismos para el tratamiento de aguas residuales.
19. En la comunidad existen mecanismos adecuados para recolectar la basura y residuos sólidos inorgánicos generados por el centro ecoturístico durante la temporada alta.
20. El centro ecoturístico cuenta con prácticas para promover el reciclado y la reutilización de los residuos.
21. Los directivos participan en programas ambientales locales o nacionales para disminuir el impacto negativo al medioambiente ocasionadas por las actividades que se realizan en el centro ecoturístico.
22. En el centro ecoturístico se realizan actividades de fomento y concientización ambiental para sensibilizar a los turistas y empleados sobre el cuidado del medioambiente.
23. Se tiene un registro de las especies de la flora y fauna que tiene la localidad donde se encuentra el centro ecoturístico.
24. En el centro ecoturístico se cuentan con acciones para la protección de la flora y fauna local.
25. En el centro ecoturístico se realizan actividades relacionadas con la gestión ambiental.
26. Se tiene un registro de las afectaciones en la flora derivadas de las actividades del centro ecoturístico.
27. Se tiene registro o evidencia de las alteraciones que ha sufrido el paisaje natural y la flora y fauna en la comunidad por la construcción de instalaciones en los espacios naturales para ofrecer los servicios turísticos.

28. Se tienen registro de las áreas naturales protegidas de la comunidad y los cambios o afectaciones que han tenido con el paso del tiempo por las visitas de los turistas.
29. Se cuenta con un registro del aumento de la superficie construida, en un periodo de tiempo dado, con respecto a otro en la comunidad.
30. El centro ecoturístico cuenta con regulaciones sobre el cuidado del ambiente durante la realización de actividades turísticas.
31. Se valora el ambiente y los recursos naturales para el desarrollo de las actividades turísticas dentro del centro ecoturístico y la comunidad.
32. Los visitantes cumplen con las normas sobre el cuidado del medioambiente durante su visita al centro ecoturístico.

Tabla 4. Ítems propuestos para evaluar la dimensión social

Dimensión social
33. El grado de satisfacción de los turistas obtenido durante la estancia en el centro ecoturístico es alto.
34. El grado de satisfacción que tiene la población total de la comunidad sobre la actividad turística realizada en el centro ecoturístico es alto.
35. Existe capacitación en materia turística por parte de las autoridades gubernamentales para los pobladores de la comunidad.
36. Los accesos e instalaciones del centro ecoturístico son adecuados para personas con alguna discapacidad.
37. La percepción de seguridad en la comunidad es buena durante todo el año.
38. Existe conocimiento y respeto de la población local por sus costumbres, tradiciones, manifestaciones y naturaleza propias de la comunidad.
39. La comunidad participa y se organiza para prestar servicios turísticos que aporten un beneficio a la misma.

-
40. La práctica de actividades turísticas influye positivamente en el mejoramiento social y vida cotidiana de la comunidad.
-
41. Los pobladores de la comunidad tienen acceso preferencial y a costos accesibles a las diferentes actividades que se ofrecen en el centro ecoturístico
-
42. En el centro ecoturístico se desarrollan actividades para preservar la cultura de la comunidad (narración de mitos, leyendas, motivos religiosos, entre otros).
-
43. Los programas del centro ecoturístico se formularon con la participación activa de la comunidad.
-
44. El personal del centro ecoturístico tiene acceso a programas de formación o capacitación para la atención a los turistas.
-
45. Existe coordinación entre el gobierno municipal, comunidad y los prestadores de servicios turísticos.
-
46. Los habitantes de la comunidad han creado convenios o vínculos con asociaciones civiles u organizaciones que les ayuden a mejorar su productividad y a solucionar problemas sociales.
-
47. Las actividades turísticas que se realizan en la comunidad han disminuido significativamente la migración, al mejorar la calidad de vida de los habitantes.
-
48. En el centro ecoturístico existe un código de conducta elaborado de manera participativa dirigido a la población local, turistas y empresarios.
-

Para que la información recopilada a través del instrumento mida el nivel de sostenibilidad de los centros ecoturísticos de zonas con alto rezago social y económico. Las respuestas de cada pregunta se traducirán en unidades numéricas; asignando 1 cuando no se cumpla con el criterio de cada dimensión y 5 cuando se cumpla con el criterio.

La estructura del instrumento permite obtener una puntuación general y otra por dimensión. El resultado general se obtendrá al sumar

la puntuación obtenida en cada una de las respuestas de todo el instrumento, siendo la máxima puntuación 240 y la puntuación por dimensión se dará al sumar el valor obtenido en cada respuesta de dicha dimensión con una puntuación máxima de 80. A continuación, se muestran las ecuaciones para obtener la puntuación por cada dimensión:

Dimensión económica:

$$X1 + X2 + X3 + \dots + X16 = \sum D.E$$

Dónde:

X1...X16: Valor de la respuesta 1 a 16 del cuestionario para medir la sostenibilidad

$\sum D.E$: Puntaje total de la dimensión económica

Dimensión ambiental:

$$X17 + X18 + X19 + \dots + X32 = \sum D.A$$

Dónde:

X17...X32: Valor de la respuesta 17 a 32 del cuestionario para medir la sostenibilidad

$\sum D.A$: Puntaje total de la dimensión ambiental

Dimensión social:

$$X33 + X34 + X35 + \dots + X48 = \sum D.S$$

Dónde:

X33...X48: Valor de la respuesta 33 a 48 del cuestionario para medir la sostenibilidad

$\sum D.A$: Puntaje total de la dimensión ambiental

El obtener un puntaje de 80 en cada dimensión, indica que el centro ecoturístico desarrolla prácticas que contribuyen al desarrollo económico, ambiental y social del lugar donde se encuentra establecido. Respecto a la medición del nivel de sostenibilidad del centro ecoturístico se debe sumar el puntaje obtenido en cada una dimensión, la cual se representa en forma de ecuación sencilla de la siguiente manera:

Nivel de sostenibilidad

$$= \sum D.E + \sum D.A + \sum D.S$$

Dónde:

$\sum D.E.$ = Puntaje total de la dimensión económica.

$\sum D.A.$ = Puntaje total de la dimensión ambiental.

$\sum D.S.$ = Puntaje total de la dimensión social.

Para determinar el nivel de sostenibilidad del centro ecoturístico se crea el siguiente estándar:

Nivel de sostenibilidad alto: Cuando se ha desarrollado la sostenibilidad en una capacidad del 66% al 100%.

Nivel de sostenibilidad medio: Cuando se ha desarrollado la sostenibilidad en una capacidad del 35% al 65%.

Nivel de sostenibilidad bajo: Cuando es deficiente o nulo el desarrollo de la sostenibilidad en una capacidad del 0% al 34%.

Al calcular los puntajes del instrumento para evaluar de la sostenibilidad de los centros ecoturísticos en zonas de rezago social, se obtendrá el grado de desarrollo que el centro tiene en términos de sostenibilidad, lo cual permitirá tomar acciones para subir su nivel en la dimensión, con la intención de generar una ventaja competitiva en el mercado y contar con una mayor atracción de turistas interesados en contribuir a la sostenibilidad del lugar.

CONCLUSIONES

La sostenibilidad dentro del sector turístico es considerada de alta relevancia, por el impacto positivo que genera en el lugar donde se encuentran establecidos los proyectos, al impulsar la economía local. Por lo tanto, una adecuada implementación desde la planeación hasta la gestión de la sostenibilidad en los centros ecoturísticos promueve la competitividad y con ello la atracción de turistas.

Cumplir con los criterios de sostenibilidad favorece que el centro ecoturístico se ubique

cerca de un desarrollo en las tres dimensiones, mediante la evaluación del impacto generado a los grupos de interés y a la comunidad, por la adecuada implementación de acciones económicas, ambientales y sociales.

Utilizar el modelo TBL como metodología en esta investigación tiene como finalidad lograr un equilibrio entre las tres dimensiones de la sostenibilidad. La desventaja es la falta de unificación en la medida para cada una de las dimensiones, y aún más en las dimensiones social y ambiental; aunado a lo anterior, los efectos no siempre pueden ser expresados numéricamente (Plasencia-Soler et al., 2018). Por la razón anterior, se asignó un puntaje para evaluar el nivel de sostenibilidad en cada dimensión.

Medir en conjunto la sostenibilidad del centro ecoturístico contribuirá en la búsqueda de acciones concretas de mejora sobre puntos específicos para alcanzar un nivel alto de sostenibilidad en las tres dimensiones. Considerando que esta actividad económica proporciona beneficios, tales como oportunidades de empleo, fortalecimiento de la economía local, incremento de la calidad de vida de la población y la oportunidad de realizar inversiones.

La contribución de la investigación es teórica, metodológica y social. Se considera el aporte teórico porque se presenta en un contexto y contribuye al conocimiento; establece las bases para ampliar los conocimientos sobre la medición de la sostenibilidad en los centros ecoturísticos.

En cuanto a la aportación metodológica, se seleccionó de manera justificada el enfoque metodológico para el diseño del instrumento de recopilación de información, considerando las variables centradas en el propósito de la investigación.

Respecto a la contribución social, se presenta la propuesta para medir el nivel de sostenibilidad de los centros ecoturísticos ubicados en zonas con alto rezago económico y social; se

espera que la información obtenida a través del instrumento sea la base para que todos los actores participen en el desarrollo de estrategias que permitan alcanzar el desarrollo económico y social de las comunidades donde se encuentran establecidas estas empresas.

REFERENCIAS

- Alcívar Vera, I. I., y Mendoza Mejía, J. L. (2020). Modelo de gestión del turismo comunitario orientado hacia el desarrollo sostenible de la comunidad de Ligüiqui en Manta, Ecuador. *ROTUR. Revista De Ocio Y Turismo*, 14(1), 1–22. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.17979/rotur.2020.14.1.5849>
- Atanacio Toribio, N. M. (2022). Diseño de plan estratégico para fomentar el ecoturismo en la provincia Huamalíes-Huánuco 2022-2026. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Federico Villareal]. Recuperado a partir de: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/5718>
- Castro, A. A., y Marrugo-Salas, L. (2018). Turismo sostenible: caso de gestión de la responsabilidad ambiental en un establecimiento hotelero en Cartagena. *Saber, Ciencia Y Libertad*, 13(2), 163-175. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2018v13n2.4631>
- Crespo Jareño, J. A. . (2020). Orígenes e impactos del ecoturismo: Origins and impacts of ecotourism. *Kalpana- Revista De Investigación*, (18), 5–32. Recuperado a partir de <https://publicaciones.udet.edu.ec/index.php/kalpana/article/view/8>
- Cruz Rodríguez, N. J. (2021). Ecoturismo y turismo cultural: impactos positivos y negativos en el departamento de Boyacá, Colombia. *Turismo Y Patrimonio*, (17), 29-43. <https://doi.org/10.24265/turpatrim.2021.n17.02>
- Gao, C. y Cheng, L. (2020). *Land Use Policy* Tourism-driven rural spatial restructuring in the metropolitan fringe: An empirical observation. *Land Use Policy*, 95(24), 12. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104609>
- García de la Torre, C., Portales, L., Camacho Ruedas, G., y Arandia Pérez, O. (2019). Instrumento de evaluación de Sustentabilidad y Responsabilidad social en Pymes. *Administración Y Organizaciones*, 12(24), 91–103. Recuperado a partir de <https://rayo.xoc.uam.mx/index.php/Rayo/article/view/178>
- García Santos, L., Ruiz Martínez, A., y Castillo Leal, M. (2018). Ecoturismo y gestión de la biodiversidad en Santa María Ixtepeji y Calpulálpam de Méndez, Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores <https://core.ac.uk/download/pdf/162041645.pdf>
- Guerrero-Millán, M., Villagómez-Méndez, J., & Herrera-Miranda, M. A. (2021). Sistema de indicadores para la gestión del turismo sostenible en el destino turístico de Acapulco, Guerrero, (México). *Ciencias Administrativas. Teoría Y Praxis*, 16(2), 63–87. <https://doi.org/10.46443/catyp.v16i2.262>
- Huaroc Cuba, L. (2022). Sostenibilidad del ecoturismo en la laguna de Paca, provincia de Jauja, departamento de Junín. [Tesis de doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible, Universidad Nacional del Centro de Perú]. Recuperado a partir de: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8675>
- Gamboa Aragundi, J. A., Salinas Herrera, L. J., Salcedo Muñoz, V. E., y Nuñez Guale, L. A.. (2022). El Triple Bottom Line en

- las acciones de responsabilidad social Universitaria: Caso Universidad Técnica de Machala. *Telos: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 24(2), 430-444. <https://doi.org/10.36390/telos242.14>
- Jiménez, M. O. y Santiago, J. M. E. (2020, Julio). Estudio de factibilidad para la implementación de turismo sustentable en Putla Villa de Guerrero, Oaxaca [Congreso]. XIV Congreso Virtual Internacional Turismo y Desarrollo. Recuperado a partir de: <https://www.eumed.net/actas/20/turismo/1-estudio-de-factibilidad-para-la-implementacion-de-turismo-sustentable.pdf>
- López Palomeque, F., Torres-Delgado, A., Font Urgell, X., y Serrano Miracle, D. (2018). Gestión sostenible de destinos turísticos: la implementación de un sistema de indicadores de turismo en los destinos de la provincia de Barcelona. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 77, 428-461. doi: Enlace DOI: <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2547>
- Medina Villacrés, J. P. (2018). El ecoturismo en Ecuador: Actualidad y perspectivas de desarrollo. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 1-10. Recuperado a partir de: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2018/ecoturismo-ecuador.htm>
- Moreno Freites, Z., Ziritt Trejo, G., y Silva, H. (2019). Turismo Sostenible: percepciones, bienestar ciudadano y desarrollo local. *Revista Venezolana de Gerencia*, 2, 104-130. Recuperado a partir de: <https://www.redalyc.org/journal/290/29063446006/html/>
- Ojeda, A. B., García, de F. A., Romero, D. y Fraga, J. (2020). El ecoturismo como herramienta de conservación en los humedales costeros de Yucatán, México. *Revista cartográfica*, (101), 155-171. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i101.671>
- Organización Mundial del Turismo [OMT]. (2024, 27 de abril). Glosario de Términos de Turismo. Recuperado a partir de: <https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-turisticos>
- Pérez, M., Acosta, I. y Acurero, M. (2020). Categorías de análisis sobre la sostenibilidad una propuesta teórica y contextualizada para el sector empresarial. *Económicas CUC*, 41(2), 115-136. DOI: <https://doi.org/10.17981/econcuc.41.2.2020.Org.7>
- Plasencia-Soler, J. A., Marrero-Delgado, F., Bajo-Sanjuán, A. M., y Nicado-García, M. (2018). Modelos para evaluar la sostenibilidad de las organizaciones. *Estudios Gerenciales*, 34(146), 63-73. Recuperado a partir de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232018000100063&script=sci_arttext
- Pilving, T., Kull, T., Suskevics, M. y Viira, A. H. (2019). The tourism partnership life cycle in Estonia: Striving towards sustainable multisectoral rural tourism collaboration. *Tourism Management Perspectives*, 31, 219-230. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2019.05.001>
- Rodríguez, L.C. & Ríos-Osorio, L.A. (2016). Evaluación de sostenibilidad con metodología GRI. *Dimensión Empresarial* 14(2), 73-89. Recuperado a partir de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-85632016000200006&script=sci_arttext
- Rosas, B. M., & Correa, H. D. (octubre-diciembre de 2016). El ecoturismo de Sierra Norte, Oaxaca desde la comunalidad y la economía solidaria. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(4), 565-584. <https://www.>

scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722016000400565&script=sci_arttext

Obombo Magio, K. y Velarde Valdez, M. (2019).

El ecoturismo en las reservas de la biósfera: Prácticas y actitudes hacia la conservación. PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural, 17(1), 97-112. Recuperado a partir de: https://www.pasosonline.org/Publicados/17119/PS119_07.pdf

Zambrano Duque , J. (2021). Identificación de los atractivos ecoturísticos e impactos ambientales de una proyecto de turismo sostenible en la vereda Frailejonal del municipio de la calera, Cundinamarca. Boletín Semillas Ambientales, 14(2), 25-36. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/17488>

Enfoque de economía social y solidaria en la producción de cacao en Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco

Itzel Guadalupe González Domínguez¹

Claudia Carolina Lacruhy Enríquez²

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur Campus Los Cabos

²Universidad Autónoma de Baja California Sur Campus Los Cabos
Correo electrónico: itgo_20@alu.uabcs.mx

RESUMEN

La producción de cacao en Tecolutilla, Tabasco, enfrenta desafíos actuales que demandan la implementación de nuevos modelos de negocio adaptados a las condiciones socioeconómicas cambiantes. El objetivo fue evaluar el potencial de la producción de cacao como modelo de negocios basado en Economía Social y Solidaria en Tecolutilla, Tabasco. La metodología mixta con alcance descriptivo y explicativo. El estudio se llevó a en diciembre de 2023 de forma presencial, se realizó una entrevista a la única cooperativa mediante dos cuestionarios. El primero, con 26 preguntas sobre el perfil de la empresa, ventas, producción, cantidad de producción, empoderamiento de la mujer y comunidad. El segundo con 17 preguntas, centrándose en aspectos de modelo de negocio. Además, se aplicó un cuestionario a una muestra de 44 habitantes de 16 preguntas enfocadas en aspectos demográficos, diversificación económica, articulación comercial, apoyo gubernamental y rentabilidad. Los resultados indican un interés significativo en la producción de cacao, pero no en su comercialización. El 70% de la diversificación económica representada por la producción de cacao, solo el 48% ofrece oportunidades para mejorar la situación económica de las familias locales, mientras que el 30% no muestra diversificación económica. La

cooperativa se destaca como un actor clave en el modelo de economía social y solidaria, ofreciendo agroturismo rural sustentable, talleres de chocolate y valorización de saberes locales. No obstante, enfrenta desafíos en la cadena de suministro, ya que no puede abastecer toda la demanda y necesita proveedores externos. En conclusión, la producción de cacao en Tecolutilla no contribuye al crecimiento económico local, no genera empleo o ni mejora las condiciones de vida de la comunidad especialmente de los agricultores, se recomienda mejorar la cadena de suministro local, diversificar productos y mercados, así como promover el emprendimiento y el turismo local, y fortalecer el papel de mujeres y jóvenes.

Palabras clave: Cacao; Economía Social y Solidaria; Modelo de Negocio; Percepción local

ABSTRACT

Cocoa production in Tecolutilla, Tabasco, faces current challenges that demand the implementation of new business models adapted to changing socioeconomic conditions. The objective was to evaluate the potential of cocoa production as a business model based on Social and Solidarity Economy in Tecolutilla, Tabasco. The mixed methodology with descriptive and explanatory scope. The study was carried out

in December 2023 in person, an interview was conducted with the only cooperative using two questionnaires. The first, with 26 questions about the company profile, sales, production, production quantity, women's empowerment and community. The second with 17 questions, focusing on business model aspects. In addition, a questionnaire was applied to a sample of 44 inhabitants with 16 questions focused on demographic aspects, economic diversification, commercial articulation, government support and profitability. The results indicate a significant interest in cocoa production, but not in its commercialization. Of the 70% of economic diversification represented by cocoa production, only 48% offers opportunities to improve the economic situation of local families, while 30% does not show economic diversification. The cooperative stands out as a key player in the social and solidarity economy model, offering sustainable rural agrotourism, chocolate workshops and valorization of local knowledge. However, it faces challenges in the supply chain, since it cannot supply all the demand and needs external suppliers. In conclusion, cocoa production in Tecolutilla does not contribute to local economic growth, does not generate employment or improve the living conditions of the community, especially of farmers. It is recommended to improve the local supply chain, diversify products and markets, as well as promote entrepreneurship and local tourism, and strengthen the role of women and youth.

Keywords: Cocoa; Social and Solidarity Economy; Business Model; Local perception.

INTRODUCCIÓN

La producción de cacao en Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco, ha sido una actividad económica tradicional y relevante para la región. Sin embargo, con los cambios en el

mercado y las condiciones socioeconómicas locales, es necesario evaluar su viabilidad actual como un modelo de economía social y solidaria. Este estudio se enfoca en analizar cómo la producción de cacao puede integrarse en un modelo económico que promueva la sostenibilidad y el desarrollo comunitario, buscando mejorar las condiciones de vida de los habitantes a través de la colaboración y el aprovechamiento de los recursos locales.

Este estudio evalúa su viabilidad como modelo de economía social y solidaria, enfocándose en la producción, comercialización y empoderamiento comunitario. La investigación se refiere a estas variables, abarcando tanto a las cooperativas productoras de cacao como a los pobladores, evaluando su participación y beneficios. Basada en teorías de economía social y solidaria, promueve la colaboración comunitaria y la sostenibilidad económica, ofreciendo un enfoque alternativo al desarrollo rural. La metodología fue cualitativa y cuantitativa, aplicando encuestas a una cooperativa y a los pobladores de Tecolutilla. Se realizaron entrevistas a la cooperativa con dos diseños de cuestionarios: uno sobre el perfil de la empresa, ventas, producción y empoderamiento, y otro sobre el modelo de negocio. Además, se aplicó un cuestionario a los pobladores, enfocado en datos demográficos, diversificación económica y rentabilidad

ANTECEDENTES

En Ecuador, Ponce y Franco (2019) hicieron un análisis de los costos de producción del cacao y su impacto en la rentabilidad de la Finca “El Edén”, la cual es una finca cacaotera ubicada en la vía al Triunfo que presenta diversos problemas en su rentabilidad. Dicho esto, se empleó una investigación descriptiva para basarse en la presentación de la observación y

descripción del entorno que está siendo objeto de estudio, así mismo se revisó la información contable de la Finca “El Edén”, específicamente las cuentas de ingresos, costos y gastos, para determinar su impacto en la rentabilidad de la compañía. Para este efecto, es necesaria la aplicación de indicadores financieros que midan la evolución de las cuentas durante un período y otro a través del análisis horizontal y vertical. Cuyos resultados fueron que el sector necesita programas o planes que ayuden a su desarrollo, mismo que están dispuestos a la asociatividad, sin embargo, solo si esta muestra planes concretos o alianzas con el gobierno pues ayudaría a mejorar sus relaciones y el acceso a los financiamientos ofertados de igual forma que los capaciten en conocimientos técnicos para optimizar sus recursos y minimizar sus costos, para que, a largo plazo, se pueda invertir en la producción nacional de derivados del cacao y no solo como materia prima. Por lo que se llegó a la conclusión de implementar un plan de acción para disminuir los costos de control de maleza y fertilización en un 30%, para que de esta manera la finca pueda obtener un margen de utilidad atractivo, que no solo le permita recuperar la inversión en su totalidad aun cuando el precio internacional del cacao baje, sino que retribuya a los dueños satisfactoriamente el trabajo, esfuerzo y dedicación invertido como productores agroindustriales nacionales.

México, Rivera y Gutiérrez (2019) Formularon un modelo de transporte que optimice la distribución del cacao en México minimizando el costo del transporte para una economía abierta y cerrada. Como metodología de la investigación se utilizó programación lineal para resolver el problema del transporte, ya que permite determinar la manera óptima de trasladar bienes, minimizando los costos

totales de distribución. Cuyos principales resultados muestran que el consumo aparente nacional, en 2015, fue de 51394.13 t, el consumo aparente per cápita de cacao en el país fue de 0.43 kg. Los estados que pueden ver satisfecha totalmente su demanda de cacao, únicamente con el excedente de la producción estatal de Tabasco y Chiapas, son: Guerrero, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Yucatán; mientras que Michoacán puede obtener 14 de los 65 tráileres que demanda. Lo anterior conlleva a una minimización del costo de transporte, siendo este de \$9 500 068.00. Para poder cubrir la demanda nacional de cacao se consideraron dos puertos de entrada de este cultivo y el costo mínimo de transporte fue de \$18 123 640.00.

Se pudo concluir que en 2015 la producción nacional de cacao fue insuficiente para satisfacer el consumo interno a consecuencia de esto realizaron importaciones de este producto, el consumo aparente nacional fue de 51.3 miles de toneladas por lo que se recomienda realizar un modelo de transporte considerando la demanda agroindustrial de este cultivo en cada estado de la república.

En Ecuador, Pérez y Cevallos (2021) compararon el impacto económico del cultivo del cacao del primer semestre 2019 con 2020 en el país antes mencionado. Así mismo para el estudio realizaron una investigación comparativa y descriptiva para obtener datos sobre la economía y el desarrollo social del cacao en el 2019 y 2020. Por lo que los principales resultados mostraron que existen variaciones tanto positivas como negativas y en su flujo de exportaciones no se presentó afectaciones como consecuencia de la pandemia, mientras que las importaciones tuvieron reacciones contrarias

que la exportación, exponiendo un descenso por la contracción productiva interna de la economía ecuatoriana. Donde se concluye que el sector cacaotero es uno de los productos que dinamiza la economía del país, haciendo que en el periodo del 2020 aumentara su contribución al PIB, según los datos obtenidos de SIPA, en lo cual, demuestra que el cacao es un producto que poco a poco se ha convertido en productor de ingresos marginales, que se ha vuelto llamativo por parte de los agricultores, y aún más por el aumento del precio internacional.

En Tabasco, Pérez y Akaki (2021) analizaron la importancia que tiene la innovación en el fortalecimiento de las cadenas globales en el sector cacaotero y su cadena de transformación, así mismo se discutió la importancia de formar aglomeraciones industriales, con el fin de impulsar ecosistemas innovadores que eleven la competitividad de la cadena de valor cacao-chocolate; para que, al hacerlo, se mejoren las condiciones de vida de la sociedad. Para ello se utilizó una metodología descriptiva. Obteniendo como resultados principales que existe una urgencia en la entidad para la creación y fortalecimiento de ecosistemas de innovación; así como la generación de patentes, que incidan en la calidad y sabor del chocolate que le den valor agregado. En conclusión, Tabasco ha tenido problemas económicos en los últimos años derivados de la concentración en el sector extractivo, que provocó descuido en otros sectores económicos y de sus procesos de innovación tecnológica tomando en cuenta que la innovación no necesariamente implica generar nuevos productos, sino que puede comenzar con nuevas formas de organización entre los diferentes actores en las cadenas productivas, entre productores agrícolas y agroindustrias chocolateras donde su tradición en la producción de

cacao, la convierte en una actividad de gran relevancia para los ciudadanos de estas regiones, porque es uno de los productos más emblemáticos y de mayor relevancia ambiental.

En Ecuador, Mendoza, Boza y Manjarrez (2021) analizaron la importancia que representa el posicionamiento del cacao en el mercado, estimando la competencia y la necesidad del mejoramiento de la calidad del mismo, dado su impacto a escala internacional, en el nivel de vida de los productores, en el desarrollo de este cultivo en el cantón de Quevedo y en la economía del país. Y para ello se emplearon métodos teóricos particularmente histórico y lógico para determinar las tendencias, la evolución y el desarrollo de los sistemas de producción y la comercialización; análisis y síntesis para el desarrollo de todo el proceso de investigación científica; abstracción y concreción durante toda la investigación, esencialmente para concluir las concepciones y los elementos teóricos y por último un análisis documental, mediante la exploración bibliográfica que contenga información relevante. Obteniendo como resultados que la participación del sector cacaotero no tiene demasiada influencia en las ventas a nivel internacional además que es una actividad imprescindible para satisfacer la demanda a través de la comercialización, tanto para el mercado doméstico como internacional. Se concluye que, en Cantón Quevedo, así como sus parroquias rurales, reciben un impacto directo de la producción y comercialización del cacao, teniendo un alto porcentaje de aporte a la provincia Los Ríos, representando una fuente de ingresos indispensable para su economía y para el empleo, por lo que incrementar la productividad es imprescindible, al igual que la venta del producto.

En Ecuador, Caicedo, Urgiles y Moreira (2022) observaron e interpretaron un análisis de por qué se da la reducción de precios sin tomar en cuenta el tema de la globalización la cual aumenta año a año, causando devaluó en la moneda y por esta razón menos precios para exportadores comerciantes y agricultores, así mismo interpretaron de forma correcta los resultados de la investigación y ocasionar un cambio en la cultura económica del agricultor un ejemplo a esto es la empresa de Chocolates Pacariel cual significa en quecha. La investigación cualitativa de corte aplicada, no experimental, se analizó los precios del 2019-2022. Lo principales resultados mostraron que destaca que la demanda del producto cacaotero es amplia en muchas zonas costeras y amazónicas y que existen una cantidad elevada de productores que ofertan el mismo con el objetivo de generar recursos económicos para el bienestar de sus familias. Se concluye que la competitividad del sector cacaotero depende del precio y con ello la contribución del PIB, entre mejores negociaciones en mercados internacionales, más beneficios para el país.

En Ecuador, Vargas, Molina y Cevallos (2022) analizaron a través de un estudio histórico, económico, social y político sobre la importancia de la producción de cacao, destacando momentos significativos de auges y crisis que han trascendido a nivel de economía nacional. Los métodos teóricos empleados para la investigación fueron histórico y lógico para determinar las tendencias y el desarrollo de la economía a partir de la producción del cacao, un análisis y síntesis para el desarrollo del proceso de investigación científica, además de abstracción 19 concreción para las concepciones y elementos teóricos y por ultimo un análisis documental a través de la exploración bibliográfica que contenga

información de relevancia. Cuyos resultados obtenidos es generar alternativas para aumentar su producción para la exportación como es conservar su estatus como uno de los mayores exportadores, generando el desarrollo agrícola y grandes fortalezas para la economía. Por lo que se concluye que el mercado actual del cacao muestra grandes oportunidades y potencialidades económicas para el Ecuador. Su beneficio radica en el hecho de generar alternativas para aumentar su producción para la exportación. Actualmente, Ecuador es uno de los líderes la producción mundial del cacao fino y de aroma, asumiendo un 70% del volumen de producción total, lo cual permite al país conservar su estatus como uno de los mayores exportadores, generando el desarrollo agrícola y grandes fortalezas para la economía.

METODOLOGÍA

Diseño de investigación

La investigación es híbrida con alcance exploratorio exploratorio y descriptivo, de corte transversal, se llevó a cabo una investigación de campo. (Hernández y Mendoza, 2018)

Fases y etapas de metodología

El diseño metodológico se compone de seis fases (Hernández y Mendoza, 2018)

Fase 1: En la etapa inicial de la investigación, se formuló el planteamiento del problema y se definió la idea principal del estudio, enfocándose en la producción de cacao en Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco, desde una perspectiva de economía social y solidaria. Se definieron las variables de interés, como producción, comercialización y empoderamiento comunitario, y se elaboraron los objetivos, preguntas de investigación, hipótesis y justificación del estudio.

Fase 2: Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura para realizar el metaanálisis. Se utilizó la metodología propuesta por Moher (2019), utilizando Google Académico como fuente principal. Se eligieron artículos de investigación en español publicados entre 2016 y 2023, utilizando palabras clave como cacaotero, cultura, impacto económico, comercio, economía, México y rentabilidad, y que estuvieran disponibles de manera abierta. Tras descartar libros, capítulos de libros, tesis, informes y artículos de conferencias, se procedió a una lectura completa para categorizar las variables. Se creó una bitácora de investigación detallada, incluyendo título, autores, objetivos, metodología, resultados, conclusiones, año, citas, resumen y palabras clave. Cada artículo fue evaluado con 13 indicadores de calidad académica y validado mediante estadística inferencial. Finalmente, se seleccionaron 22 artículos para el análisis final, utilizando estadística descriptiva en Microsoft Excel para comprender el contexto de estudio del cacao en modelos de negocios sostenibles.

Fase 3: Se diseñó una propuesta metodológica que incluyó la determinación de la población y la muestra. El área de estudio se centró en la comunidad de Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco, México. Según el INEGI, la población de Tecolutilla era de 10,637 habitantes. Utilizando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 3%, se calculó que el tamaño de la muestra debía ser de 44 habitantes. Además, se seleccionó a la cooperativa "La Campesina" como la única empresa de producción de cacao en la comunidad para ser parte del estudio.

Fase 4: Instrumento de recolección, primero se diseñó una cedula de entrevista de 26 preguntas con las dimensiones de perfil de la empresa, venta, producción, cantidad de producción,

empoderamiento de la mujer y comunidad. Posteriormente se diseñó un cuestionario para la segunda entrevista de 17 preguntas con las dimensiones de segmento de mercado, propuesta de valor, canales de distribución, relación con el cliente, fuentes de ingresos, recursos claves, actividades claves, socios claves y estructura de costos. Por último, se diseñó un cuestionario para la encuesta de los pobladores de 16 preguntas con las dimensiones demográfico, diversificación económica, articulación comercial, apoyo gubernamental y rentabilidad. Una vez terminados los instrumentos de recolección se validó por tres expertos obteniendo una validación de Alpha de Cronbach $\alpha = 0.96$. Se aplicó la encuesta a los pobladores y las entrevistas a la cooperativa en diciembre de 2023 de forma presencial utilizando como apoyo Google Formularios.

Fase 5: Análisis de datos y discusión, la encuesta fue aplicadas a 44 habitantes, de las cuales, el 100% deseó interés en participar, así como la cooperativa. Posteriormente, mediante una matriz de datos cuantitativos y una matriz estadística descriptiva en Excel se realizó el análisis.

Fase 6: Conclusiones y recomendaciones, finalmente se presentaron las consideraciones finales y recomendaciones conforme los resultados de la investigación.

RESULTADOS

a) Contexto entorno a los saberes, tradiciones y comercialización de la producción de Cacao en Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco.

La cooperativa "La Campesina" fue establecida en marzo de 2013 como respuesta a la inestabilidad de precios, baja demanda y el

envejecimiento de los productores. Su objetivo es recuperar la producción tradicional de cacao y promover su comercialización a través de métodos sostenibles. La producción se realiza de forma artesanal con prácticas sostenibles, como la reutilización de cáscaras de cacao como abono y el uso de filtros para aguas grises, la cooperativa busca no solo preservar las tradiciones locales sino también adoptar un enfoque ambientalmente responsable. La producción, que es principalmente artesanal y semiindustrial, produce cerca de cuatro toneladas de cacao por período ajustando la producción según la demanda para mantener la frescura del producto sin embargo su alta demanda es entre octubre y febrero.

- b) Modelo de negocio de cacao de la comunidad de Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco y su capacidad de crear valor compartido.

El modelo de negocio incluye la venta directa de cacao y productos derivados, además de actividades de agroturismo, como talleres de elaboración de chocolate. A través de estas iniciativas, la cooperativa no busca solo ingresos, sino también la preservación cultural de la producción de cacao. A pesar de estos esfuerzos, enfrenta limitaciones importantes: su producción no cubre completamente la demanda, lo que genera una dependencia de proveedores externos para abastecerse. Este modelo de negocio también se destacó por integrar alianzas internacionales, como una con una empresa estadounidense, lo que amplía su alcance, pero no eliminó la barrera de la insuficiencia en la producción

- c) Percepción de la comunidad local sobre la producción de cacao como medio de producción en un modelo de economía social y solidaria.

Las encuestas revelan una percepción mixta entre los pobladores sobre el potencial económico de la producción de cacao. Aunque existe un interés en la producción, la falta de tierras y el desinterés en la comercialización por parte de las nuevas generaciones dificultan la viabilidad a largo plazo. Además, la comunidad percibe esta actividad como poco rentable, lo que, sumado al envejecimiento de los productores y la falta de apoyo en forma de programas gubernamentales, crea una preocupación sobre la continuidad de la producción en el futuro. La mayoría de los encuestados cree que, sin intervenciones significativas, la producción de cacao podría desaparecer en la región.

CONCLUSIONES

Deben tener relación directa con el objetivo del estudio y estar respaldadas por los datos obtenidos. En este apartado también se pueden incluir algunas recomendaciones cuando los autores consideren pertinente hacerlas. Es la única parte del resumen que se redacta en tiempo presente.

A pesar de los avances expuestos, la investigación identifica algunos desafíos en la aplicación del enfoque de Economía Social y Solidaria en la producción de cacao en Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco. Mediante una combinación de encuestas, entrevistas y revisión de literatura, evidenciaron el panorama actual y futuro del cacao en esta región.

A pesar de los logros en el ámbito social, la producción de cacao enfrenta importantes desafíos económicos. La falta de interés en la comercialización por parte de la comunidad local, la incapacidad de la cooperativa para satisfacer completamente la demanda y la

dependencia de proveedores externos limitan el potencial económico del cacao. Estos obstáculos se traducen en oportunidades económicas no materializadas, afectando la capacidad de las familias locales para mejorar su situación financiera.

El análisis de los datos ha confirmado la hipótesis nula de que la producción de cacao en Tabasco no contribuye significativamente al crecimiento económico local, ni genera empleo sustancial, ni mejora de manera notable las condiciones de vida de la comunidad, especialmente para los agricultores. La literatura consultada respalda esta conclusión, destacando la necesidad de intervenciones estructurales que faciliten la integración de los productores en mercados más rentables y promuevan prácticas de producción más eficientes y sostenibles.

Una limitación importante del estudio fue la reserva de los pobladores, lo que dificultó la aplicación de los cuestionarios y, por ende, la recopilación de datos.

En conclusión, aunque el enfoque de Economía Social y Solidaria ha traído beneficios significativos en términos de integración social y sostenibilidad cultural, su impacto económico en la producción de cacao en Tecolutilla sigue siendo limitado. Superar estos desafíos requerirá un esfuerzo concertado de todos los actores involucrados, incluyendo productores, cooperativas y gobierno. Solo a través de una estrategia integrada y colaborativa se podrá transformar el potencial del cacao en una fuente sostenible de prosperidad para la comunidad de Tecolutilla.

Recomendaciones

Se proponen las líneas estratégicas para tener una Economía Social y Solidaria en la producción de Cacao de Tecolutilla, Comalcalco, Tabasco.

- Facilitar el acceso de los productores a mercados más rentables a través de la creación de alianzas con empresas nacionales e internacionales, ferias comerciales y plataformas de comercio electrónico.
- Promocionar las actividades de agroturismo rural sustentable, como visitas guiadas a las plantaciones de cacao, talleres de elaboración de chocolates y experiencias culturales, para atraer turistas y generar ingresos adicionales.
- Implementar programas educativos en las escuelas locales que fomenten el valor del cacao y la importancia de la economía social y solidaria, involucrando a las nuevas generaciones en la preservación y mejora de esta actividad.
- Realizar campañas de sensibilización en la comunidad para aumentar el interés y la participación de los pobladores en la comercialización del cacao, destacando los beneficios económicos y sociales que esto puede traer a largo plazo.

Además, se pueden seguir a futuro las siguientes líneas de investigación.

- Explorar cómo las innovaciones tecnológicas pueden ser implementadas dentro del modelo de Economía Social y Solidaria para mejorar la producción y calidad del cacao.
- Realizar estudios comparativos entre la Economía Social y Solidaria en la producción de cacao en Tecolutilla y otras regiones del municipio, identificando mejores prácticas

REFERENCIAS

Ponce, G. Franco, G. (2019). Los costos de producción y su impacto en la rentabilidad del cacao. Obtenido de Observatorio de la Economía Latinoamericana: <https://>

- www.eumed.net/rev/oel/2019/01/costos-produccion-cacao.htm
- Gutiérrez, R. y. (2019). Modelo De Transporte Para La distribución De Cacao En México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 10(3). doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1230>
- Pérez, O. Cevallos, H. Campoverde, J. (2021). Análisis comparativo del impacto económico del cultivo del cacao en Ecuador del primer semestre 2019 versus el primer semestre 2020. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(2), 169-179. Obtenido de <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/390/410>
- Akaki, P. y. (2021). Innovación y competitividad. Cadenas globales de valor: ¿Oportunidades para el desarrollo en América Latina?, 115-150. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/360354237_Cadenas_Globales_de_Valor_Oportunidades_para_el_Desarrollo_en_America_Latina
- Caicedo, U. y. (2022). Análisis del impacto económico de la reducción de precios del sector cacaoero, La Concordia 2019-2021. *Journal of Economic and Social Science Research*, 2(1), 1-17. doi: <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v2/n1/43>
- Vargas, E. Molina, X. Cevallos, E. (2022). Recorrido histórico de la importancia del cacao para la economía de Ecuador. Obtenido de *Sinergias Educativas*: <https://sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/193>

Establecimiento de un sistema de riego solar fotovoltaico en el cultivo de tomate

Miguel Ángel Rodríguez Chiunti¹

Arturo Heribia Virues¹

Adán Vidal Gamboa¹

Catalina Martínez García²

¹Tecnologico Nacional de México Campus Cosamaloapan, Boulevard San Cristóbal S/N, C.P. 95400, Cosamaloapan, Veracruz.

²Tecnologico Nacional de México Campus Linares, Carretera Nacional Km. 157, C.P. 67700, Linares, Nuevo León.

miguel.rc@cosamaloapan.tecnm.mx

RESUMEN

Para producir cultivos en óptimas condiciones se requiere principalmente del recurso hídrico, el cual para potencializar los rendimientos se aplica a través de los sistemas de riego. El objetivo de este trabajo fue establecer un sistema de riego por goteo a través de energía solar fotovoltaica en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero en Cosamaloapan, Veracruz. Considerando la disponibilidad de radiación solar en el área experimental de estudio, se justifica el establecimiento de este sistema de riego solar fotovoltaico. En primer lugar, se determinó la evapotranspiración del cultivo (ET_c) por medio del método de Blaney-Criddle dando como resultado un valor de 4.15 mm/día. Se establecieron 300 plantas en total contenidas en las tres camas de cultivo, el material vegetal utilizado fue la variedad de tomate Río Grande. El sistema de riego por goteo está constituido por dos paneles solares de 450 W cada uno, una bomba solar de 600 W, un reservorio de agua de 1100 L, un sistema de inyección venturi de ¾", 90 m de poliducto de 16 mm de diámetro y 300 goteros autocompensantes con un caudal disponible de 8 Lph. El análisis de los resultados indica que el volumen de agua diario requerido por planta (Var) es de 1.10 L/planta/día de acuerdo con la superficie

de influencia determinada de cada planta de tomate para este trabajo de 0.09 m². Se obtuvo un rendimiento promedio de 1.8 Kg/planta. Si bien es cierto que los sistemas de riego comúnmente son alimentados por energías fósiles o eléctricas, el uso de la energía solar fotovoltaica permite disminuir los efectos perjudiciales hacia el medio ambiente ya que a través del uso de paneles solares se aprovecha la radiación solar en las zonas en las que el promedio de horas luz es el óptimo.

ABSTRACT

To produce crops in optimal conditions, water resources are mainly required, which is applied through irrigation systems to enhance yields. The objective of this work was to establish a drip irrigation system through photovoltaic solar energy in the cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum*) under a greenhouse in Cosamaloapan, Veracruz. Considering the availability of solar radiation in the experimental study area, the establishment of this photovoltaic solar irrigation system is justified. Firstly, crop evapotranspiration (ET_c) was determined using the Blaney-Criddle method, resulting in a value of 4.15 mm/day. A total of 300 plants were established contained in the three growing beds, the plant material

used was the Río Grande tomato variety. The drip irrigation system consists of two solar panels of 450 W each, a 600 W solar pump, a 1100 L water reservoir, a ¾" venturi injection system, 90 m of 16 mm polyduct. diameter and 300 self-compensating drippers with an available flow rate of 8 Lph. The analysis of the results indicates that the daily volume of water required per plant (Var) is 1.10 L/plant/day according to the determined influence surface of each tomato plant for this work of 0.09 m². An average yield of 1.8 kg/plant was obtained. Although it is true that irrigation systems are commonly powered by fossil or electrical energy, the use of photovoltaic solar energy allows the harmful effects on the environment to be reduced since, through the use of solar panels, solar radiation is used in the areas. areas in which the average daylight hours are optimal.

INTRODUCCIÓN

En México, el uso de energía solar se ha ido implementado con el fin de brindar una solución y tecnificar de cierta forma los sistemas de producción agrícola. México cuenta con una capacidad para generar energía eléctrica constituida en su mayoría por hidroeléctricas, estas forman cerca del 60% del suministro total para abastecer la demanda a nivel nacional, esto debido a la gran cantidad de fuentes de recurso hídrico con el cual cuenta el país. Cerca del 26% corresponde a la generación de energía eléctrica a partir de la utilización de combustibles fósiles, como el carbón, gas y petróleo, de los cuales se tiene un tiempo estimado de reserva entre 15 y 100 años, el porcentaje restante (16 %) corresponde a las fuentes de energía renovable menos usadas en México, como lo son la eólica, biomasa y energía solar. En la región de la Cuenca baja del Papaloapan no existe registro que sustente el uso de la energía

solar fotovoltaica para el funcionamiento de sistemas de riego por goteo en algún tipo de cultivo, por tal motivo con este proyecto de investigación se marcaría un precedente en el ámbito agrícola de la región utilizando energías renovables. La Agencia Internacional de Energía (AIE) prevé que la eficiencia energética y las energías renovables contribuirán a la mitigación del cambio climático en el 2050. El sol, como fuente de energía radiante utilizada desde la antigüedad por las civilizaciones ha llegado a satisfacer algunas de las principales necesidades siendo aprovechada de manera racional. El uso de la energía ha sido una necesidad primordial desde los comienzos de la historia y actualmente con las nuevas tecnologías las energías alternas juegan un rol muy importante debido a su gran potencial. El agua que se emplea en la actualidad para el riego de tierras agrícolas representa el 70 % del consumo de este líquido a nivel mundial (Banco Mundial, 2022) y se estima que el 60 % de los alimentos extra requeridos tales como cereales, frutas y verduras para garantizar la alimentación mundial en el futuro tendrán que provenir de la agricultura bajo riego; donde los países en desarrollo disponen del 75 % del área de riego (FAO, 2021). La seguridad alimenticia del mundo depende del mejoramiento de las técnicas de riego, entre otros factores de los pequeños agricultores en países en desarrollo (Mossande et al., 2015), estos países cultivan la mitad del área agrícola mundial; sin embargo, el 80 % carece de acceso a los servicios eléctricos (Mossande et al., 2015). Los sistemas de riego localizados contribuyen al mejor rendimiento de la eficiencia del manejo del agua debido a que las dosis relativamente pequeñas multiplican la producción en un 25 % (Rogério et al., 2015); pero es evidente la necesidad de perfeccionar el diseño y manejo de éstos para que se logre mayor rentabilidad

(Lipinski et al., 2002). El riego de manera general se adapta a las pequeñas áreas de terreno y a los sistemas de riego fotovoltaicos (Núñez Arriagada et al., 2018). Esta característica es de gran importancia, debido a que en la actualidad crece la importancia económica de los sistemas fotovoltaicos (Van Campen et al., 2000). El objetivo general de este trabajo de investigación es establecer un sistema de riego por goteo en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) que funcione a través de la energía solar fotovoltaica en la localidad de Cosamaloapan, Veracruz, fomentando con esto el uso de energías renovables amigables con el medio ambiente en la agricultura.

ANTECEDENTES

A nivel mundial, ya se han iniciado proyectos que solarizan diferentes tipos de riegos presurizados. En Europa, el proyecto Maslowaten, activo en 4 países, desarrolla 5 demostradores para 5 tipos diferentes de riego y genera un total de 820 KWP; también en Chile ya hay proyectos que utilizan energía solar para alimentar sistemas de riego por goteo (INDAP, 2018); otros países como Colombia también cuentan con proyectos similares (García Moreno et al., 2013), en Argentina, específicamente Buenos Aires se ha presentado un proyecto que utiliza energía solar para alimentar sistemas de riego por goteo aplicados a campos de cebolla alcanzando una eficiencia en el uso del agua del 90 %, superando el 50% alcanzado con riegos por melga, permitiendo además de optimizar el recurso energético (INTA 2018).

METODOLOGÍA

Este trabajo fue desarrollado en el Tecnológico Nacional de México Campus Cosamaloapan bajo el área de experimentación del programa educativo de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable dentro de un invernadero

hidropónico de 5 x 18 m (90 m²). La zona se caracteriza por tener un clima cálido-húmedo, con lluvias en verano y otoño, con una precipitación pluvial de 1659 mm como promedio anual, una humedad relativa promedio de 75-80% anual, una temperatura media anual de 25.8 °C, una radiación promedio anual de 1825 kWh/m² (5 kWh/ m² al día) ligeramente extremoso y con una breve sequía de medio verano o canícula; en la temporada invernal hay una ligera baja de temperatura debida a la influencia de masas de aire polar.

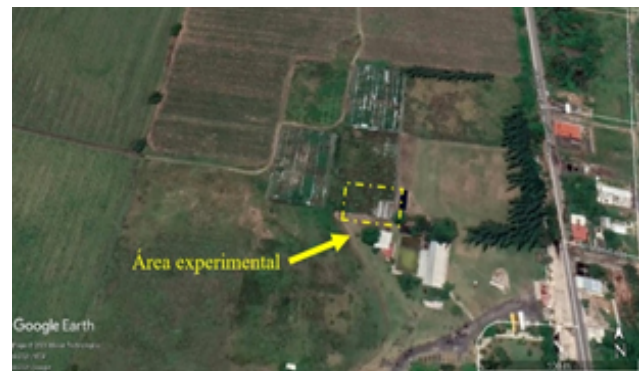


Figura 1. Lugar de desarrollo del trabajo: área experimental de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del TecNM Campus Cosamaloapan. (Fuente: Google Earth)

Los datos climatológicos necesarios para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo se obtuvieron de la estación meteorológica modelo modelo WTH600-KIT ubicada dentro de las instalaciones del Tecnológico Nacional de México Campus Cosamaloapan. Para el cálculo de las demandas y programación del riego del cultivo se utilizó el software CROPWAT 8.0, la metodología del coeficiente único propuesta por el manual de la FAO número 56 y el método de Blanney-Cridle.



Figura 2. Estación meteorológica modelo WTH600-KIT

DESARROLLO

Siembra del cultivo

La siembra se llevó a cabo en charolas de germinación con sustrato orgánico peat moss (turba canadiense) estableciendo 2 semillas por cavidad para asegurar la germinación de una planta. Posteriormente el trasplante de las plántulas de tomate se llevó a cabo en camas de cultivo compuestas por tierra natural, fertilizante orgánico Biogram y composta, el marco de plantación utilizado fue a doble hilera por cada cama cuyas dimensiones son de 15 m de largo y 0.7 m de ancho, las plantas estuvieron distanciadas a 30 cm una de otra.

Modelo CROPWAT

Se utilizó el modelo CROPWAT para determinar el requerimiento hídrico del cultivo de tomate a través de su comportamiento fenológico para un uso racional del agua usando información climática, edáfica y fenológica, este modelo está basado en la metodología descrita en el manual número 56 de la serie riego y drenaje de la FAO (George et al., 2001; Molua y Lambi, 2006; Doria y Madramootoo, 2009). Este modelo estima las reducciones en el rendimiento del cultivo cuando se explota en condiciones diferentes a las óptimas. Esta versión de software opera

bajo el concepto de evapotranspiración de referencia calculado mediante el método de Blanney-Cridle.

Evapotranspiración ETc del cultivo

El cálculo de la evapotranspiración real del cultivo (ETc) se realizó a través del método de Blanney-Cridle mediante el coeficiente único de cultivo (Kc), donde se integran los efectos combinados de la transpiración y evaporación del suelo en la relación:

$$ETc = Kc * ET0$$

donde, ETc es la evapotranspiración real del cultivo (mm), Kc el coeficiente del cultivo (adimensional) y ET0 es la evapotranspiración de referencia (mm).

Mes	Días	Fase	ETc (mm/mes)	ETc (mm/día)
Enero	31	Inicio	134.3	4.33
Febrero	29	Desarrollo	139.3	4.80
Marzo	31	Mediados	202.3	6.53
Abril	30	Fin	269.3	8.98
Total	121		745.2	

Tabla 1. Valores de la evapotranspiración real del cultivo (ETc) para cada uno de los meses y fases del cultivo.

Determinación del requerimiento de riego

Una vez calculada la evapotranspiración ETc del cultivo se procedió a determinar el requerimiento de riego para cada una de las fases del cultivo asumiendo que el requerimiento de riego equivale a la evapotranspiración del cultivo ya que al establecer el cultivo dentro de un invernadero no se consideró el aporte natural de agua de la precipitación efectiva.

Mes	Días	Fase	Rr (mm/día)
Enero	31	Inicio	4.33
Febrero	29	Desarrollo	4.80
Marzo	31	Mediados	6.53
Abril	30	Fin	8.98

Tabla 2. Valores del requerimiento de riego (Rr) del cultivo para cada uno de los meses y fases del cultivo.

Cálculo del Volumen de Agua Requerido por planta

Una vez determinado el requerimiento hídrico del cultivo en mm que se consume en cada fecha establecida para el riego, es necesario calcular la cantidad de agua en litros que necesita cada planta de tomate en cada fecha del calendario de crecimiento para posteriormente poder determinar los tiempos de riego que se emplearan para cumplir con el requerimiento hídrico de cada planta cuya entrega de agua necesaria será a través de la energía solar que hará que funcione el sistema de riego por goteo. Para el cálculo del volumen de agua necesario por planta se utilizó la siguiente ecuación: $V = Rr * S$ donde, V es el volumen o cantidad de agua requerida por planta (m^3), Rr es el requerimiento hídrico del cultivo (m) y S es la superficie de influencia a regar (m^2). Para realizar el cálculo de la cantidad de agua a aplicar a cada planta se convirtió en primer lugar cada requerimiento hídrico del cultivo de milímetros (mm) a metros (m) y se consideró una superficie de influencia a regar de $0.09 m^2$, ya que cada planta se encontraba separada a 0.3 m tanto en filas como en columnas. Por último, se realizó la conversión del volumen de m^3 a L para presentar de esta manera la cantidad de agua necesaria en L/planta al día.

Mes	Rr (mm/día)	Requerimiento hídrico	Requerimiento hídrico
		(L/planta/día)	(ml/planta/día)
Enero	4.33	0.39	390
Febrero	4.80	0.43	430
Marzo	6.53	0.59	590
Abril	8.98	0.81	810

Tabla 3. Volumen de Agua Requerido por cada planta de tomate en la zona de Cosamaloapan, Veracruz.

En la Tabla 3 se observa el Volumen de Agua Requerido por cada planta de tomate con las características de establecimiento ya mencionadas anteriormente en cada una de las fechas que comprende el calendario de riego presentado en la zona de Cosamaloapan, Veracruz.

Sistema de riego solar fotovoltaico

El sistema de riego solar fotovoltaico por goteo está constituido por dos paneles solares de 450 W cada uno, una bomba solar de 600 W, un reservorio de agua de 1100 L, un sistema de inyección venturi de $\frac{3}{4}$ ", 30 m de poliducto de 16 mm de diámetro por cada cama de cultivo y 300 goteros autocompensantes con un caudal disponible de 8 Lph. Las características de cada panel solar utilizado se resumen en la Tabla 4.

Variable	ET Solar Power
Potencia nominal (Pmax)	450 W
Voltaje máximo (Vmax)	34.70 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	12.97 A
Tensión en circuito abierto (Voc)	41.33 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	13.85 A

Tabla 4. Principales características eléctricas del panel fotovoltaico ET Solar Power.

El ángulo de inclinación óptimo para la instalación del panel solar se ha determinado según Santamaría y Castejón 2010, teniendo un ángulo de inclinación de 18° y la orientación es sur para maximizar su rendimiento (hemisferio norte).

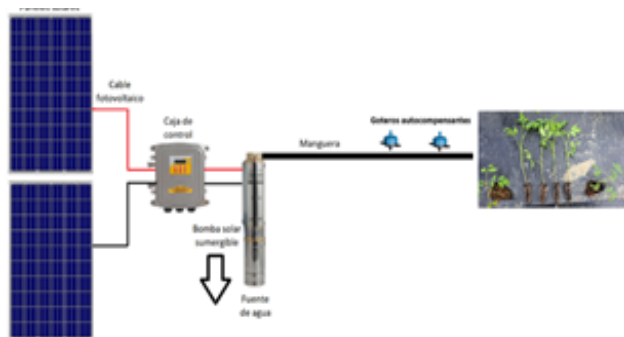


Figura 3. Representación gráfica del sistema de riego solar fotovoltaico

RESULTADOS

En Cosamaloapan, Veracruz el comportamiento de la radiación solar permite establecer sistemas solares fotovoltaicos, ya que se cuenta con un promedio de 11.18 MJ·m²/día (3.10 Kwh/m²/día), en este sentido fue posible utilizar un sistema de riego por goteo cuya operación es mediante el suministro de la energía a partir de paneles solares aplicado al cultivo de tomate. Se obtuvieron los datos climatológicos de la zona de estudio para los meses en los que

se llevó a cabo este trabajo de investigación para poder calcular la evapotranspiración y se pudo determinar que la necesidad hídrica del tomate promedio al día es de 1.10 L/planta en el periodo comprendido entre los meses de enero a abril. Esta cantidad de agua promedio diaria fue posible aplicarla a través del sistema de riego establecido, la bomba encargada de hacer fluir el agua hasta la zona del cultivo se encendió en promedio 15 minutos al día para cubrir los 1.10 L/planta requeridos.

CONCLUSIONES

Si bien es cierto que los sistemas de riego son comúnmente alimentados por energía eléctrica o combustibles, el uso de energías alternas como la energía solar fotovoltaica permite disminuir los efectos contaminantes de las fuentes de energías tradicionales, el uso de paneles solares permite aprovechar la radiación solar en zonas en las que el promedio de horas luz es el óptimo para la alimentación de las cargas de las baterías y su uso posterior en una infinidad de aplicaciones. En el caso de los sistemas de riego solares fotovoltaicos su funcionamiento está directamente determinado en función del correcto dimensionamiento de todos los componentes: panel solar, controlador de carga, batería, bomba y conexiones de agua. Si bien observamos que el gasto de inversión inicial de un sistema de riego por goteo convencional es de \$13,618.00 que resulta menor comparado con el gasto de inversión del sistema de riego solar fotovoltaico (\$15,880.00), en el sistema de riego por goteo convencional se tendrá que seguir pagando el costo de la energía eléctrica en cada ciclo del cultivo lo cual seguirá generando gastos, mientras que en el uso del sistema de riego solar fotovoltaico la inversión será única ya que al utilizar energía solar no se generaran mayores gastos y como ventaja los paneles solares tienen una

producción garantizada de energía de 25 a 30 años. Sin embargo, la mayoría de los paneles solares continúan produciendo electricidad después de este periodo de tiempo. Se elige energía solar fotovoltaica, por tratarse de una de las energías menos contaminantes, que aprovecha un recurso renovable existente en el sitio y sin costos de energía eléctrica, de fácil operación y mantenimiento, además, de no ocasionar en el sitio de operación, ningún riesgo para los seres humanos ni para el entorno. Finalmente, con la realización de este trabajo de investigación ya se cuenta con información referente al funcionamiento adecuado de un sistema de riego solar fotovoltaico en la zona de Cosamaloapan, Veracruz bajo los meses de enero a abril en los cuales las horas solares pico favorecen al correcto funcionamiento del sistema. El modelo realizado puede ser usado para analizar nuevos trabajos experimentales o teóricos, permitiendo un marco conceptual para interpretar los resultados obtenidos en diferentes ambientes, como un medio para mejorar el manejo de este tipo de sistemas en la región.

REFERENCIAS

Doorembos, J., Pruit, W. Las necesidades de agua de los cultivos, 193pp., Serie Riego y Drenaje Número 24. FAO, pp., Roma, Italia, 1997.

FAO, 1998. Manual de Riego y Drenaje. Número 56. Evapotranspiración del Cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. ISBN 92-5-304219-2. 353 pág.

Instalación Solar Fotovoltaica para el Bombeo de Agua para Riego. Tutorial número 193. 2020. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn193.html> [consultado el 23 de marzo de 2023]

Keller, J. Manual de diseño de sistema de riego por aspersión y goteo, Utah, Estados Unidos de América, 1983.

Porter, J.R. y R. Delecolle. 1988. Interaction of temperature with other environmental factors in controlling the development of plants. p. 133-156 In: Long, S.P. and F.I. Woodward (eds.). Plants and temperature. Symposia of the Society for Experimental Biology Number XXXXII. The Company of Biologists Limited, Department of Zoology, University of Cambridge, Great Britain.

Santamaría y Castejón, 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas. Editorial Editex SA, España, 192 pág. ISBN 9788497716550.

Solartronic: Irradiaciones global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal, para la República Mexicana, 66pp., Solartronic, S.A. de C.V. Departamento de Información Científico y Técnica. SOL/DT-001-03, Cuernavaca, Morelos, México, 2003.

Van Campen, B., Guidi, D., Best, G. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles, Documento de Trabajo sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales No. 3. FAO, Roma, Italia, 2000.

Villalpando, J. y Ruiz, A. C. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México. 133 p.

Evaluación de la actividad fotocatalítica de ZnO para la degradación de colorantes orgánicos

Lorenzo Antonio Cruz Santiago¹

Areli Adamary Cruz Ortiz¹

Maximiliano Salinas Angon¹

Benjamín Portales Martínez²

¹Tecnológico Nacional de México / TES de Cuautitlán Izcalli, Av. Nopaltepec s/n Fracción la Coyotera del Ejido San Antonio Cuamatla, Cuautitlán Izcalli, 54748, Estado de México

²Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA Legaria, Col. Irrigación, CDMX, 11500, México.

RESUMEN

En este trabajo se sintetizó óxido de zinc (ZnO), a través del método sol-gel, utilizando como precursores nitrato de zinc y ácido cítrico. El ZnO se utilizó para la fotodegradación de azul de metileno (MB) a través de la producción de radicales hidroxilos en medio acuoso. Los radicales hidroxilos se caracterizan por ser altamente reactivos y son inherentes a los Procesos de Oxidación Avanzada (AOP). El ZnO es un semiconductor tipo-n no tóxico y de bajo costo de producción, el cual es conocido por tener una gran actividad fotocatalítica en el tratamiento de efluentes industriales. Este fotocatalizador fue caracterizado por Espectroscopia Infrarroja (IR), difracción de rayos-X (XRD) y Espectroscopia UV-Vis por Reflectancia Difusa (DRS), también, por medio de análisis termogravimétrico (TGA) se obtuvo la temperatura de tratamiento térmico y de forma experimental se determinó el tiempo de residencia. El seguimiento de la degradación de colorante fue realizado por Espectroscopia UV-Vis para líquidos, y los porcentajes de degradación se obtuvieron mediante los valores de absorbancia de cada muestra en intervalos de 30 minutos. El proceso de degradación se realizó dentro de una cámara oscura equipada con una lámpara de luz UV-C. Por otra parte, a través

de la interpretación de los datos cinéticos se realizó la determinación del orden y de la constante de reacción. Para los experimentos de degradación del colorante se utilizó una solución 30 μM de MB con 0.4 g/L de ZnO sometida a una lámpara de radiación UV de 258 nm (UV-C) y 6W. Se obtuvieron porcentajes de degradación superiores al 90%.

ABSTRACT

In this work, zinc oxide (ZnO) was synthesized by the sol-gel method, using zinc nitrate and citric acid as precursors. ZnO was used for methylene blue (MB) photodegradation through the production of hydroxyl radicals in aqueous medium. Hydroxyl radicals are characterized by being highly reactive and are inherent to Advanced Oxidation Processes (AOP). ZnO is a non-toxic and low-cost n-type semiconductor, which is known for its high photocatalytic activity in the treatment of industrial effluents. This photocatalyst was characterized by infrared spectroscopy (IR), X-ray diffraction (XRD), and UV-Vis diffuse reflectance spectroscopy (DRS). Also, the thermal treatment temperature was obtained using thermogravimetric analysis (TGA) and the residence time was determined experimentally. The dye degradation was

monitored by UV-Vis spectroscopy for liquids, and the degradation percentages were obtained through the absorbance values of each sample at 30-minute intervals. Furthermore, the order and reaction constant were determined through the interpretation of the kinetic data. For the dye degradation experiments, a 30 μM MB solution with 0.4 g/L of ZnO was used, subjected to a 258 nm UV radiation lamp (UV-C) and 6W. Degradation percentages greater than 90% were obtained.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los procesos de oxidación avanzada (AOP's) juegan un papel importante en la descomposición de moléculas orgánicas. El uso de materiales con alta actividad fotocatalítica es crucial para obtener mayores porcentajes de degradación.

Existen diversas tecnologías para el tratamiento de agua residual y, en este sentido, la fotocatalisis es una técnica emergente que puede emplearse en la etapa terciaria de dicha tecnología. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario el mejoramiento de las propiedades fotocatalíticas de diversos materiales como son el óxido de zinc (ZnO) [1].

El ZnO es un material de gran utilidad por su amplia capacidad fotocatalítica, baja toxicidad y bajo costo de producción industrial. El uso de estos óxidos como fotocatalizadores favorece la degradación de colorantes orgánicos [2].

En este trabajo de investigación se sintetizó óxido de zinc (ZnO) por el método sol-gel con el fin de evaluar su actividad fotocatalítica para la degradación de azul de metileno.

El material sintetizado fue caracterizado mediante Espectro Infrarrojo (IR), Difracción de Rayos-X (XRD) y Espectroscopia UV-Vis por Reflectancia Difusa (DRS), además, por medio de análisis termogravimétrico (TGA) se obtuvo la temperatura de tratamiento térmico y de

forma experimental se determinó el tiempo de residencia.

El procedimiento se llevó a cabo en una cámara oscura acondicionada con un agitador magnético y una lámpara de luz UV-C. Para evaluar la actividad fotocatalítica del ZnO se realizaron mediciones de absorbancia cada 30 min con ayuda de un equipo UV-Vis.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para esta síntesis utilizamos como precursores el ácido cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) y nitrato de zinc hexahidratado ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), ambos con una pureza del 99%. Se prepararon 40 ml de solución de ácido cítrico 0.6 M y 40 ml de solución de nitrato de zinc 1.2 M. Las dos soluciones fueron mezcladas en agitación magnética durante 10 minutos y fueron secadas a 70°C por 48h. Después del secado las muestras se sometieron a tratamiento térmico utilizando intervalos de 15 minutos cada 100°C hasta llegar a 400°C , manteniendo esta última temperatura durante 3h. El material fue etiquetado como ZB05.

Por otro lado, se prepararon 250 ml de solución $30\ \mu\text{M}$ de azul de metileno. En una primera etapa, a esta disolución se le añadieron 100 mg del catalizador ZB05 y posteriormente se introdujo a una cámara oscura a 600 rpm durante 30 min con el fin de alcanzar el equilibrio. En una segunda etapa, la solución es irradiada con una lámpara UV de 6W ($\lambda = 258\ \text{nm}$) durante 2 horas, monitoreando la temperatura y tomando alícuotas de 2.5 ml cada 30 min para realizar las mediciones de absorbancia por UV-Vis, con un equipo Thermo Scientific Evolution 220, en un intervalo de 200 a 800 nm de longitud de onda. La caracterización por medio de TGA del xerogel ZB05 se midió con un equipo TGA Q5000 IR (de TA instruments) en un intervalo de temperatura de 50°C a 850°C , con la finalidad de determinar la temperatura adecuada para la formación

de ZnO. La formación cristalina de la muestra después del tratamiento térmico fue analizada por difracción de rayos-X usando un equipo Bruker D8 Advance.

RESULTADOS

En la Fig. 1 se muestran los resultados obtenidos de la degradación de azul de metileno utilizando como parámetro la absorbancia de cada muestra en distintos tiempos de reacción. Cada una de las alícuotas se midió en intervalos de 30 minutos. Para la muestra ZB05 los resultados arrojaron una degradación del 92% del azul de metileno.

El número de sitios activos en la superficie y un valor amplio de banda prohibida son los factores principales que limitan la actividad fotocatalítica de un semiconductor. De este modo, la principal razón de que la muestra ZB05 presentó una mejor actividad fotocatalítica es debido a su tamaño de cristalito, lo que afecta directamente a los sitios activos en la superficie del catalizador, adicionalmente, el valor de banda prohibida explica su buena interacción con la radiación UV-C [3].

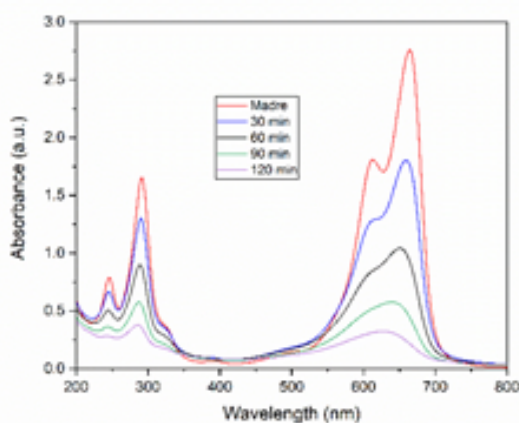


Fig. 1 Prueba de degradación de azul de metileno usando como catalizador la muestra ZB05.

Para la determinación del orden de reacción y su constante cinética, se tomaron datos de concentración y tiempo de las pruebas de degradación realizadas y así encontrar el mejor ajuste al comportamiento que presenta la descomposición de la molécula de MB, tomando como base la ecuación de velocidad de reacción. La reacción química se ajusta a un comportamiento de primer orden, con un valor de constante cinética (k) de $3.6527 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

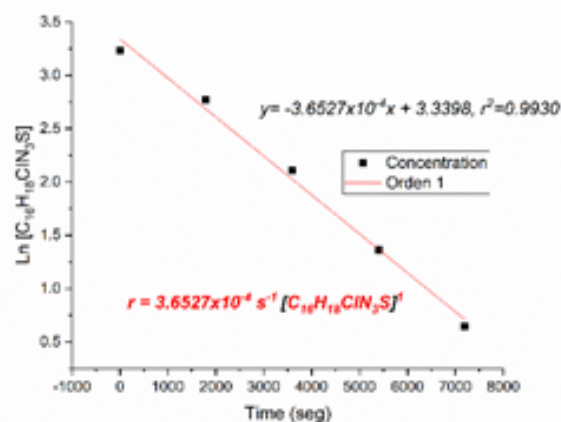


Fig. 2 Cinética química y velocidad de reacción en la degradación de azul de metileno usando ZB05.

En la Fig. 3 se muestra la difracción de rayos x de la muestra ZB05, en donde, por medio de un ajuste de perfil se determinó el tamaño de cristalito y la forma que presentan las partículas. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

La eficiencia del material ZB05 está directamente relacionada a su tamaño de cristalito el cual fue de alrededor de 202.38 Angstroms.

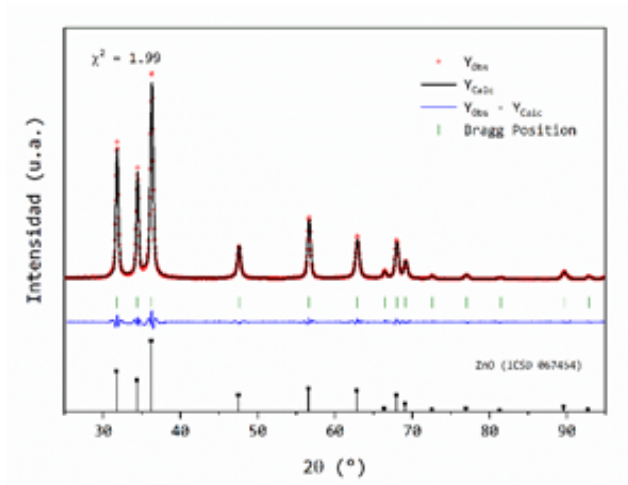


Fig. 3 XRD para la identificación del tamaño de cristalito de la muestra ZB05.

Tabla 1. Datos resumidos del ajuste de perfil de los patrones XRD de la muestra ZB05.

Sistema	ZB05
Fase	ZnO
Parámetros de celda (Å)	(P63mc)
	a, b = 3.24686
	c = 5.20399
V (Å)	47.511
Geometría	Hexagonal
Tamaño de cristalito (Å)	202.38
Microtensiones (%%)	18.2276

La energía del bandgap (E_{Gap}) se determinó a partir de las mediciones por espectroscopía de reflectancia difusa utilizando la función de remisión de Kubelka-Munk, obteniendo un mejor ajuste para una transición directa (Fig.4) [4]. El valor de banda prohibida para ZB05 concuerda con lo reportado en la literatura para el ZnO ($\approx 3.2-3.4$ eV). La eficiencia de ZB05 como fotocatalizador se debe a su valor amplio de banda prohibida (3.20 eV) y a su respuesta fotocatalítica intensa en radiación UV-C [5].

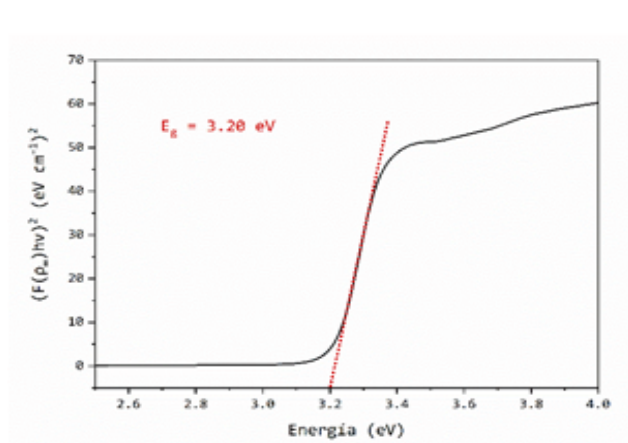


Fig. 4 Identificación del valor de banda prohibida del material ZB05.

Se obtuvo el análisis termogravimétrico del xerogel de la muestra ZB05 (Fig. 5) para determinar los cambios de fase y el tratamiento térmico más adecuado para la formación de ZnO. Se identificaron cuatro zonas de pérdida de masa que corresponden con: (1) 13.3% de agua fisisorbida hasta 110 °C, (2) 33.5% de agua quimisorbida hasta 187 °C, (3) 16% atribuido a la descomposición de ácido cítrico hasta 244 °C y, (4) 15.6% derivado de la liberación del grupo nitrato proveniente del precursor de zinc y de la descomposición total de ácido cítrico hasta 500 °C.

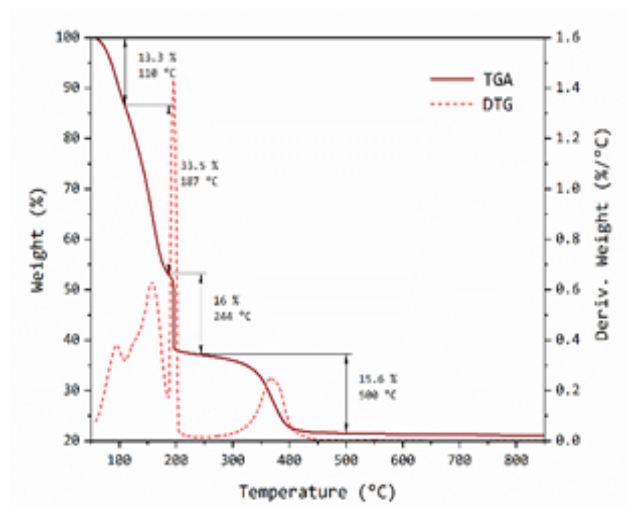


Fig. 5 Curvas TGA y DTG del xerogel de la muestra ZB05.

En la Fig. 6 se puede observar la medición del espectro infrarrojo a la muestra de ZnO sintetizada por el método sol-gel (ZB05), la cual tuvo un tratamiento térmico a 400°C por tres horas. El estiramiento alrededor de 2335 cm^{-1} se debe a la existencia de moléculas de CO_2 {6}. Las señales que se pueden observar alrededor de 1385 cm^{-1} y 1740 cm^{-1} se debe a la vibración de enlaces H-O-H lo que nos indica la presencia de partículas de H_2O en los cristales de ZnO {7}, esto debido al tipo de síntesis que se realizó para este material (sol-gel). La banda alrededor de 877 cm^{-1} se relaciona a las frecuencias vibratorias debido a algún cambio en las características microestructurales debido a la adición de partículas metálicas a la red Zn-O que pudieron adherirse a la superficie como consecuencia de la recolección de ZnO posterior al secado {8}{9}.

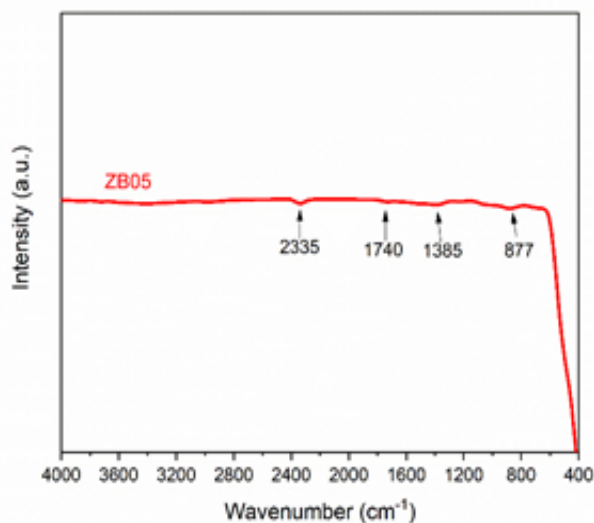


Fig. 6 Espectro infrarrojo de la muestra de ZnO (ZB05)

CONCLUSIÓN

Se investigó la capacidad fotocatalítica del ZnO sintetizado por el método sol-gel para evaluar su comportamiento en la degradación de azul de metileno. Se determinó que el material ZB05 es un

catalizador que presenta una degradación de azul de metileno aceptable (92%) mediante el uso de lámparas UV convencionales, este resultado permite perfilar el uso de este material en sistemas de tratamiento de agua residual de la industria textil.

REFERENCIAS

- {1} Tekin, D., Kiziltas, H., & Urgan, H. (2020). Kinetic evaluation of ZnO/TiO₂ thin film photocatalyst in photocatalytic degradation of Orange G. *Journal of Molecular Liquids*, 306, 112905.
- {2} Santiago, L. A. C., Salazar, A. L. M., Moreno, J. V., Hernández, O. R., & Martínez, B. P. (2022). Fe-Zn-Ti combined systems as photocatalysts for hydroxyl radicals production in sunlight. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(74), 31888-31902.
- {3} Zhang, Y., Zhou, B., Chen, H., & Yuan, R. (2023). Heterogeneous photocatalytic oxidation for the removal of organophosphorus pollutants from aqueous solutions: A review. *Science of the Total Environment*, 856, 159048.
- {4} Makuła, P., Pacia, M., & Macyk, W. (2018). How to correctly determine the band gap energy of modified semiconductor photocatalysts based on UV-Vis spectra. *The journal of physical chemistry letters*, 9(23), 6814-6817.
- {5} Chitra, M., Mangamma, G., Uthayarani, K., Neelakandeswari, N., & Girija, E. K. (2020). Band gap engineering in ZnO based nanocomposites. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 119, 113969.
- {6} Muthukumaran, S., & Gopalakrishnan, R. (2012). Structural, FTIR and photoluminescence studies of Cu doped ZnO nanopowders by co-

- precipitation method. *Optical Materials*, 34(11), 1946-1953.
- {7} Raja, K., Ramesh, P. S., & Geetha, D. (2014). Structural, FTIR and photoluminescence studies of Fe doped ZnO nanopowder by co-precipitation method. *Spectrochimica acta part A: molecular and biomolecular spectroscopy*, 131, 183-188.
- {8} Achehboune, M., Khenfouch, M., Boukhoubza, I., Leontie, L., Doroftei, C., Carlescu, A., ... & Jorio, A. (2022). Microstructural, FTIR and Raman spectroscopic study of Rare earth doped ZnO nanostructures. *Materials Today: Proceedings*, 53, 319-323.
- {9} Dobrozhan, O., Opanasyuk, A., Kolesnyk, M., Demydenko, M., & Cheong, H. (2015). Substructural investigations, Raman, and FTIR spectroscopies of nanocrystalline ZnO films deposited by pulsed spray pyrolysis. *physica status solidi (a)*, 212(12), 2915-2921.

Fundamentos teóricos y recomendaciones para la implementación de metodologías híbridas en pmos

Zaira Priscila Martínez Rodríguez¹

Fabiola Comenero Fonseca²

¹Estudiante de Doctorado en Proyectos de la Universidad Americana de Europa. UNADE. Av. Bonampak Sm. 6-Mz. 1, Lt. 1, 77500 Cancún, Q.R.

²Prof. Investigadora de tiempo completo del Departamento de Arquitectura, Diseño y Comunicación. Universidad La Salle México. Av. Benjamín Franklin 45, Colonia Condesa, Cuauhtémoc, 06140 Mexico City, CDMX, Mexico/Departamento de Formación. Universidad Americana de Europa, Cancún Quintana Roo, México

RESUMEN

Este artículo revisa el estado actual de la gestión de proyectos, con un enfoque en la integración de sostenibilidad y eficiencia. Se explora cómo las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMOs) pueden emplear metodologías híbridas, que combinan metodologías ágiles y predictivos, en la gestión de proyectos sostenibles. Estas metodologías permiten enfrentar desafíos clave como la falta de capacitación, la resistencia al cambio y la escasez de recursos. Además, se examinan estudios sobre la gamificación como herramienta para mejorar la evaluación y adopción de estas prácticas.

Los resultados revelan que las PMOs enfrentan barreras significativas que limitan la implementación de prácticas sostenibles; sin embargo, se identifican oportunidades para integrar con éxito metodologías híbridas. Esto resalta la importancia de combinar metodologías ágiles y predictivos para abordar los desafíos actuales.

El análisis subraya la relación entre estas prácticas y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), demostrando cómo la sostenibilidad puede integrarse de manera efectiva en la gestión de proyectos. Se

ofrecen recomendaciones para mejorar la aplicación de metodologías híbridas en PMOs, proporcionando una base teórica y práctica para futuras investigaciones y para profesionales interesados en optimizar la gestión de proyectos sostenibles.

ABSTRACT

This article reviews the current context of project management, focusing on the integration of sustainability and efficiency. It examines how Project Management Offices (PMOs) can apply hybrid methodologies in sustainable project management, addressing challenges such as lack of training, resistance to change, and resource shortages. The review covers studies on the gamified evaluation of these methodologies.

The findings reveal that PMOs face obstacles limiting the effective implementation of sustainable practices, but also identify opportunities to integrate agile and predictive approaches. This highlights the need to combine these methodologies to tackle contemporary challenges.

The analysis emphasizes the relationship between these practices and the Sustainable

Development Goals (SDGs), demonstrating how sustainability can be effectively incorporated into project management. Recommendations are provided to improve the application of hybrid methodologies in PMOs, establishing a theoretical and practical foundation for future research and for professionals seeking to optimize sustainable project management.

INTRODUCCIÓN

Este artículo resalta la importancia de integrar metodologías híbridas en la gestión de proyectos de construcción sostenible dentro de las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMOs), en alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estas metodologías híbridas, que combinan metodologías ágiles y predictivos, proporcionan la flexibilidad necesaria para manejar la complejidad inherente a los proyectos de construcción sostenible.

Sin embargo, para aplicar con éxito estas metodologías, es crucial superar obstáculos como la falta de capacitación y la resistencia al cambio, dos problemas recurrentes en la implementación de nuevas metodologías en las PMOs. Además, la gamificación se presenta como una herramienta clave para mejorar la motivación y el compromiso de los equipos de trabajo, facilitando su adopción de prácticas sostenibles y alineadas con las metas de los ODS.

Para profundizar en el análisis, se incluyen estudios de caso que demuestran cómo la combinación de metodologías ágiles y predictivas se ha implementado en proyectos de construcción sostenible. Asimismo, la investigación utiliza una combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos, con una triangulación metodológica que refuerza la comprensión de los fenómenos estudiados, garantizando una evaluación rigurosa de las

metodologías híbridas. Esto proporciona una base sólida para futuras investigaciones y ofrece a los profesionales soluciones prácticas e innovadoras para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos sostenibles.

ANTECEDENTES

El interés por la sostenibilidad en la gestión de proyectos ha crecido considerablemente en las últimas décadas debido a la preocupación global por el cambio climático y la conservación de los recursos naturales. Stuhldreher y Avance (2020) {8} destacan que este aumento en la conciencia sobre la mitigación y adaptación al cambio climático ha generado un mayor enfoque en la sostenibilidad. La construcción sostenible se ha vuelto esencial, no solo por sus beneficios ambientales, sino también por la demanda de mercados que buscan proyectos alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, como el ODS 11 (Ciudades sostenibles) y el ODS. 13 (Acción por el clima). Esto ha impulsado el desarrollo de normativas y certificaciones como LEED y BREEAM, que promueven prácticas ecológicas y eficientes.

Simultáneamente, PMI (2024) {6} menciona que la gestión de proyectos ha evolucionado hacia metodologías híbridas, integrando metodologías ágiles y predictivas para adaptarse a la complejidad y cambios en los proyectos de sostenibilidad. Estas metodologías permiten a las PMO adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto, mejorando la flexibilidad y capacidad de respuesta. Sin embargo, Stuhldreher y Avance (2020) señalan que aún persiste una falta de conocimiento y participación institucional en la acción climática, lo que muestra áreas que requieren atención adicional para la implementación efectiva de estrategias sostenibles.

Este artículo se enmarca en este contexto, explorando cómo la sostenibilidad y las metodologías híbridas pueden ser claves para mejorar la gestión de proyectos de construcción sostenible.

METODOLOGÍA

En este artículo, se emplea una metodología mixta para llevar a cabo una revisión exhaustiva de la literatura y analizar la implementación de metodologías híbridas en la gestión de proyectos de desarrollo sustentable a través de las PMO. Esta metodología combina enfoques cualitativos y cuantitativos, lo que permite realizar una evaluación integral de los estudios y prácticas existentes en el campo. A través de la recopilación y análisis de fuentes académicas relevantes, se busca identificar tanto las tendencias actuales como las brechas en el conocimiento.

El enfoque cualitativo permitirá explorar cómo diferentes estudios han abordado la implementación de metodologías híbridas, mientras que el enfoque cuantitativo proporcionará una visión más estructurada y medible del impacto y la eficacia de estas metodologías en la práctica. Entre los pasos específicos a seguir, se incluye la identificación de palabras clave y la definición de criterios de inclusión y exclusión de estudios, seguido de un análisis comparativo de los resultados.



Figura 1: Fases revisión literaria. La revisión

literaria permite establecer el contexto, identificar avances y detectar áreas de oportunidad para contribuir al conocimiento.

DESARROLLO

Este artículo integra conceptos clave y teorías sobre la evaluación metodológica y la gestión de proyectos en la construcción sostenible. La investigación aborda cómo las PMOs deben integrar metodologías híbridas en proyectos sostenibles, enfrentando desafíos como la falta de capacitación, la resistencia al cambio y recursos limitados, factores que pueden comprometer la calidad y sostenibilidad a largo plazo.

La evaluación metodológica analiza la eficacia de diferentes enfoques en este contexto. Moscoso-Zea y Luján-Mora (2017) {5} resaltan la importancia de la Arquitectura Empresarial para gestionar el conocimiento y mejorar procesos. Charres, Villalaz y Martínez (2018) {2} exploran la triangulación metodológica, destacando la combinación de enfoques para validar resultados, fundamental en la construcción sostenible. Canales y Álvarez (2017) {1} señalan que la falta de personal calificado y tecnología adecuada obstaculizan la innovación en proyectos.

La selección metodológica se centra en elegir la metodología más adecuada para un proyecto, considerando su alcance y recursos. Santos, Trevisan y Veloso (2021) {7} sugieren que la gamificación puede mejorar la colaboración y rendimiento de los equipos de proyecto. Hillier y Hillier (2008) {4} aplican modelos cuantitativos como PERT/CPM para optimizar la gestión de recursos.

Según Thacker et al. (2018) {9}, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son fundamentales

para guiar la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura. Cada ODS está vinculado a proyectos específicos que demuestran cómo la infraestructura puede contribuir a alcanzar las metas de desarrollo sostenible. Los proyectos de UNOPS, por ejemplo, abordan la gestión de residuos, la resiliencia ante el cambio climático y la mejora de la infraestructura educativa y de salud, todos alineados con los ODS correspondientes.

La interdisciplinariedad será clave para abordar los desafíos en proyectos sostenibles, integrando conocimientos de distintas áreas para desarrollar soluciones robustas y adaptables, mejorando así la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos.

La Figura 2 muestra la convergencia de diferentes disciplinas, como la psicología organizacional, la tecnología, la administración empresarial y la gamificación, para ofrecer un enfoque integral que optimiza la implementación de metodologías híbridas y promueve la colaboración eficiente en proyectos sostenibles.

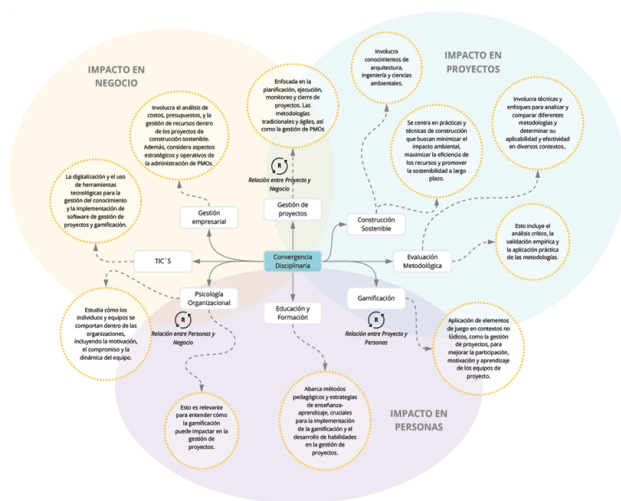


Figura 2: Convergencia interdisciplinaria en la gestión de proyectos sostenibles: integración de diversas disciplinas para

optimizar metodologías híbridas y mejorar la eficiencia y sostenibilidad.

El PMI (2024) {6} destaca la importancia de seleccionar la metodología adecuada para lograr resultados exitosos en un proyecto. En la sección "Choosing The Right Approach Is Just The Beginning", se enfatiza que elegir el enfoque correcto, especialmente uno híbrido que combine prácticas predictivas y ágiles, es clave para enfrentar desafíos y mejorar el rendimiento. Sin embargo, la metodología por sí sola no garantiza el éxito; la personalización del enfoque es fundamental.

El informe describe tres tipos principales de metodologías:

Ágil: Flexible y adaptable, prioriza la colaboración, el cambio y la entrega continua de valor, con equipos autoorganizados.

Predictiva: Tradicional y secuencial, sigue un plan establecido desde el inicio, con un enfoque planificado y estructurado.

Híbrida: Combina elementos ágiles y predictivos para ajustarse a las necesidades específicas de cada proyecto, aprovechando las fortalezas de ambas metodologías.

Las metodologías híbridas incluyen planificación flexible, iteraciones incrementales, colaboración activa, gestión de riesgos combinada y adaptabilidad, ajustándose a los cambios en los requisitos del proyecto. Aunque varían según el proyecto, las metodologías híbridas permiten una gestión más efectiva de la complejidad y diversidad de los proyectos actuales.

RESULTADOS

Hallazgos significativos:

Integración de Metodologías Híbridas en PMOs: Las PMOs enfrentan desafíos en la implementación de metodologías híbridas en proyectos sostenibles, debido a la falta de capacitación, resistencia al cambio y recursos limitados. Superar estos obstáculos es clave para mejorar la efectividad de las prácticas sostenibles.

Gamificación como Herramienta Motivacional: La gamificación mejora la motivación y compromiso, aumentando el rendimiento del equipo, lo cual es esencial para asegurar la calidad y sostenibilidad de los proyectos.

Evaluación Metodológica Eficaz: La combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos en la evaluación metodológica es crucial para determinar la eficacia de las técnicas, enriqueciendo la comprensión mediante la triangulación metodológica.

Importancia de la Selección Metodológica: Elegir la metodología adecuada es vital para el éxito. Las metodologías híbridas proporcionan flexibilidad para manejar la complejidad de los proyectos actuales.

Metodologías híbridas y ODS: Al combinar metodologías ágiles y predictivos, las metodologías híbridas facilitan la ejecución de proyectos alineados con los ODS, mejorando la eficiencia en áreas como gestión de residuos y resiliencia climática.

Oportunidades detectadas:

Flexibilidad y Adaptabilidad: Las metodologías híbridas combinan agilidad y estructura predictiva, creando un marco flexible que se adapta a las necesidades cambiantes, esencial en los proyectos sostenibles ante factores impredecibles.

Mejora en la Motivación y Compromiso del Equipo: La gamificación motiva a los equipos mediante desafíos y recompensas, mejorando el rendimiento y reteniendo talento, lo que fomenta una cultura organizacional positiva.

Innovación en Prácticas Sostenibles: Las metodologías híbridas permiten ajustes rápidos, promoviendo la adopción de tecnologías sostenibles que reducen el impacto ambiental y mejoran la eficiencia energética.

Colaboración Interdisciplinaria: Fomentan la colaboración entre expertos de diversas áreas, generando soluciones más efectivas y alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Obstáculos detectados:

Resistencia al Cambio: La adopción de metodologías híbridas enfrenta resistencia de equipos acostumbrados a métodos tradicionales, lo que puede ralentizar su implementación. Es crucial aplicar estrategias de gestión del cambio con capacitación y comunicación efectiva.

Falta de Capacitación Adecuada: La falta de formación en metodologías híbridas y gamificación impide su aplicación efectiva. Es esencial invertir en programas de capacitación que cubran tanto aspectos teóricos como prácticos.

Complejidad en la Integración de Metodologías: La integración de metodologías ágiles y predictivas puede ser compleja, especialmente en proyectos grandes. El equilibrio entre flexibilidad y estructura requiere una planificación cuidadosa para evitar inconsistencias.

Recursos Limitados: La implementación de metodologías híbridas y gamificación puede demandar recursos adicionales de tiempo y dinero. Justificar el retorno de inversión es clave para facilitar su adopción mostrando mejoras en eficiencia.

CONCLUSIONES

Este artículo integra conceptos clave y teorías sobre la evaluación metodológica y la gestión de proyectos en la construcción sostenible, subrayando la importancia de aplicar metodologías híbridas en las PMOs para enfrentar los desafíos de sostenibilidad. Los principales obstáculos que estas oficinas enfrentan, como la falta de capacitación, resistencia al cambio y recursos limitados, afectan la calidad y sostenibilidad a largo plazo de los proyectos.

En este contexto, la evaluación metodológica resulta fundamental, ya que permite analizar la eficacia de diferentes enfoques. Moscoso-Zea y Luján-Mora (2017) {5} resaltan cómo la Arquitectura Empresarial contribuye a gestionar el conocimiento y optimizar procesos, algo crucial para la sostenibilidad en proyectos. De manera complementaria, Charres, Villalaz y Martínez (2018) {2} exploran la triangulación metodológica, destacando la combinación de enfoques para validar resultados, lo cual es esencial para los proyectos sostenibles. Además, Canales y Álvarez (2017) {1} señalan que la falta de personal calificado y tecnología adecuada obstaculiza la innovación, lo que

impacta directamente en la implementación de soluciones sostenibles.

La selección metodológica es otro componente clave, donde la elección de la mejor metodología para un proyecto depende de factores como su alcance y los recursos disponibles. En este sentido, Santos, Trevisan y Veloso (2021) {7} sugieren que la gamificación puede ser una herramienta poderosa para mejorar la colaboración y el rendimiento de los equipos de trabajo. Por otro lado, Hillier y Hillier (2008) {4} proponen el uso de modelos cuantitativos como PERT/CPM para optimizar la gestión de recursos, brindando una visión más técnica en la planificación.

El informe de Thacker et al. (2018) {9} destaca que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) deben guiar la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura, subrayando que cada ODS está vinculado a proyectos específicos que demuestran cómo la infraestructura puede contribuir a las metas de desarrollo sostenible. Como ejemplo, se presentan proyectos de UNOPS que abordan la gestión de residuos, la resiliencia ante el cambio climático y la mejora de infraestructuras educativas y de salud, todos alineados con los ODS.

La interdisciplinariedad emerge como un enfoque clave para abordar los desafíos en proyectos sostenibles. Al integrar conocimientos de distintas áreas, se pueden desarrollar soluciones más robustas y adaptables, lo que mejora la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos. En esta línea, disciplinas como la psicología organizacional, tecnología, administración empresarial y gamificación convergen para ofrecer un enfoque integral que optimiza la implementación de metodologías híbridas y promueve la colaboración eficiente en proyectos sostenibles.

Finalmente, el PMI (2024) {6} enfatiza que seleccionar la metodología adecuada es solo el primer paso para garantizar el éxito de un proyecto. En su sección "Choosing The Right Approach Is Just The Beginning", subraya la importancia de elegir metodologías híbridas, especialmente para proyectos que requieren flexibilidad y adaptación constante a las condiciones cambiantes del entorno.

REFERENCIAS

- {1} Canales, M., & Álvarez, R. (2017). Impacto de los obstáculos al conocimiento en la innovación de las empresas chilenas. *Journal of Technology Management & Innovation*, 12(3), 78-85. [ISSN: 0718-2724]
- {2} Charres, H., et al. (2018). Triangulación: Una herramienta adecuada para las investigaciones en las ciencias administrativas y contables. *Revista FAECO sapiens*, 1(1). [ISSN: 2644-3821]
- {3} Cano, Yaiseth Frangakis (2022) Metodología híbrida de dirección de proyectos aplicada a la industria de la construcción. *I+ D Tecnológico*, 18 (2). pp.136-153. <https://repositorio.unini.edu.mx/id/eprint/5908>
- {4} Hillier, F. S., & Hillier, M. S. (2008). *Métodos cuantitativos para administración* (3ra ed.). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S. A. DE C. V. [ISBN 13: 978-970-10-6532-7]
- {5} Moscoso-Zea, O., & Lujan-Mora, S. (2017). Metodologías Sugeridas de Evaluación y Selección de Software de Arquitectura Empresarial para la Digitalización del Conocimiento. *Enfoque UTE*, 8(1), Suppl, 315-328. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.144>
- {6} Project Management Institute. (2024). *PMI Pulse of the Profession 2024 Report*.
- {7} Santos, S. A., Trevisan, L. N., & Veloso, E. F. R. (2021). Results and Elasticity of Gamification in Training and Development Processes. *Gestão & Regionalidade*, 37(111), 251-267. <https://doi.org/10.13037/gr.vol37n111.6810>
- {8} Stuhldreher, M., & Avance, A. (2020). Avances y desafíos del desarrollo sostenible en Uruguay y sus implicancias territoriales: Una mirada a la localización de los ODS en Tacuarembó. *Redes. Revista do Desenvolvimento Regional*, 25, 1652-1675. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=552068329009>
- {9} Thacker, S., et al, (2018). La infraestructura como base del desarrollo sostenible <https://www.unops.org/es>

Gestión estratégica de paneles solares: optimizando la energía renovable en el contexto corporativo

Colmenero Fonseca Fabiola *¹

Palomino Bernal Juan Francisco²

Rodríguez Pérez Ramiro³

¹Departamento de Arquitectura, Diseño y Comunicación. Universidad La Salle México. fa.colmenerof@gmail.com.
Autor para correspondencia

²Instituto Universitario de Tecnología de Materiales/PhD. Arquitectura, Patrimonio y Ciudad. Universitat Politècnica de València E-mail: jfpalber@doctor.upv.es

³Instituto Universitario de Tecnología de Materiales/PhD. Arquitectura, Patrimonio y Ciudad. Universitat Politècnica de València E-mail: rrodper@doctor.upv.es

Correo electrónico autor principal: fa.colmenerof@gmail.com

RESUMEN

La transición hacia fuentes de energía sostenibles ha impulsado una adopción de tecnologías fotovoltaicas, con los paneles solares consolidándose como solución clave del sector corporativo³. Este artículo presenta un estudio basado en un análisis mixto, combinando una investigación cualitativa y cuantitativa para examinar estrategias efectivas en la gestión de paneles solares en entornos empresariales. Evaluando 30 empresas del sector manufacturero y servicios en México. Seleccionadas por su alto consumo energético y compromiso sostenible. Los resultados revelan que la optimización del rendimiento de los paneles solares depende de factores como la ubicación de los sistemas, elección de tecnología avanzada de monitoreo e integración de programas de mantenimiento predictivo. Los hallazgos subrayan la importancia de una gestión estratégica y personalizada de la energía solar, adaptada a las necesidades particulares de cada sector y empresa. Se destacan las mejores prácticas y tácticas garantizando una integración efectiva de la energía solar como estrategia corporativa.

Palabras clave: Energía renovable, Gestión estratégica, Paneles solares, Sostenibilidad corporativa

ABSTRACT

The transition towards sustainable energy sources has driven an adoption of photovoltaic technologies, with solar panels establishing themselves as a key solution in the corporate sector. This article presents a study based on a mixed analysis, combining qualitative and quantitative research to examine effective strategies in the management of solar panels in business environments. Evaluating 30 companies in the manufacturing and services sector in Mexico. Selected for their high energy consumption and sustainable commitment. The results reveal that optimizing the performance of solar panels depends on factors such as the location of the systems, choice of advanced monitoring technology, and integration of predictive maintenance programs. The findings underline the importance of strategic and personalized management of solar energy, adapted to the particular needs of each sector and company. Best practices and tactics are highlighted ensuring effective integration of solar energy as a corporate strategy.

Keywords: Renewable energy, Strategic management, Solar panels, corporate sustainability.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la transición hacia fuentes de energía más sostenibles se ha convertido en una prioridad para gobiernos y empresas a nivel global. Esta tendencia ha impulsado el rápido desarrollo y adopción de tecnologías fotovoltaicas, donde los paneles solares han emergido como una solución clave para reducir la dependencia de combustibles fósiles y contribuir a los objetivos de sostenibilidad. Dentro del sector corporativo, los paneles solares no solo permiten a las empresas minimizar su impacto ambiental, sino también reducir sus costos operativos a largo plazo, especialmente en sectores de alto consumo energético como el manufacturero y el de servicios.

Sin embargo, la adopción de esta tecnología no garantiza por sí sola la eficiencia energética o el éxito financiero. La implementación eficaz de paneles solares en un entorno empresarial requiere de una gestión estratégica rigurosa que optimice su rendimiento. Esto implica tomar decisiones informadas sobre la ubicación, el mantenimiento y el monitoreo de los sistemas, así como adaptarse a regulaciones y oportunidades financieras que varían según el contexto regional.

Este artículo tiene como objetivo examinar las estrategias más efectivas en la gestión de paneles solares en el contexto corporativo mexicano. A través de un análisis mixto que combina enfoques cualitativos y cuantitativos, se analizan los factores críticos para maximizar el rendimiento de estos sistemas en 30 empresas seleccionadas. Se destaca cómo la tecnología avanzada, los incentivos regulatorios y las mejores prácticas pueden contribuir a un uso más eficiente de la energía solar, promoviendo tanto la sostenibilidad como el retorno de inversión en las organizaciones.

ANTECEDENTES SOBRE EL USO DE PANELES EN EL SECTOR CORPORATIVO

El uso de paneles solares ha crecido exponencialmente en las últimas dos décadas, principalmente debido a la necesidad de mitigar el impacto ambiental y reducir los costos energéticos. En el sector corporativo, la adopción de energía solar ha sido impulsada por políticas gubernamentales que promueven energías limpias y por la creciente presión para cumplir con los estándares de sostenibilidad. Según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE), las instalaciones solares fotovoltaicas en empresas han experimentado un aumento del 20% en los últimos cinco años, convirtiendo a las grandes corporaciones en actores clave de la transición energética (IEA, 2024). En mercados como el mexicano, esta tendencia ha sido fortalecida por incentivos fiscales y programas de financiamiento que facilitan la implementación de energías renovables en las empresas (Programa Nacional Para El Aprovechamiento Sustentable de La Energía 2020-2024., 2020).

Estudios previos sobre la gestión energética y las tecnologías de monitoreo

La gestión energética eficiente es fundamental para optimizar el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos en el sector corporativo. Diversos estudios han analizado cómo la correcta gestión de paneles solares puede incrementar su rendimiento, principalmente mediante la implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo. Según (Bosman et al., 2020), el uso de sensores, comunicación en tiempo real y algoritmos predictivos permite ajustar la producción de energía en función de la demanda y las condiciones climáticas, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa. Adicionalmente, (Moreno-Garcia et al., 2016) señalan que los sistemas de monitoreo en

tiempo real son esenciales para identificar problemas técnicos de manera oportuna, lo que reduce los tiempos de inactividad y minimiza los costos asociados al mantenimiento. El monitoreo también desempeña un papel crucial en la identificación de oportunidades para la mejora continua de los sistemas solares. En un estudio sobre grandes empresas (Giglio et al., 2023) demostraron que la integración de tecnologías de inteligencia artificial para ajustar la producción energética puede incrementar la eficiencia en un 15%, reduciendo al mismo tiempo la huella de carbono.

Factores clave en la adopción de energía solar en empresas

Existen varios factores clave que influyen en la adopción y éxito de los paneles solares en empresas. La ubicación es uno de los más importantes, ya que la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos depende de la radiación solar disponible en cada región. Según (Zapata-Garza & Demmler, 2017), las empresas que instalan sus paneles en áreas con alta exposición solar y con una orientación óptima pueden obtener hasta un 30% más de rendimiento en comparación con aquellas ubicadas en zonas menos favorables. Otro factor relevante es el mantenimiento predictivo, que ha demostrado ser una estrategia efectiva para reducir costos operativos. Un estudio realizado por (Afridi et al., 2022) en empresas de energía demostró que los programas de mantenimiento predictivo, basados en datos de sensores y monitoreo en tiempo real, pueden reducir los fallos de los paneles hasta en un 25%. Estos programas permiten anticipar fallos y optimizar la vida útil de los sistemas. Finalmente, el monitoreo constante de los sistemas es vital para garantizar el máximo rendimiento. Según (Rahman et al., 2018), el uso de tecnologías de monitoreo avanzadas permite

ajustar la producción en función de la demanda energética, reduciendo el desperdicio de energía y maximizando el retorno de inversión.

METODOLOGÍA

Este estudio emplea un enfoque metodológico mixto, que combina elementos de investigación cualitativa y cuantitativa para proporcionar una visión integral sobre la gestión de paneles solares en entornos empresariales. La combinación de ambos enfoques permite un análisis detallado de las estrategias más efectivas, abordando tanto la percepción y experiencia de los actores involucrados (cualitativo), como el análisis numérico de datos relacionados con el rendimiento energético y prácticas de mantenimiento (cuantitativo). Este enfoque mixto es especialmente adecuado para un tema tan técnico y contextual como la gestión de energía solar en empresas, ya que integra la objetividad de los datos cuantitativos con la riqueza descriptiva de las experiencias empresariales.

Muestra

La muestra está compuesta por 30 empresas de los sectores manufacturero y de servicios en México. Estas empresas fueron seleccionadas con base en dos criterios: su alto consumo energético y su compromiso con la implementación de estrategias de sostenibilidad. La decisión de centrarse en estos sectores específicos responde a que ambas industrias representan una porción significativa del consumo de energía en el país, y han demostrado interés creciente en la adopción de tecnologías renovables, especialmente en el contexto de los cambios regulatorios y económicos en México (Programa Nacional Para El Aprovechamiento Sustentable de La Energía 2020-2024., 2020).

Instrumentos de recopilación de datos

Se utilizaron dos principales instrumentos para la recolección de datos: encuestas estructuradas y entrevistas a profundidad.

- a) *Encuestas estructuradas:* Se administraron encuestas a los directores de energía y sostenibilidad de cada empresa, las cuales incluían preguntas tanto cerradas como de escala Likert. Estas encuestas estaban orientadas a recopilar datos cuantitativos sobre el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, los costos operativos, el retorno de inversión, y las prácticas de monitoreo y mantenimiento.
- b) *Entrevistas a profundidad:* Además de las encuestas, se realizaron entrevistas semiestructuradas con los responsables de energía de 10 de las empresas participantes. Estas entrevistas cualitativas se centraron en explorar las experiencias, desafíos y percepciones de los responsables en relación con la adopción y gestión de la energía solar. Las entrevistas proporcionaron información contextual y detallada que no se puede capturar mediante encuestas, como las barreras culturales y organizacionales que enfrentan las empresas en la implementación de tecnologías renovables.

Análisis de sistemas de monitoreo y mantenimiento

Una parte clave del estudio fue el análisis de los sistemas de monitoreo y mantenimiento utilizados por las empresas para la gestión de los paneles solares. Se solicitó a las empresas que proporcionaran acceso a datos históricos de monitoreo, lo que permitió realizar un análisis cuantitativo sobre la eficiencia de los paneles en función de su ubicación, orientación, y la tecnología de monitoreo utilizada. Además, se investigaron los programas de mantenimiento

predictivo implementados, evaluando su impacto en la optimización del rendimiento de los sistemas y la reducción de costos operativos. Para el análisis de estos sistemas, se emplearon técnicas de análisis de datos que incluyeron la correlación entre variables operativas y rendimiento energético. La elección del sector manufacturero y de servicios en México se justifica por el peso que tienen en la economía nacional y su alto consumo energético. Estos sectores son responsables de una parte significativa de las emisiones de carbono del país, lo que los convierte en un objetivo clave para las políticas de reducción de huella de carbono. Además, México se ha convertido en un referente en América Latina en términos de adopción de energías renovables, apoyado por un marco normativo que incentiva la transición hacia energía limpia (Zapata-Garza & Demmler, 2017).

RESULTADOS

El análisis de los datos recopilados de las 30 empresas participantes en los sectores manufacturero y de servicios de México permitió identificar varios factores clave que influyen en la optimización del rendimiento de los paneles solares. A continuación, se detallan los principales resultados del estudio: Las empresas que invirtieron en la evaluación precisa de la ubicación de los paneles solares lograron una mayor eficiencia en la generación de energía. La correcta orientación e inclinación de los sistemas permitió captar una mayor radiación solar, lo que se tradujo en un aumento del rendimiento energético. Aquellas empresas que realizaron estudios previos sobre la radiación solar promedio de la región obtuvieron incrementos en la producción de energía de hasta un 12%. Este resultado coincide con lo señalado por (Zapata-Garza & Demmler, 2017), quienes destacaron

la importancia de la ubicación geográfica para maximizar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos en empresas mexicanas.

Identificación de incentivos financieros y regulatorios relevantes

El estudio reveló que las empresas que aprovecharon los incentivos financieros y regulatorios ofrecidos por el gobierno mexicano lograron mejorar significativamente su retorno de inversión en energía solar. Los incentivos más relevantes incluyen exenciones fiscales, deducciones aceleradas para la inversión en tecnologías limpias y subsidios para la instalación de sistemas fotovoltaicos. Según la Secretaría de Energía (Programa Nacional Para El Aprovechamiento Sustentable de La Energía 2020-2024., 2020), estas políticas han sido clave para fomentar la adopción de tecnologías renovables, y las empresas que participaron en este estudio confirmaron haber reducido entre un 20% y un 25% los costos de instalación gracias a dichos incentivos. A nivel regulatorio, la normativa mexicana ha permitido a las empresas vender el exceso de energía generada a la red eléctrica nacional a través de esquemas de net metering. Esto no solo ha facilitado el financiamiento de proyectos solares, sino que también ha incentivado una mayor producción de energía limpia, beneficiando tanto a las empresas como al sistema energético nacional. Los datos recopilados muestran que el 70% de las empresas analizadas aprovechan estos esquemas, lo que contribuye a la reducción de su huella de carbono y a la creación de un flujo adicional de ingresos. A continuación, se destacan algunos gráficos clave que ilustran estos hallazgos, ejemplificando en el gráfico 1 el incremento promedio en la eficiencia energética según el uso de tecnología de monitoreo avanzado:

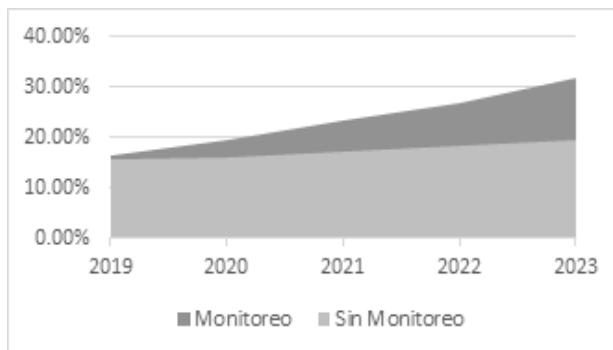


Gráfico 1: Aumento del 15% en la eficiencia energética de las empresas que adoptaron tecnologías de monitoreo en tiempo real. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra una comparativa de la Tasa de Interés de Retorno de Inversión producto del mantenimiento preventivo en las compañías analizadas, el gráfico 2 muestra lo descrito anteriormente:

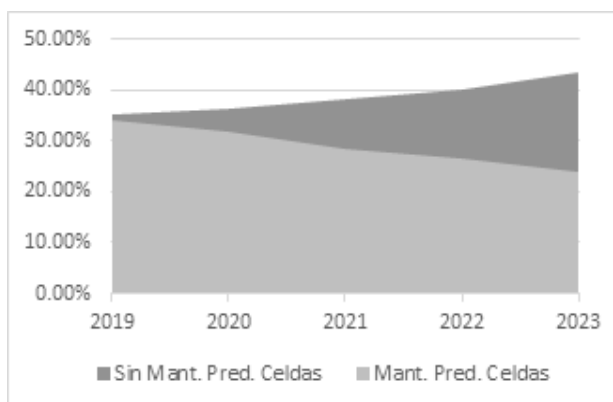


Gráfico 2. Disminución del 10% en los costos operativos y una mayor vida útil de los sistemas solares para las empresas que utilizan mantenimiento predictivo. Fuente: Elaboración propia.

Además, el impacto en los incentivos financieros representa una opción bastante atractiva para las empresas y su inversión, a continuación, la Tabla 1 muestra un análisis económico realizado a diferentes empresas participantes.

Tabla 1: Impacto de los incentivos financieros en los costos de instalación de sistemas solares.

Empresa	Costo de Instalación Original (MXN)	Reducción por Incentivos (%)	Costo Final de Instalación (MXN)
Empresa 1	1,000,000	20%	800,000
Empresa 2	950,000	22%	741,000
Empresa 3	1,200,000	25%	900,000
Empresa 4	1,100,000	21%	869,000
Empresa 5	1,050,000	23%	808,500
Empresa 6	980,000	24%	744,800
Empresa 7	1,150,000	25%	862,500
Empresa 8	1,020,000	20%	816,000
Empresa 9	1,080,000	22%	842,400
Empresa 10	1,000,000	23%	770,000

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla resume la reducción en los costos de instalación, donde las empresas que aprovecharon incentivos lograron ahorrar entre un 20% y 25% en sus proyectos solares.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio ha evidenciado que la adopción efectiva de paneles solares en empresas de los sectores manufacturero y de servicios en México está intrínsecamente ligada a la correcta ubicación de los sistemas, el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y la implementación de programas de

mantenimiento predictivo. Estas prácticas no solo maximizan la eficiencia energética, sino que también contribuyen a la sostenibilidad corporativa al reducir la huella de carbono y optimizar el retorno de inversión.

En función de los hallazgos obtenidos, se recomienda a las empresas que desarrollen una estrategia personalizada para la implementación de sistemas solares.

REFERENCIAS

- Afridi, Y. S., Ahmad, K., & Hassan, L. (2022). Artificial intelligence based prognostic maintenance of renewable energy systems: A review of techniques, challenges, and future research directions. *International Journal of Energy Research*, 46(15), 21619–21642. <https://doi.org/10.1002/er.7100>
- Bosman, L. B., Leon-Salas, W. D., Hutzler, W., & Soto, E. A. (2020). PV System Predictive Maintenance: Challenges, Current Approaches, and Opportunities. *Energies*, 13(6), 1398. <https://doi.org/10.3390/en13061398>
- Giglio, E., Luzzani, G., Terranova, V., Trivigno, G., Nicolai, A., & Grimaccia, F. (2023). An Efficient Artificial Intelligence Energy Management System for Urban Building Integrating Photovoltaic and Storage. *IEEE Access*, 11, 18673–18688. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3247636>
- IEA. (2024, August 12). Annual data on electricity and heat supply and consumption for OECD and selected non-OECD countries. Reports Data & Statistics. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/electricity-information>
- Moreno-Garcia, I., Palacios-Garcia, E., Pallares-Lopez, V., Santiago, I., Gonzalez-Redondo, M., Varo-Martinez, M., & Real-Calvo, R. (2016). Real-Time Monitoring System for a Utility-Scale Photovoltaic Power

Plant. Sensors, 16(6), 770. <https://doi.org/10.3390/s16060770>

Programa Nacional Para El Aprovechamiento Sustentable de La Energía 2020-2024., Diario Oficial de la Federación (2020).

Rahman, M. M., Selvaraj, J., Rahim, N. A., & Hasanuzzaman, M. (2018). Global modern monitoring systems for PV based power generation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 4142–4158. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.111>

Zapata-Garza, C. G., & Demmler, M. (2017). Overview of Energy Management as shared value in Mexican companies. In *Año* (Vol. 13, Issue 2).

Impacto de los residuos de la construcción en el medio ambiente

Martha Adelfa Avalos Puga¹

José Francisco Coronado Vázquez²

¹Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas; Av. Tecnológico N.º. 1310, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

² Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas; Av. Tecnológico N.º. 1310, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
Martha.ap@cdivictoria.tecnm.mx

RESUMEN

La industria de la construcción es fundamental en el desarrollo económico y social del país, su impacto ambiental, con la generación de residuos, plantea desafíos significativos. Representando una parte considerable, los desechos sólidos, su composición diversa y voluminosa, considerados desafíos específicos en términos de gestión y mitigación de impactos ambientales. Esta investigación, emplea un enfoque metodológico mixto, combina métodos cuantitativos y cualitativos. Analiza los efectos al medio ambiente derivados de los residuos de la construcción, así como sus alcances, identifica las principales fuentes y propone estrategias efectivas de manejo y reducción de estos. Buscando mitigar el impacto ambiental negativo, así como, promueve prácticas sostenibles favoreciendo la conservación de los recursos naturales y la preservación del entorno. Mediante un análisis documental exhaustivo se obtiene información relevante sobre los efectos ambientales de los residuos de la construcción, y las prácticas de gestión de estos a nivel local y nacional. Los estudios en áreas urbanas fueron muestreos sistemáticos de los residuos de la construcción en diferentes tipos de obra, incluyendo la clasificación y cuantificación de residuos generados y la evaluación de

su impacto ambiental potencial. Como resultado, encontramos que el concreto se encuentra entre los materiales más comunes de desechos de construcción, así como las pinturas y solventes son considerados los más contaminantes. Generando en gran parte inconvenientes en los trabajadores de obras, como lo son los problemas respiratorios, irritaciones cutáneas, y/o intoxicaciones. La propuesta es: Incorporar principios de diseño sostenible desde la fase inicial del proyecto, establecer áreas específicas para la recolección y clasificación de residuos, adoptar técnicas de construcción modular y prefabricada para reducir el desperdicio, capacitar a los trabajadores en prácticas sostenibles y de gestión de residuos, fomentar la innovación en productos y procesos que minimicen el impacto ambiental.

ABSTRACT

The construction industry is essential to the country's economic and social development, and its environmental impact, with the generation of waste, poses significant challenges. Representing a considerable part, solid waste, its diverse and voluminous composition, is considered specific challenges in terms of management and mitigation of environmental impacts. This research uses a

mixed methodological approach, combining quantitative and qualitative methods.

It analyzes the effects on the environment derived from construction waste, as well as its scope, identifies the main sources and proposes effective strategies for managing and reducing them. Seeking to mitigate the negative environmental impact, as well as promote sustainable practices favoring the conservation of natural resources and the preservation of the environment. Through an exhaustive documentary analysis, relevant information is obtained on the environmental effects of construction waste, and the management practices of this waste at local and national levels.

The studies in urban areas were systematic samplings of construction waste in different types of works, including the classification and quantification of waste generated and the evaluation of its potential environmental impact. As a result, we found that concrete is among the most common construction waste materials, while paints and solvents are considered the most polluting. Generating largely inconveniences for construction workers, such as respiratory problems, skin irritations, and/or poisoning. The proposal is: to incorporate sustainable design principles from the initial phase of the project, establish specific areas for waste collection and classification, adopt modular and prefabricated construction techniques to reduce waste, train workers in sustainable and waste management practices, and encourage innovation in products and processes that minimize environmental impact.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico y social, sin embargo, su impacto ambiental, especialmente en relación con la generación

de residuos, plantea desafíos significativos. Los residuos de la construcción representan una parte considerable de los desechos sólidos urbanos y, debido a su composición diversa y voluminosa, presentan desafíos específicos en términos de gestión y mitigación de impactos ambientales. Este estudio se enfoca en investigar los efectos al medio ambiente derivados de los residuos de la construcción, con el objetivo de comprender mejor su alcance, identificar las principales fuentes de impacto y proponer estrategias efectivas de manejo y reducción de residuos. Al abordar esta problemática, no solo se busca mitigar los impactos ambientales negativos, sino también promover prácticas sostenibles en la industria de la construcción que favorezcan la conservación de los recursos naturales y la preservación del entorno urbano y rural.

OBJETIVO GENERAL

Analizar y evaluar los efectos ambientales causados por los residuos de construcción, con el fin de proponer medidas y soluciones efectivas para mitigar su impacto negativo en el medio ambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar los efectos ambientales directos e indirectos generados por los residuos de la construcción en diferentes entornos urbanos y rurales.

Identificar las principales fuentes y tipos de residuos de la construcción que contribuyen significativamente a la degradación del medio ambiente.

Analizar los impactos potenciales de los residuos de la construcción en la calidad del aire, agua, suelos y biodiversidad.

Evaluar las prácticas actuales de gestión de residuos de la construcción y proponer estrategias efectivas de manejo, reducción y

reciclaje para mitigar su impacto ambiental. Promover la conciencia ambiental y la adopción de prácticas sostenibles entre los actores clave en la industria de la construcción.

METODOLOGÍA Y MATERIALES

Para llevar a cabo esta investigación, se empleará un enfoque metodológico mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos. En primer lugar, se realizará un análisis documental exhaustivo para recopilar información relevante sobre los efectos ambientales de los residuos de la construcción, así como sobre las prácticas actuales de gestión de estos residuos a nivel local, nacional e internacional.

Posteriormente, se llevarán a cabo estudios de campo en áreas urbanas y rurales seleccionadas, donde se realizarán muestreos sistemáticos de los residuos de la construcción presentes en diferentes sitios de obra. Estos muestreos incluirán la clasificación y cuantificación de los tipos de residuos generados, así como la evaluación de su impacto ambiental potencial. Además, se llevarán a cabo entrevistas semi-estructuradas con diversos actores clave en la industria de la construcción, incluyendo desarrolladores, contratistas, autoridades municipales y organizaciones ambientales, para obtener información cualitativa sobre las prácticas de gestión de residuos y las percepciones sobre su impacto ambiental.

Los materiales utilizados incluirán herramientas de muestreo y análisis de residuos, equipo de registro de datos y grabación para las entrevistas, así como recursos bibliográficos y bases de datos especializadas para el análisis documental.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema de los residuos de construcción en el medio ambiente es significativo debido a su

volumen y composición. Estos residuos, que incluyen materiales como concreto, madera, metal y vidrio, pueden ser difíciles de desechar de manera segura y eficiente. Cuando no se gestionan adecuadamente, estos residuos pueden tener varios efectos negativos en el medio ambiente:

- **Contaminación del suelo y el agua:** Los residuos de construcción pueden liberar sustancias químicas tóxicas y metales pesados que contaminan el suelo y pueden filtrarse hacia las aguas subterráneas, afectando la calidad del agua.
- **Impacto en la biodiversidad:** La acumulación de residuos de construcción puede destruir hábitats naturales y afectar a las especies locales, tanto animales como vegetales, al alterar sus ecosistemas.
- **Emisiones de gases de efecto invernadero:** El transporte y la eliminación de residuos de construcción generan emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático.
- **Desperdicio de recursos:** Al desechar los materiales de construcción en lugar de reciclarlos o reutilizarlos, se desperdician recursos naturales y energía que se utilizaron para producirlos originalmente.
- **Problemas de salud:** La exposición a materiales de construcción viejos o dañados puede representar riesgos para la salud de los trabajadores de la construcción y de las comunidades cercanas, debido a la presencia de asbestos, plomo u otras sustancias nocivas.

La gestión adecuada de los residuos de construcción, a través de prácticas de reducción, reutilización y reciclaje, es fundamental para mitigar estos impactos negativos en el medio ambiente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A consecuencia del manejo inadecuado de los RCD (Residuos de construcción y demolición), principalmente en la disposición final, se han identificado diversos problemas ambientales, de imagen urbana y salud, destacando los siguiente:

- Obstrucción de arroyos, cañadas y barrancas.
- Afectación al drenaje natural.
- Azolve de las partes bajas e inundación de zonas aledañas en temporada de lluvias.
- Afectación al medio físico y medio biótico (flora y fauna).
- Focos de contaminación por mezcla de residuos, incluso peligrosos.
- Contaminación del suelo y subsuelo e incluso de acuíferos.
- Afectación de zonas de recarga de agua subterránea.
- Impacto visual del entorno.
- Proliferación de polvo (contaminación del aire) provoca enfermedades respiratorias.
- Proliferación de fauna nociva.

DELIMITACIÓN Y LIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Este estudio se enfocará en los efectos al medio ambiente de los residuos de construcción, teniendo como delimitación el tiempo para el análisis de este problema. Otra delimitación que tendremos es el estudio a una región geográfica en específico, para comprender mejor los desafíos locales en la gestión de los residuos de construcción.

En lugar de considerar todos los tipos de residuos de construcción, nos centraremos en varios tipos específicos, como concreto, madera o plástico, para analizar en detalle sus impactos ambientales, así como el análisis a un impacto ambiental específico, como la contaminación del suelo y la pérdida de biodiversidad, para

comprender mejor sus causas y consecuencias. Por último, la disponibilidad de datos, recursos y tiempo puede limitar la profundidad y el alcance del análisis, por lo que se establecerán límites claros y específicos desde un inicio.

NORMATIVIDAD APLICABLE AL TEMA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y SU CONTAMINACIÓN.

Mexicanas (NOM) regulan los efectos ambientales de los residuos de construcción y otros tipos de residuos. Algunas de las normas clave incluyen:

1. NOM-083-SEMARNAT-2003: Esta norma establece los requisitos para la selección, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, lo cual es aplicable a residuos de construcción.
2. NOM-052-SEMARNAT-2005: Define las características y procedimientos para identificar residuos peligrosos, incluyendo algunos residuos de construcción que puedan ser tóxicos.
3. NOM-161-SEMARNAT-2011*: Regula la clasificación de residuos de manejo especial, que incluye ciertos tipos de residuos de construcción, y establece criterios para su manejo adecuado con el fin de minimizar los impactos ambientales
4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR): Esta ley es fundamental para la gestión de todos los tipos de residuos, promoviendo la reducción, reutilización y reciclaje, y estableciendo la responsabilidad compartida entre todos los actores involucrados en la cadena de manejo de residuos.

Estas regulaciones están diseñadas para minimizar los impactos ambientales negativos de los residuos de construcción mediante

prácticas adecuadas de manejo, disposición y reciclaje.

Como resultado de una encuesta pudimos encontrar los resultados acerca de la contaminación entre otras consecuencias de estos trabajos, los cuales mostraremos a continuación con una gráfica:



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Posterior al proyecto realizado en el cual tuvimos como base encuestas e investigaciones similares a la nuestra, podemos dar como resultado que existe una tendencia hacia cual desechode construcción es el más contaminante y a su vez el que más residuo provoca. Por ejemplo, el concreto se encuentra entre los más comunes desechos de construcción, a su vez las pinturas y solventes son considerados los más contaminantes. Esto tiene que ver en gran parte con un problema que es común entre los trabajadores de obras, como lo son los problemas respiratorios, irritaciones cutáneas, y/o intoxicaciones.

Podemos determinar que no es común en las obras que lleven a cabo un correcto reciclaje de los residuos, también es importante mencionar que los trabajadores no cuentan con equipo de protección adecuado.

Para dar respuesta a la problemática generada, la implementación de un plan de manejo de residuos de la construcción permite fomentar la prevención en la generación de RCD, la promoción e impulso de sistemas de minimización, reciclaje y aprovechamiento de los mismos, entre los ejecutores de obras, ya sea del sector privado o público, así como un cambio de cultura.

PROPUESTA

A continuación, presentaremos un presupuesto adecuado y sin sobrepasar los presupuestos en las obras.

PRESUPUESTO

Equipos de protección personal (Casco, botas de seguridad, lentes de seguridad, guantes, protector auditivo) \$1,719.99
 Contenedores para residuos...\$1,999.99 c/u
 Contenedores para materiales peligrosos.....\$4,999.99 c/u
 Barreras acústicas.....\$5,421.18 m2
 Tableros visuales\$1,249.99 c/u
 Extinguidores.....\$544.00 c/u

CONCLUSIONES

En equipo realizamos una lluvia de ideas acerca de lo que podríamos considerar para que en las obras los residuos de construcción afecten lo menos posible.

1. Planificación y diseño sostenible:
 - Incorporar principios de diseño sostenible desde la fase inicial del proyecto.
 - Utilizar materiales reciclables y reutilizables.
 - Diseñar con dimensiones estandarizadas para minimizar el desperdicio.
2. Gestión de residuos:
 - Implementar un plan de gestión de residuos detallado que incluya la separación en origen.

- Establecer áreas específicas para la recolección y clasificación de residuos.
3. Materiales y productos:
 - Seleccionar materiales con contenido reciclado.
 - Utilizar productos que generen menos residuos durante su instalación.
 4. Tecnologías y métodos de construcción:
 - Adoptar técnicas de construcción modular y prefabricada para reducir el desperdicio.
 - Implementar tecnologías de demolición selectiva para facilitar el reciclaje.
 5. Educación y capacitación:
 - Capacitar a los trabajadores en prácticas sostenibles y de gestión de residuos.
 - Fomentar una cultura de responsabilidad ambiental entre todos los involucrados en el proyecto.
 6. Monitoreo y evaluación:
 - Establecer indicadores de desempeño para la gestión de residuos.
 - Realizar auditorías periódicas para evaluar la efectividad de las estrategias implementadas.
 7. Colaboración y compromiso:
 - Involucrar todos los stakeholders (clientes, contratistas, proveedores) en la gestión de residuos.
 8. Normativas y certificaciones:
 - Cumplir con las normativas locales y nacionales sobre gestión de residuos.
 - Obtener certificaciones (como LEED, BREEAM) que incentiven prácticas sostenibles.
 9. Innovación y mejora continua:
 - Fomentar la innovación en productos y procesos que minimicen el impacto ambiental.
 10. Comunicación y sensibilización:
 - Informar y sensibilizar a la comunidad y a los clientes sobre los esfuerzos en gestión de residuos.



REFERENCIAS

- construccion, C. m. (2 de Enero de 2006). cmic.org.mx. Obtenido de <https://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/medioambiente/flayer/PM%20RCD%20Completo.pdf>
- Gil, R. (21 de Mayo de 2024). m.riunet.upv.es. Obtenido de Efectos ambientales en la fase construccion.: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/118400/RRomero%20Efectos%20ambientales%20en%20fase%20de%20construcción.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Gobierno de Mexico. (10 de Enero de 2017). ww.gob.mx. Obtenido de ww.gob.mx/ Normatividad aplicable al tema de residuos: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>

Iniciativas de extensionismo para el fortalecimiento de la apicultura en la zona centro de campeche

Jesús Froylán Martínez Puc^{1*}

Ana Laura Marín Abreu¹

William Cetzal Ix¹

Miguel Ángel Magaña Magaña²

Roberto Carlos Gómez García¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 entre 22 y 28, Colonia Centro, C.P. 24520, Chiná, Campeche, México.

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n. C.P. 97345. Conkal, Yucatán

*Correo electrónico: jesus.mp@china.tecnm.mx

RESUMEN

La apicultura es una de las principales actividades agropecuarias que se realizan en el estado de Campeche, el cual destina alrededor del 85% de la producción de miel al mercado internacional. No obstante, a pesar de lo anterior, la apicultura depende de diversos apoyos derivados de políticas públicas. Por tal motivo, y con la finalidad de contribuir al fortalecimiento de la apicultura por parte del Instituto Tecnológico de Chiná, se definieron las siguientes iniciativas: 1) establecer un módulo demostrativo, 2) impartir talleres de capacitación y asistencia técnica, 3) formación de recursos humanos y, 4) validación de tecnologías, estas, se realizaron del 1 de enero al 30 de junio de 2024, en la zona centro del estado de Campeche, logrando cumplir con las metas propuestas. Se concluye que las iniciativas y sus acciones de vinculación fueron desarrolladas y aceptadas de manera positiva por el sector productivo. Sin embargo, a pesar que se realizaron un total de 40 acciones, es importante fomentar no solo la diversificación de tecnologías mediante las acciones de extensión, sino también el trabajo colectivo de los productores. **Palabras clave:** apicultura, extensionismo, desarrollo rural.

ABSTRACT

Beekeeping is one of the main agricultural activities carried out in the state of Campeche, which sends around 85% of honey production to the international market. However, despite the above, beekeeping depends on various supports derived from public policies. For this reason, and with the purpose of contributing to the strengthening of beekeeping by the Technological Institute of China, the following initiatives were defined: 1) establish a demonstration module, 2) provide training and technical assistance workshops, 3) training of human resources and, 4) validation of technologies, these were carried out from January 1 to June 30, 2024, in the central area of the state of Campeche, achieving the proposed goals. It is concluded that the initiatives and their linking actions were developed and accepted positively by the productive sector. However, although a total of 40 actions were carried out, it is important to promote not only the diversification of technologies through extension actions, but also the collective work of producers.

Keywords: beekeeping, extensionism, rural development.

INTRODUCCIÓN

La apicultura es una de las principales actividades agropecuarias que se realizan en la Península de Yucatán (conformado por los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo), la cual ha concentrado el 30 y 35% de las colonias en el ámbito nacional. Por su parte, Campeche destina alrededor del 85% de su producción de miel al mercado internacional, principalmente a Alemania {1, 2}. En el 2022, este estado ocupó el segundo lugar en producción de miel en el ámbito nacional, con un valor de la producción de 382.2 millones de pesos; los principales municipios productores son: Champotón (2,449.4 t), Hopelchén (1,933.1 t) y Campeche (1,478.2 t) {3}. No obstante, a pesar de lo anterior, la apicultura depende de diversos apoyos derivados de políticas públicas {4}, los cuales son otorgados por diversas secretarías del gobierno federal y estatal, en las que sean diseñado y puesto en marcha diversos programas que tienen como objetivo la mejora de las actividades económicas en el sector agropecuario {5}. Entre estas acciones desarrolladas destaca el desarrollo de capacidades y extensionismo rural {4}. Se entiende por extensión rural al proceso de trabajo y acompañamiento que se da al productor, el cual es orientado al desarrollo sostenible de sus capacidades {5}. El principal modelo de extensionismo aplicado en México tiene sus orígenes en el modelo norteamericano, el cual se define principalmente por tres características: 1) la investigación y extensión, realizado por el gobierno a través de instituciones de investigación agropecuaria y forestal, así como por organismos de extensión; 2) se enfoca en resolver problemas agronómicos para aumentar la productividad y, 3) en dicho modelo, tanto los institutos de investigación como los organismos de extensión, forman parte de una red {6}.

Por tal motivo, y con la finalidad de contribuir al fortalecimiento de la apicultura por parte del Instituto Tecnológico de Chiná, se definieron las siguientes iniciativas: 1) establecer un módulo demostrativo en apicultura, 2) impartir talleres de capacitación y asistencia técnica en apicultura y meliponicultura al sector productivo, 3) formación de recursos humanos y, 4) validación de tecnologías, con la finalidad de reducir costos e incrementar la productividad.

METODOLOGÍA

Con el propósito de contribuir al fortalecimiento de la apicultura y la meliponicultura en la zona centro del estado de Campeche, en el Instituto Tecnológico de Chiná se establecieron cuatro iniciativas cuyas acciones se realizaron del 1 de enero al 30 de junio de 2024, en la zona centro del estado de Campeche.

RESULTADOS

1. Módulo demostrativo. Con el apoyo de diversas instancias, principalmente la Dirección de Apicultura de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del estado de Campeche y apicultores de la zona, sustentado de un proyecto financiado por el TecNM, se instaló un módulo de demostrativo (del 1 al 31 de enero de 2024), integrado con 15 colonias de abejas *Apis mellifera*, con reinas de la línea azteca y alojadas en colmenas tipo Lansgtroth (Figura 1), las cuales fueron instaladas en la Unidad Académica de Producción e Investigación “Rancho Xamantún” ubicado en el km 13, carretera antigua a Uayamon, Campeche, Campeche, a los 19°42'52" latitud Norte y 90°24'45" longitud Oeste.



Figura 1.- Cinco colonias (cada una con dos cuerpos) sobre una base múltiple.

2. **Capacitación y asistencia técnica.** Entre enero y junio de 2024, se realizaron diversas acciones con la finalidad de difundir conocimientos en apicultura y meliponicultura, tanto a estudiantes y productores, principalmente de la zona centro del estado de Campeche, mediante la vinculación con diversas instituciones e instancias del gobierno federal y estatal (Tabla 1).

Tabla 1. Acciones de capacitación y asistencia técnica

Actividad	No.	Instancias
Conferencias a estudiantes y productores.	6	Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. Universidad Tecnológica de Calakmul. Dirección de Economía, Turismo, Desarrollo Social y Agropecuario del H. Ayuntamiento de Escárcega.

Eventos demostrativos con participación de productores	3	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INI-FAP). Dirección de Apicultura de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de Campeche (Figura 2).
Talleres impartidos a estudiantes.	5	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) 169 de Hecelchakán.
Visitas guiadas al apiario.	2	CBTA 169 Ext. Tenabo.



Figura 2. Productores apícolas visitando el módulo demostrativo.

3. **Formación de recursos humanos.** Los cambios que ocurren en el mundo exigen transformaciones aceleradas en la formación de recursos humanos, esto con la finalidad de elevar la productividad y la competitividad {7}. En este sentido, se fomentó la participación

de estudiantes para realizar trabajos de tesis, residencia y servicio social, así como atender las inquietudes tanto de productores o estudiantes que demostraron su interés en aprender alguna tecnología relacionada con la apicultura y/o meliponicultura. En este contexto, la formación de recursos en el ámbito apícola se presenta como una prioridad esencial para garantizar un futuro próspero para la actividad apícola en el estado.



Figura 3. Estudiantes en recorrido de campo en el módulo demostrativo.

Tabla 2. Estudiantes atendidos

Actividad	No	Descripción
Tesis en desarrollo	5	Tres tesis de maestría Dos tesis de licenciatura
Residentes	2	Estudiantes de la carrera de Ingeniería en Agronomía.
Servicio social	1	Estudiante de la carrera de Ingeniería en Agronomía.
Diversos	12	Productores con interés en aprender temas diversos.

4. Validación de tecnologías. Esta acción, vista como una metodología de investigación, forma un puente entre la investigación "tradicional" para generar innovaciones tecnológicas y la transferencia masiva de las mismas {8}. Estas acciones se realizaron entre febrero y mayo de 2024, se validaron dos tecnologías con un enfoque sanitario mediante el proyecto de tesis “Validación de la eficacia de ácido oxálico y timol para el control alternativo de Varroa destructor en Campeche, México”.

CONCLUSIONES

Las iniciativas y sus acciones de vinculación, fueron realizadas para contribuir en el fortalecimiento del desarrollo de capacidades en apicultura y meliponicultura, las cuales fueron desarrolladas y aceptadas de manera positiva por el sector productivo. Sin embargo, a pesar que se realizaron un total de 40 actividades, es importante fomentar no solo la diversificación de tecnologías, sino también el trabajo colectivo, pendiente para siguientes acciones de vinculación.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “El desarrollo de capacidades en el sector apícola como estrategia para el fortalecimiento de la economía social y solidaria en la zona centro del estado de Campeche”, aprobado y financiado en la convocatoria 2024–Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación del TecNM.

REFERENCIAS

{1} Güemes-Ricalde, F. J.; Echazarreta-González, C.; Villanueva-González, R. (2004). Condiciones de la apicultura en Yucatán y del mercado de sus productos. Universidad Autónoma de Yucatán. 71 pág.

- {2} Martínez-Puc, J. F., Cetzal-Ix, W., González-Valdivia, N.A., Casanova-Lugo, F.; Saikat-Kumar, B. (2018). Caracterización de la actividad apícola en los principales municipios productores de miel en Campeche, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5(1), 44-53.
- {3} Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). Disponible en: <https://www.gob.mx/siap>.
- {4} Serralta-Batún. L. P. 2019. *Extensionismo y Desarrollo Rural Territorial en la apicultura de Campeche, México*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 100 p.
- {5} Rendón-Medel, R., Roldán-Suárez, E., Hernández-Hernández, B. & Cadena-Íñiguez, P. (2015). Los procesos de extensión rural en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 151-161.
- {6} Zavala, R. 2011. *Reseña del extensionismo en México*. In: Alarcón, E y Ruíz, E. 2011. *Diseño de una agenda de extensión rural latinoamericana que contribuya a un desarrollo inclusivo. Institucionalidad de la extensión rural y las relaciones público-privadas en América Latina*. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. 543 p.
- {7} Garza-Bueno, L. E. (2006). Un nuevo paradigma en la formación de recursos humanos como estrategia del desarrollo rural. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 3(2), 155-173.
- {8} Radulovich, R; Karremans, J.A.J. 1992. *Validación de tecnologías: puente entre generación y transferencia*. Turrialba; Volumen 42, Número 1

Instalación de Paneles Fotovoltaicos en una Institución de Educación Superior para una Transformación Sostenible

Ortiz Aguirre Reyna Leticia*¹

Martínez Dueñas María Guadalupe¹

Vallejo Ramos, María Elizabeth¹

Jorge Alberto Gómez Sandoval²

Ángel Jesús Silva Moreno²

¹Tecnológico Nacional de México Campus Linares, Carretera Nacional, Km. 157, C. P. 67700, Linares, Nuevo León

²Universidad Tecnológica Linares, Antiguo camino a Hualahuises, Camachito, Linares, Nuevo León.

*rortiz@itlinares.edu.mx; mduenas@itlinares.edu.mx; mvallejo@itlinares.edu.mx; alberto.gomez@utl.edu.mx; angel.silva@utl.edu.mx

RESUMEN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de la agenda 2030 adoptados por las Naciones Unidas en 2015; son un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. El ODS 7 busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, por lo cual para alcanzar este objetivo es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica o hidráulica y mejorar la productividad energética. Comenzar con las ODS en las Universidades depende de su tamaño, contexto, fortalezas en investigación y formación, su disponibilidad presupuestaria, sus valores, sus prioridades y las necesidades del entorno local. Dada la envergadura del reto para lograr el cumplimiento de los 17 ODS y el papel crítico que las universidades tienen en ello, existe una necesidad urgente en acelerar las acciones desde el ámbito universitario; por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo contribuir con la reducción de la generación de costos energéticos y emisiones de CO₂; así como promover el uso de energías renovables. Para la evaluación del sistema de paneles fotovoltaicos se llevó a cabo un dimensionamiento, levantamiento

de datos en campo, cálculo de watts, diseño de diagrama eléctrico y simulación de la instalación. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que el tiempo de recuperación de la inversión es de 3 años, el valor presente neto resulta aceptable. Sin embargo, se recomienda reemplazar las lámparas por iluminación LED y automatizar la iluminación.

Palabras claves: Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), Panel Fotovoltaico, Energía Eléctrica.

ABSTRACT

The Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 agenda adopted by the United Nations in 2015 are a universal call to end poverty, protect the planet and improve the lives and perspective of people around the world. SDG 7 seeks to ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all, so to achieve this goal it is necessary to invest in clean energy sources, such as solar, wind or hydraulic energy and improve energy productivity. Starting with the SDGs in Universities depends on their size, context, strengths in research and training, their budget availability, their values, their priorities and the needs of the

local environment. Given the magnitude of the challenge to achieve compliance with the 17 SDGs and the critical role that universities have in this, there is an urgent need to accelerate actions from the university level; for this reason, the present work aims to contribute to the reduction of the generation of energy costs and CO_2 emissions; as well as promoting the use of renewable energy. For the evaluation of the photovoltaic panel system, sizing, field data collection, watt calculation, electrical diagram design.

and installation simulation were carried out. According to the results obtained, it is concluded that the investment recovery time is 3 years, the net present value is acceptable. However, it is recommended to replace the lamps with LED lighting and automate the lighting.

El presente proyecto tiene como objetivo la instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos en el Instituto Tecnológico de Linares, marcando un paso clave hacia la transformación sostenible de la institución.

La principal finalidad es reducir significativamente los costos asociados al consumo eléctrico, abordando de manera integral las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad. Además, se busca disminuir la huella de carbono mediante la generación de energías renovables, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos para el año 2030.

El desarrollo del proyecto incluirá una fase inicial de dimensionamiento del sistema, acompañada de un levantamiento exhaustivo de datos en campo para medir el consumo de las cargas eléctricas en watts hora.

Posteriormente, se procederá al diseño técnico de la instalación fotovoltaica, con

una estimación detallada de los costos del equipamiento necesario. Para asegurar la viabilidad y eficiencia del sistema, se realizará una simulación apoyada en datos atmosféricos proporcionados por la NASA.

Finalmente, el proyecto concluirá con una auditoría por parte de una unidad verificadora, que garantizará el cumplimiento de los estándares normativos vigentes y el logro del principal objetivo de este proyecto.

METODOLOGÍA

El estudio para dimensionar el sistema solar fotovoltaico de interconexión red del Instituto Tecnológico de Linares se llevó a cabo mediante la recopilación de datos de consumo energético de los edificios "E" y "H". Para el edificio "E", se tomaron en cuenta las cargas de computadoras, sistemas de climatización y luminarias.

Para el edificio "H", se consideraron los equipos de laboratorio, otros equipos diversos, sistemas de climatización, computadoras y luminarias. Se utilizó un promedio de uso de 12 horas diarias, 5 días a la semana y 10 meses al año.

Se realizó una visita de campo para obtener datos reales y se utilizó la información de predicción de recursos energéticos globales de la página de NASA POWER para ajustar los cálculos de irradiación solar, así mismo se diseñó un plano del instituto con desglose de edificios con ayuda software de diseño asistido por computadora denominado AutoCAD.

Recopilación de Datos: Se recopiló información sobre el consumo energético de los diferentes equipos y sistemas del edificio, como computadoras, luminarias y sistemas de climatización. Esta información incluyó el número de equipos, la marca, los amperes, los watts y el tiempo promedio de uso.

Análisis de Consumo: Se analizaron los datos recopilados para determinar el consumo total en watts diario, mensual y anual.

Selección de Componentes: Se seleccionaron los componentes del sistema, basados en el análisis de consumo y las especificaciones técnicas requeridas para cubrir la demanda energética del edificio.

Dimensionamiento de Paneles: Se calcularon el número de paneles solares necesarios para cada área del edificio, tomando en cuenta la irradiación solar promedio diaria de la región de Linares, Nuevo León, obtenida de la página NASA POWER Prediction Of Worldwide Energy Resources.

Costos y Materiales: Se elaboró una lista detallada de los materiales necesarios para la instalación del sistema.

Planificación de la Instalación: Se planificó la instalación del sistema solar fotovoltaico considerando los materiales necesarios, la mano de obra y los procedimientos.

RESULTADOS

Resultados (Dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico de Interconexión Red del Instituto Tecnológico de Linares) Dimensionar un sistema de planes fotovoltaicos de los edificios E y H.

Comparativa de datos proporcionados vs datos reales obtenidos en visita a campo.

EDIFICIO E (Laboratorio de Computo)		
Datos	Watts	Watts Día
Datos reales proporcionados	5620	71144
Datos corrección o obtenidos en vista de campo	288796	3490404
Total	288796	3561548

Carga en Watts Real por áreas solicitada:
 Computadoras 908.292 18165.84
 Sistemas de climatización 2538 50760
 Luminarias 115.256 2305.12
 Total general 3561.548 71230.96

Para la conclusión de estos datos se tomaron en cuenta los watts consumidos en el edificio, pérdidas de transformación, pérdidas de eficiencia de los equipos, así como la irradiación promedio diaria de la región de Linares Nuevo León.

Comparativa de datos proporcionales vs datos reales obtenidos en visita a campo:

EDIFICIO H (Laboratorio Ingeniería Industriales Alimentarias)		
Datos	Watts	Watts Día
Datos reales proporcionados	68058.5	785212.5
Datos corrección o obtenidos en vista de campo	66969.1	434157.1
Total	288796	1219369.6

Carga en Watts Reales por áreas solicitada,
 Suma de KW DÍA Suma de KW MES
 Equipos de laboratorio 25.3381 506.762 Otros 12.38 247.6
 Sistemas de climatización 583.4 11668
 Computadoras 532.8875 10657.75

Luminarias 65.364 1307.28
 Total general 1219.3696 24387.392

Para la conclusión de estos datos se tomaron en cuenta los watts consumidos en el edificio, pérdidas de transformación, pérdidas de eficiencia de los equipos, así como la irradiación promedio diaria de la región de Linares Nuevo León.

Costos totales de sistema solar fotovoltaicos de paneles por área

Numero de Paneles fotovoltaicos Edificio H	INVERSORES	SOPORTE SOLAR	Costo total	
Equipos de laboratorio	4	0.08	1	\$ 44,000.00
Otros	2	0.04	1	\$ 22,000.00
Sistemas de climatización	90	1.88	23	\$ 990,000.00
Computadoras	82	1.71	21	\$ 902,000.00
Luminarias	11	0.23	3	\$ 121,000.00
Total	189	4	25	\$ 2,079,000.00

Costos totales de sistema solar fotovoltaicos de paneles

Numero de Paneles fotovoltaicos Edificio H		INVERSORES	SOPORTE SOLAR	Costo total	
Edificio E	Computadoras	140	2.91666667	35	1540000
	Sistemas de climatización	394	8.20833333	99	4334000
	Luminarias	18	0.375	5	198000
Edificio H	Equipos de laboratorio	4	0.08	1	\$ 44,000.00
	Otros	2	0.04	1	\$ 22,000.00
	Sistemas de climatización	90	1.88	23	\$ 990,000.00
	Computadoras	82	1.71	21	\$ 902,000.00
	Luminarias	11	0.23	3	\$ 121,000.00
Total		741	15.4375	188	\$ 8,151,000.00

En resumen, Los resultados del estudio muestran que la instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos en el Instituto Tecnológico de Linares es viable y puede generar una cantidad significativa de energía eléctrica que contribuirá a reducir los costos de consumo energético. El análisis detallado de consumo eléctrico en los edificios "E" y "H" indica que el uso de computadoras, sistemas de climatización y luminarias son las principales fuentes de consumo. La implementación del sistema fotovoltaico dimensionado podría cubrir una porción considerable de este consumo, disminuyendo la dependencia de

la red eléctrica convencional y reduciendo la huella de carbono del instituto. Comparación con la literatura existente Los hallazgos de este estudio son coherentes con la literatura existente.

Arena y Zapata (2011) destacan que la energía solar fotovoltaica no solo es una fuente renovable y limpia, sino que también ofrece una solución económica a largo plazo para la generación de electricidad. El análisis del presente proyecto confirma estas afirmaciones, demostrando que los sistemas fotovoltaicos pueden reducir significativamente los costos operativos en las instituciones educativas. La implementación del sistema fotovoltaico en el Instituto Tecnológico de Linares tiene varias implicaciones positivas. En primer lugar, se espera una reducción notable en los costos de electricidad, lo cual permitirá al instituto reorientar estos recursos hacia otras áreas prioritarias, como la mejora de infraestructuras y programas académicos. Además, la reducción de la huella de carbono contribuye a los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030. El proyecto también tiene un componente educativo, ya que puede servir como un modelo práctico de sostenibilidad para los estudiantes, promoviendo una cultura de uso responsable de la energía y concienciación ambiental. El estudio presenta algunas limitaciones. La estimación de la irradiación solar y el dimensionamiento de los paneles se basaron en datos atmosféricos promedio, lo que puede no reflejar variaciones climáticas extremas o cambios en el patrón de uso energético. Además, el mantenimiento de los paneles solares, requiere una planificación cuidadosa para asegurar su eficiencia a largo plazo. Futuras investigaciones podrían enfocarse en varios aspectos para mejorar este

estudio. Primero, se podría realizar un análisis más detallado de las variaciones estacionales en la irradiación solar y su impacto en la producción de energía fotovoltaica.

Segundo, estudios comparativos con otras tecnologías renovables, podrían proporcionar una visión más integral de las opciones disponibles para la generación de energía sostenible.

CONCLUSIONES

El proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos en el Instituto Tecnológico de Linares ha sido llevado a cabo con el objetivo principal de reducir el consumo de energía eléctrica y, por ende, la huella de carbono, promoviendo un entorno más sostenible y contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030. A través de un análisis detallado del consumo eléctrico y la viabilidad técnica y económica, se han identificado las áreas con mayor potencial de generación de energía solar. En este proyecto, se llevaron a cabo diversas actividades para completar la instalación de paneles fotovoltaicos en el Instituto Tecnológico de Linares.

El éxito del proyecto se debió, en gran medida, a contar con un equipo de trabajo excepcional, capaz de desenvolverse de manera óptima para generar ideas, identificar características y proponer mejoras a corto y largo plazo. La colaboración dentro del equipo fue muy satisfactoria desde el inicio, ya que las ideas fluían de manera rápida y coherente, lo que nos permitió avanzar de forma moderada pero clara y precisa. Los hallazgos principales indican que el consumo energético elevado en el Instituto Tecnológico de Linares se debe al uso inadecuado de la energía eléctrica, impactando tanto en costos operativos como en la huella

de carbono de la institución. Para abordar este problema, se realizó un levantamiento de datos en campo para medir el consumo de cargas eléctricas, seguido de un diseño detallado del sistema de paneles fotovoltaicos necesario para cubrir la demanda energética del instituto. La simulación basada en datos atmosféricos de la NASA confirmó la viabilidad y eficiencia del sistema propuesto.

El estudio de viabilidad técnica y económica mostró que la instalación de paneles fotovoltaicos es una solución viable y económicamente beneficiosa para el instituto. Los componentes seleccionados y el dimensionamiento adecuado de los paneles aseguran una cobertura completa de las necesidades energéticas, con un retorno de inversión favorable debido a la reducción en la factura eléctrica y los beneficios ambientales asociados. En conclusión, el proyecto ha cumplido con los objetivos planteados, demostrando que la energía solar fotovoltaica es una alternativa viable para reducir el consumo de energía eléctrica convencional y fomentar una cultura energética más responsable y sostenible en el Instituto Tecnológico de Linares.

La implementación de este sistema contribuirá a reducir los costos operativos y la huella de carbono, sino que también servirá como un modelo de sostenibilidad para otras instituciones educativas. La auditoría final de la unidad verificadora garantizará la conformidad con los estándares establecidos, asegurando la eficiencia y sostenibilidad del sistema a largo plazo.

REFERENCIAS

- {1} Stackhouse, P. (s.f.). NASAPOWER| Prediction of worldwide energy Resources. <https://power.larc.nasa.gov>
- {2} Tobajas Vázquez, M. C. (2014). Instalaciones solares fotovoltaicas: (ed.). Cano Pina. <https://elibro.net/es/lc/itlinares/titulos/43053>
- {3} Tobajas, M. C. (2018). Energía solar fotovoltaica: (ed.). Cano Pina. <https://elibro.net/es/lc/itlinares/titulos/45047>
- {4} Arena, D., Zapata, H. (2011). La energía solar y sus aplicaciones. Memoria para optar al Título de Tecnólogo en Electricidad, Facultad de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- {5} Almanza, R. y Muñoz- Gutiérrez, F. (2003). “Ingeniería de la energía solar”. Serie Ingeniería. Editorial. Cromocolor. México. 418 pp.
- {6} Calero, R. (2013). Centrales de energías renovables. Madrid: Pearson Educación S.A. Collado, E. (2013). Centrales de energías renovables.
- {7} Muñoz Anticona (2005), en su tesis titulada “Aplicación de la energía solar para la electrificación rural en zonas marginales del país”, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.

Modelo de negocio sustentable para la implementación de un vivero en el municipio de Coetzala, Veracruz, México

Marlene Munguía-Martínez¹

María Edith Quezada-Fadanelli^{2*}

Gabriel Ruiz-Contreras³

María Inés Hernández-Román⁴

Erika María Gasperín-García⁵

^{1 2 3} Docentes de la Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carr. A la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz, México.

⁴ Estudiante de la Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carr. A la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz, México.

⁵ Docente de la Universidad Politécnica De Huatusco Predio Axol S/N, Reserva Territorial, 94106 Huatusco de Chicuellar, Ver.

Correo electrónico institucional del autor principal
marlene_munguia_57@zongolica.tecnm.mx

RESUMEN

El modelo de negocios como un emprendimiento sustentable está enfocado en la creación de valor económico, social y ambiental de forma equilibrada y sostenible. La gestión eficiente de los recursos naturales es fundamental para el avance de los países en desarrollo hacia tendencias sostenibles de consumo para el 2030, como lo mencionan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en particular el número 12 Producción y Consumo Sustentables. El objetivo de esta investigación fue realizar un modelo de negocios para la implementación de un vivero sustentable en el municipio de Coetzala, Veracruz, México. La investigación fue un estudio de caso en donde se diseñó un plan estratégico, se elaboró un modelo Canva, se analizaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) que presentaba la empresa, se realizó una encuesta en línea que permitió la elaboración de la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE) y la Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI). Se hizo una corrida financiera para

determinar la viabilidad económica del emprendimiento, misma que arrojó un 4.17% de factibilidad para la continuidad del proyecto. Se analizó la zona en donde se instalaría el vivero, así como se identificaron las especies a comercializar, se consideraron plagas, factores ambientales y la facilidad para acceder a ciertas especies. Finalmente, se encontraron áreas de oportunidad en la capacitación del personal, servicios adicionales a proporcionar, las temporadas de venta, los principales competidores, plagas y enfermedades a tratar y proveedores a considerar. El realizar un modelo de negocios es de suma importancia para la creación de una empresa, ya que brinda una visión global del entorno a operar, además de que sirve para definir lo que se ofrecerá al mercado siendo más competitivo.

Palabras clave: Modelo, sustentabilidad, empresa, emprendimiento.

ABSTRACT

The business model as a sustainable enterprise is focused on creating economic,

social and environmental value in a balanced and sustainable way. The efficient management of natural resources is fundamental for the advancement of developing countries towards sustainable consumption trends by 2030, as mentioned in the Sustainable Development Goals (SDGs) in particular number 12 Sustainable Production and Consumption. The objective of this research was to conduct a business model for the implementation of a sustainable nursery in the municipality of Coetzala, Veracruz, Mexico. The research was a case study where a strategic plan was designed, a Canva model was developed, the strengths, opportunities, weaknesses and threats (SWOT) presented by the company were analyzed, an online survey was conducted that allowed the development of the External Factors Evaluation Matrix (MEFE) and the Internal Factors Evaluation Matrix (MEFI). A financial run was made to determine the economic viability of the venture, which yielded a 4.17% feasibility for the continuity of the project. The area where the nursery would be installed was analyzed, and the species to be marketed were identified, taking into account pests, environmental factors and the ease of access to certain species. Finally, areas of opportunity were found in the training of personnel, additional services to be provided, the seasons to be seen in the nursery, and the availability of the species to be marketed.

Key words: Model, sustainability, enterprise, entrepreneurship.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el municipio de Coetzala, Veracruz cuenta con 2,355 habitantes. Es uno de los 212 municipios del estado y está ubicado en las coordenadas 18°47'5.75" N 96°55'3.4" O. Por su superficie, de 26.3 km² es considerado el municipio más pequeño de la entidad. Sus límites son: Norte: Naranja y Amatlán de los Reyes. Sur:

Zongolica. Este: Tezonapa y Cuichapa. Oeste: Zongolica y Naranja (SEFIPLAN, 2022). Para llevar a cabo un modelo de negocio sustentable que contemple el desarrollo de un vivero en Coetzala, Veracruz, es esencial comprender su importancia en el contexto local y ambiental. Donde se cultivan, mantienen y desarrollan plantas de diferentes especies para diversos usos: reforestación, producción agrícola, jardinería, entre otros, es fundamental porque promueve la conservación ambiental y fomenta la sostenibilidad, lo cual resulta particularmente relevante en comunidades que dependen de los recursos naturales y agrícolas.

El establecimiento de un vivero en Coetzala no solo podría contribuir a mejorar la disponibilidad de plantas y semillas locales, sino también generar oportunidades de empleo, reducir costos de transporte y ofrecer un centro de información y educación sobre el cuidado de plantas y prácticas sostenibles. Además, apoyaría la economía local y fomentaría la adopción de prácticas responsables con el medio ambiente.

El diseño enfocado en prácticas sostenibles y en la educación ambiental con asequibilidad de productos accesibles y convenientes para la comunidad local, información y guías sobre el cuidado de las plantas y asesoría técnica.

La zona de Coetzala enfrenta limitaciones en la disponibilidad de plantas y semillas a precios accesibles, y existe una dependencia de proveedores externos que incrementa los costos para los agricultores y consumidores locales. Esto dificulta el acceso a materiales esenciales para la agricultura y jardinería, además de limitar la variedad de especies disponibles. La falta de conocimiento sobre el cuidado de las plantas y prácticas sostenibles es otra problemática que un vivero comunitario podría abordar.

El objetivo general de esta investigación es analizar la viabilidad de un modelo de negocio sustentable para la implementación de un vivero. Los objetivos específicos son los siguientes: 1. Diseñar un plan estratégico que sirva como soporte para la creación del vivero, Yoloxochitl en el municipio de Coetzala, Veracruz. 2. Realizar el modelo Canvas que permita identificar las alternativas técnicas a considerar para el desarrollo del vivero. 3. Determinar la rentabilidad de la apertura del proyecto con base a la corrida financiera.

El modelo de negocio sustentable busca no solo desarrollar un negocio rentable, sino también ofrecer beneficios tangibles a la comunidad local y contribuir positivamente al medio ambiente.

ANTECEDENTES

Desde hace años, México ha promulgado políticas, leyes y normativas ambientales que regulan la explotación de recursos y buscan promover prácticas responsables. Algunas de estas regulaciones ofrecen incentivos para emprendedores que adopten modelos de negocios sostenibles, como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y el apoyo a empresas con certificaciones ambientales.

La demanda de productos y servicios ecológicos ha impulsado a los emprendedores a crear soluciones sostenibles. Esto se refleja en el interés por productos orgánicos, reciclables y de bajo impacto ambiental, lo que ha dado pie a nuevas industrias y oportunidades de negocio en áreas como la moda sostenible, la tecnología verde, los productos de consumo y la energía renovable. López y Hernández (2019), los autores estudian la influencia de la conciencia ambiental en el comportamiento del consumidor mexicano. Concluyen que los consumidores, en particular

los jóvenes, están más inclinados a comprar productos sostenibles, lo que ha incentivado a los emprendedores a adaptar sus modelos de negocio.

En México, diversas instituciones y organizaciones ofrecen programas de incubación, aceleración y financiamiento para emprendedores que desarrollen proyectos con iniciativas sustentables. Instituciones como el Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) han apoyado la creación de startups en temas como energía limpia, agua potable, reciclaje y biotecnología.

Romero y Ruiz (2016), en su artículo, abordan la implementación de la economía circular en México y explican cómo este modelo ha permitido que nuevas empresas surjan con un enfoque en el reciclaje, la reutilización de recursos y la reducción de residuos.

México ha sido testigo de un crecimiento en los movimientos ambientales y sociales que abogan por el desarrollo sostenible. Desde colectivos ciudadanos hasta grandes ONGs, estos grupos han concientizado a la población y fomentado una cultura de responsabilidad ambiental, lo que a su vez ha alentado a los emprendedores a alinear sus negocios con estos principios.

En años recientes, la innovación en tecnologías limpias y sostenibles se ha convertido en un catalizador clave para los emprendedores en México. El acceso a tecnologías de bajo costo y más eficientes ha permitido que startups desarrollen soluciones innovadoras en campos como la energía solar, la gestión de residuos, la eficiencia energética y la agricultura regenerativa.

Rodríguez y Muñoz (2021), los autores investigan los impactos de la economía circular en la creación de empresas sustentables, especialmente en industrias de alto consumo de recursos. Según sus hallazgos, los emprendimientos basados en modelos circulares han generado una innovación significativa en sectores como el de empaques y alimentos.

El emprendimiento en México, así como en el resto del mundo, se refiere al desarrollo y administración de una empresa con el fin de obtener ganancias, pero enfocado en nuestro país. Emprender juega un papel vital en el desarrollo económico del mercado global y nacional, en México, por ejemplo, de acuerdo con la Asociación mexicana de franquicias, la mayoría de las empresas son pequeñas, por lo que es más probable que las personas interesadas en el espíritu empresarial obtengan ganancias que mantengan a su familia y su estilo de vida. Por otra parte, el emprendimiento de una gran empresa es cuando ésta tiene una cantidad finita de ciclos de vida.

Al crear nuevas empresas, los emprendedores crean oportunidades de empleo para las personas, impulsan la competitividad y la productividad de las empresas, crean industrias nuevas que pueden ser motores de crecimiento para el futuro, ayudan a mejorar la renta nacional e introducen innovación de productos en el mercado (IMEF CDMX, 2022).

De acuerdo con el reporte The Global Competitiveness del World Economic Fórum, México es un país cuya economía está basada en la eficiencia, esto quiere decir que es un país atractivo para emprender pues tiene un gran porcentaje de consumo interno o en otras palabras, el tamaño del mercado es atractivo. Sin embargo, el país tiene un aspecto vulnerable

que inhibe el emprendimiento: sus instituciones. Además, los factores de inseguridad, violencia o incertidumbre son desalentadores para el espíritu emprendedor.

A nivel mundial, de acuerdo con el Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas (IMEF), México ocupa una posición desfavorable en las siguientes áreas.

A través de sus publicaciones y estudios, el INADEM ha señalado que sus fondos y programas han beneficiado a emprendedores en áreas de energía renovable, tecnología de reciclaje y desarrollo de productos ecoamigables.

Con lo anterior se ha contribuido a formar un ecosistema de emprendimiento sustentable en México, que actualmente sigue en crecimiento con el apoyo de políticas, iniciativas privadas y el interés de los consumidores por un consumo responsable.

METODOLOGÍA

De acuerdo con Conexión Esan (2019), la planificación de una empresa debe partir siempre de un modelo sólido de negocios, pues así es como se asegura que se tenga una mirada profunda en el mercado y los clientes. Alonso (2022), define a las 5 fuerzas de Porter como una serie de elementos que nos ayudarán a entender la posición que tenemos en el mercado, además de detectar y anticipar tendencias. Es llamado así por su creador Michael E. Porter, y dicho modelo nos obliga a poner el foco del análisis en: los clientes, los proveedores, los productos sustitutos, los nuevos competidores potenciales y la competencia. El análisis FODA es un marco directo que indica la importancia de las fuerzas externas e internas con el fin de comprender las fuentes de la ventaja competitiva (Ghazinoory, Abdi, & Azadegan-Mehr, 2011).

Población de estudio: 2,355 habitantes de Coetzala, Veracruz. Se realizó un muestreo a conveniencia de 70 personas que accedieron a participar de manera voluntaria.

Instrumento de recolección de datos: Se utilizó un cuestionario de 52 preguntas para el informe de la investigación de la Matriz MEFI, MEFE. Se recurrió a un formulario de google para la aplicación de la encuesta.

El estudio se realizó en el periodo de agosto a diciembre de 2023. Para el objetivo 1 se diseñó un plan estratégico. Para el objetivo 2 se realizó el modelo Canvas. Para el objetivo 3 se determinó la rentabilidad de la apertura del proyecto con base a la corrida financiera.

DESARROLLO

Para conocer la viabilidad que tiene la creación de un vivero fue importante hacer un estudio de mercado, un estudio técnico- organizacional y el análisis financiero del proyecto. De acuerdo con Toncel Pérez (2020), menciona que en un análisis del mercado, se identifican la demanda potencial, precios, ubicación, estrategias publicitarias, entre otros. Además también se debe realizar un estudio técnico para establecer el tipo y la cantidad de material que se necesitará para la estructura y amueblado.

En el estudio técnico y organizacional se analiza todo lo necesario para el funcionamiento de la empresa desde detalles técnicos hasta la normativa legal en que se desenvolverá la empresa. Se determina la inversión inicial y los gastos anuales que incurrirá la empresa para su funcionamiento. Y finalmente se desarrolla un análisis financiero y económico para demostrar la viabilidad y rentabilidad del proyecto implementando estrategias para el desarrollo del mismo.

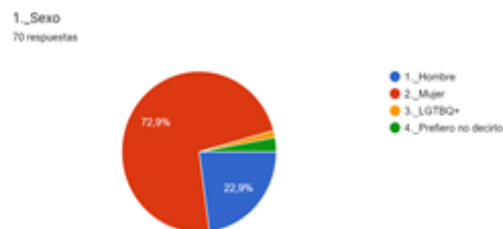
RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados principales del proyecto de acuerdo al objetivo planteado.

Primeramente se realizó un análisis para identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) para realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que en conjunto diagnostican la situación interna y externa de la empresa, para obtener una perspectiva general de su situación estratégica.

Cabe mencionar que fueron aplicadas 70 encuestas al público en general en el municipio de Coetzala y sus localidades cercanas.

En las siguientes gráficas se muestra el resumen de las encuestas realizadas:



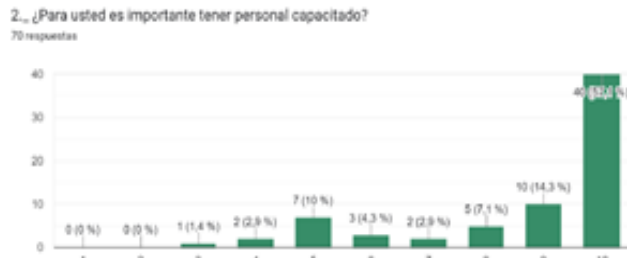
Gráfica 1. Género de los participantes

En la gráfica 1 se observa que de los 70 participantes el 72.9 % pertenecía al género femenino, el 22.9% son del género masculino, esto nos indica que la imagen corporativa estaba más inclinada al género femenino.



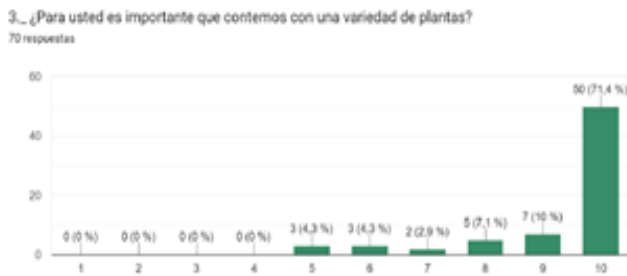
Gráfica 2. Ubicación del vivero.

En la gráfica 2 se indica que el 45.7 % considera favorable la ubicación del vivero Yoloxochitl.



Gráfica 3. Personal capacitado.

En la gráfica 3 se muestra que para el 57.1 % de los participantes era de suma importancia tener personal capacitado.



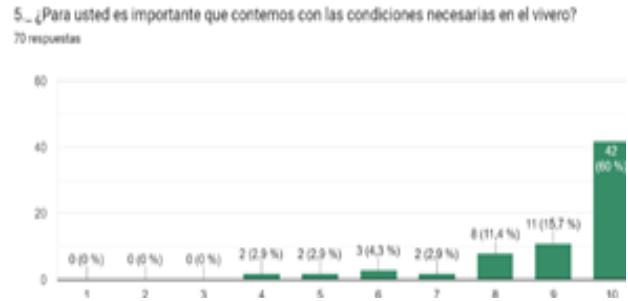
Gráfica 4. Variedad de plantas.

En la gráfica 4 se visualiza que para el 71.4 % de los encuestados fue de gran importancia la variedad de plantas.



Gráfica 5. Servicios adicionales.

En la gráfica 5 se observa que para el 61.4 % consideraron de gran importancia los servicios adicionales.



Gráfica 6. Condiciones necesarias en el vivero.

En la gráfica 6 se indica que el 60% de los participantes les fue de gran importancia las condiciones necesarias en el vivero.



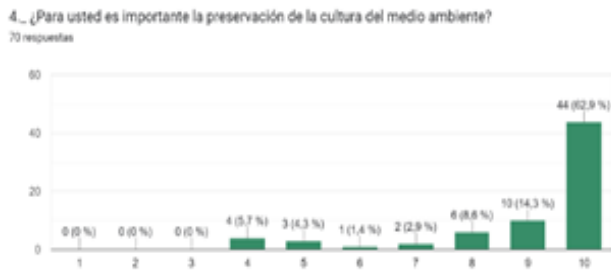
Gráfica 7. Variedad de plantas de temporada.

En la gráfica 7 se visualiza que para el 48.6% de los participantes consideraron de gran importancia incluir plantas de temporada en el vivero.



Gráfica 8. Importancia de que la empresa sea de nueva creación.

La gráfica 8 analiza que para el 45.7% de los encuestados era de gran importancia que el vivero fuera de nueva creación.



Gráfica 9. Importancia de la preservación de la cultura del medio ambiente.

En la gráfica 9 se muestra la relevancia de la preservación de la cultura del medio ambiente con un 62.9% de los participantes.



Gráfica 10. Importancia del uso de las redes sociales.

La gráfica 10 muestra que para el 52.9% del público encuestado, consideró de gran interés que el vivero contará con redes sociales.

Con base a los resultados anteriores se llevó a cabo un análisis estratégico del entorno e interno mediante la elaboración de las herramientas tales como FODA, matriz MEFE y MEFI.

Tabla 1. Matriz FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones necesarias para el establecimiento del proyecto. • Ubicación cercana al área urbana y rural. • Personal capacitado en la atención a clientes. • Servicios adicionales. • Gran variedad de plantas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de una página de Facebook e Instagram en donde se publicarán los productos. • No existe competencia cercana. • Vender la planta con un instructivo de cuidado. • Precios accesibles. • Creación de productos propios.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Es una empresa nueva, no es conocida por la población y no cuenta con prestigio. • Venta por temporada. • Escasez de recurso financiero. • Falta de personal • Falta de cultura de preservación del medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca demanda de plantas. • Plagas y enfermedades. • Factores ambientales. • Pandemia. • Incumplimiento por parte de los proveedores.

Fuente: Elaboración propia, (2021)

La Tabla 1, muestra los factores críticos para el vivero Yoloxochitl, que representan las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Tabla 2. Matriz MEFI

MATRIZ MEFI - VIVERO YOLOXOCHITL				
FACTORES INTERNOS CLAVES	ESCALA INTERMEDIA	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PUNTUACIONES PONDERADAS
FORTALEZAS				
1. Condiciones necesarias para el establecimiento del proyecto.	83	0.13	4	0.53
2. Ubicación cercana al área urbana y rural.	9	0.01	3	0.04
3. Personal capacitado en la atención a clientes.	93	0.15	3	0.45
4. Servicios adicionales.	89	0.14	4	0.57
5. Gran variedad de plantas.	9	0.01	4	0.06
		0.00		0.00
DEBILIDADES				
1. Es una empresa nueva, no es conocida por la población y no cuenta con prestigio.	88	0.14	2	0.28
2. Venta por temporada.	78	0.13	2	0.25
3. Escasez de recurso financiero.	79	0.13	3	0.38
4. Falta de personal.	9	0.01	2	0.03
5. Falta de cultura de preservación del medio ambiente.	87	0.14	2	0.28
		0.00		0.00
TOTAL	624	1.00	29	2.87

En la tabla 2 se presenta la matriz MEFI del análisis estratégico interno del vivero Yoloxochitl, cuyo resultado fue de 2.87 indicando una posición interna fuerte.

Tabla 3. Matriz MEFE

MATRIZ MEFE - VIVERO YOLOXOCHITL				
FACTORES EXTERNOS	ESCALA INTERMEDIA	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PUNTAJES PONDERADOS
OPORTUNIDADES				
1. Creación de una página de Facebook e Instagram en donde se publicarán los productos.	85	0.10	4	0.41
2. No existe competencia cercana.	89	0.11	4	0.43
3. Vender la planta con un instructivo de cuidado.	93	0.11	4	0.45
4. Precios accesibles.	69	0.08	3	0.25
5. Creación de productos propios.	90	0.11	3	0.32
		0.00		0.00
AMENAZAS				
1. Poca demanda de plantas.	69	0.08	3	0.25
2. Plagas y enfermedades.	87	0.10	3	0.31
3. Factores ambientales.	86	0.10	2	0.21
4. Pandemia.	76	0.09	3	0.27
5. Incumplimiento por parte de los proveedores.	89	0.11	2	0.21
		0.00		0.00
TOTAL	833	1.00	31.00	3.11

En la tabla 3, se observa en la matriz MEFE del vivero Yoloxochitl, que las oportunidades (1.86) superan a las amenazas (1.25), lo que significa que el entorno externo es favorable.

Dado lo anterior, se elaboró el Modelo de Negocios mediante la herramienta lienzo CANVAS.

Figura 1. Modelo de Negocios.



En la figura 1 se presenta el modelo de negocios del vivero Yoloxochitl, el cual considera las opiniones del público encuestado.

Otro resultado importante del proyecto fue la elaboración de un manual de imagen corporativa.

Figura 2. Manual de Imagen Corporativa.



En la figura 2, se observa la portada del manual, así como el logo del vivero.

Figura 3. Contenido del manual.

Tabla de contenido

Introducción	Componentes
01 Presentación	01 Presentación
02 Logotipo	02 Logotipo
03 Colores	03 Colores
04 Tipografía	04 Tipografía
05 Fotografías	05 Fotografías
06 Ilustraciones	06 Ilustraciones
07 Aplicaciones	07 Aplicaciones
08 Redes sociales	08 Redes sociales
09 Otros usos	09 Otros usos
Aplicaciones	Marketing
01 Presentación	01 Presentación
02 Logotipo	02 Logotipo
03 Colores	03 Colores
04 Tipografía	04 Tipografía
05 Fotografías	05 Fotografías
06 Ilustraciones	06 Ilustraciones
07 Aplicaciones	07 Aplicaciones
08 Redes sociales	08 Redes sociales
09 Otros usos	09 Otros usos

En la figura 3, se muestra el contenido del Manual de Imagen Corporativa donde se describen las pautas y normas para el correcto uso del logotipo en las diferentes aplicaciones físicas, impresas y digitales.

Finalmente se realizó una evaluación económica del proyecto para lo cual se elaboraron los estados financieros proforma y se calcularon los indicadores VAN, TIR y Relación B/C considerando una tasa de descuento del 10%.

Tabla 4. Matriz de indicadores financieros.

Indicador	Resultado	Dictamen
VAN	\$ 644,888.94	Se acepta
TIR	4.17	Se acepta
B/C	1.45	Se acepta

En la tabla 4 se presentan los resultados de los

indicadores calculados y evaluados, los cuales muestran que el proyecto es viable.

CONCLUSIONES

La implementación de viveros en la comunidad de Coetzala y sus alrededores representa una gran oportunidad para fomentar la seguridad alimentaria y generar una economía local sostenible. La preferencia del 72.9% de mujeres encuestadas, principalmente amas de casa, junto con el 78.5% de habitantes de la comunidad de Coetzala interesados en el modelo de negocio, destaca la importancia de considerar sus necesidades y preferencias en la planificación y venta de productos del vivero. A pesar de la baja factibilidad financiera inicial del 4.17%, el vivero aún muestra potencial de rentabilidad y, con una gestión adecuada, puede generar beneficios económicos a largo plazo. Su ubicación estratégica y la alta dependencia de la agricultura como fuente de empleo en la región constituyen una ventaja, permitiendo expandir el inventario para satisfacer las demandas locales. Además, el desarrollo del modelo de negocios ha proporcionado una visión integral y clara del enfoque comercial y de las estrategias de mercado necesarias para asegurar el éxito del proyecto.

Recomendaciones: **1. Investigación previa:** Antes de establecer el vivero, es crucial investigar los aspectos legales y ambientales pertinentes, incluyendo la normativa mexicana sobre emprendimiento y sustentabilidad, y elaborar un modelo de negocio adaptado a la realidad local. **2. Análisis de mercado y entorno:** Evaluar la zona de instalación y las especies a cultivar en función de los factores climáticos, estacionales y las plagas locales. Esto permitirá optimizar la selección de plantas y asegurar su adaptabilidad y viabilidad en el vivero. **3. Capacitación del personal:** Invertir en la capacitación continua del equipo para manejar adecuadamente el vivero y ofrecer

servicios adicionales que puedan captar y fidelizar a los clientes. **4. Estacionalidad y competencia:** Identificar las temporadas de mayor demanda y monitorear la competencia cercana para ajustar estrategias comerciales. También se recomienda diversificar los proveedores y evaluar opciones de abastecimiento que garanticen la calidad y disponibilidad constante de productos.

Estas recomendaciones permitirán maximizar las oportunidades del modelo de negocio sustentable, minimizar las debilidades detectadas y lograr una gestión más eficaz y sostenible del vivero en beneficio de la comunidad de Coetzala y sus alrededores.

REFERENCIAS

- Acosta, B. (3 de abril de 2023). Plantas ornamentales: qué son, tipos, nombres e imágenes. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/plantas-ornamentales-que-son-tipos-nombres-e-imagenes-2642.html>
- Alonso, M. (18 de Noviembre de 2022). Qué son las 5 fuerzas de Porter y cómo analizarlas. Obtenido de ASANA: <https://asana.com/es/resources/porters-five-forces>
- Bello, E. (27 de Marzo de 2023). Tipos de emprendimiento: Cómo elegir el que más se adapte a tus habilidades. Obtenido de IEBS: <https://www.iebschool.com/blog/tipos-de-emprendimiento-creacion-empresas/>
- Carbone, L. M., & Carreras, M. E. (2016). Plantas frutales. UNC, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Cardona, G. (Febrero de 2005). Decisiones financieras en el sector forestal. Obtenido de <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-14-Decisiones-financieras-CARDONA.pdf>
- Cartes, E., Acevedo, M., González, M., Álvarez, C., Mena, P., & García, E. (2019). Manual de manejo de riego y fertilización en viveros de plantas a raíz cubierta (Vol. 51). Chile: Instituto Forestal.
- CHACO. (s.f.). Producción de plantas en vivero . Obtenido de CHACO: <https://ele.chaco.gob.ar/mod/book/view.php?id=230413&chapterid=8784>
- Clavijo, C. (s.f.). ¿Qué es un modelo de negocios? Definición, tipos y cómo crearlo. Obtenido de Hubspot: <https://blog.hubspot.es/sales/modelo-negocio>
- CONABIO. (30 de Septiembre de 2020). Mderable . Obtenido de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/maderable>
- Conexión Esan. (08 de Mayo de 2019). ¿Cómo diseñar un exitoso modelo de negocios? Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-disenar-un-exitoso-modelo-de-negocios>
- Cuacho Tingo, M. E. (2022). Sistema web para la gestión de pedidos y control de inventario de plantas crasas en un vivero. Universidad Agraria del Ecuador , Guayaquil. 139
- Escobar-Alonso, s., & Rodríguez Trejo, D. A. (2019). Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género Pinus en México. 10(55), 4-38. Obtenido de <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i55.558>
- Espinosa-Reyes, Á., Silva-Pupo, J. J., Bahi-Arevich, M., & Romero-Cabrera, D. (2019). Influencia del tamaño de las plantas in vitro y tipo de sustrato en la aclimatación de Morus alba L. SciELO, 42(1), 23-29. Obtenido de SciELO: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000100023&script=sci_arttext
- Ghazinoory, S., Abdi, M., & Azadegan-Mehr, M. (2011, Abril 12). Swot Methodology: A State-of-the-Art Review for the Past, A Framework for the Future. Journal of Business Economics and Management, 24-

48. Retrieved from <https://doi.org/10.3846/16111699.2011.555358>
- González Cárdenas, J. O., Figueroa Millán, P. E., Amezcua Valdovinos, I., & Benavides Delgado, R. (2022). Diseño arquitectural de una plataforma iot para la monitorización ambiental aplicada en viveros de plantas de ornato. *Dialnet*, 11(1). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8415585>
- Haffar, N. (2021). ¿Cuál es la diferencia entre un invernadero y un vivero? Obtenido de Quora: <https://es.quora.com/Cu%C3%A1l-es-la-diferencia-entre-un-invernadero-y-un-vivero>
- IMEFCDMX. (12 de Enero de 2022). Emprendimiento en México: retos y oportunidades. Obtenido de <https://cdmx.imef.org.mx/blog/emprendimiento/emprendimiento-en-mexico-retos-y-oportunidades/>
- Instituto Europeo de Posgrado. (28 de junio de 2018). ¿Por qué la innovación y el emprendimiento son un factor para el desarrollo? Obtenido de IEP: <https://iep.edu.es/innovacion-emprendimiento-desarrollo/#:~:text=econ%C3%B3mico%20y%20social-,T%C3%A9rminos%20innovaci%C3%B3n%20y%20emprendimiento,una%20necesidad%20en%20el%20mercado.>
- Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM). (2019). Informe anual sobre el emprendimiento sostenible en México. Ciudad de México: INADEM.
- Juiña Lamiña, J. C. (2020). Plan de negocios para la creación de un vivero dedicado a la producción y comercialización de plantas decorativas de interior y exterior mediante la importación de semillas certificadas de Bogotá-Colombia en la ciudad de Quito. Quito.
- Lacoretz, M. V., Villanova, I., Sánchez, M. I., Verrastro, E., & Cristiano, P. M. (2022). La Red de Viveros de Plantas Nativas de Argentina (REVINA): Una perspectiva etnobotánica para fortalecer la restauración de ecosistemas en la Argentina. 32(1), 01-194. Obtenido de <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.0.1784>
- Lalopbar. (s.f.). Legislación ambiental mexicana. Obtenido de [lopezbarbosa.net: https://www.lopezbarbosa.net/cursos/legislacion-ambiental/](https://www.lopezbarbosa.net/cursos/legislacion-ambiental/)
- López, V., & Hernández, C. (2019). Conciencia ambiental y su influencia en el comportamiento del consumidor mexicano. *Journal of Sustainable Marketing*, 5(1), 75-89.
- Lucidchart. (s.f.). Qué es un diagrama de flujo. Obtenido de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>
- Ministerio de Agroindustria. (2018). Manual de vivero 2do año. Buenos Aires: INTA.
- Morales Pérez, E. (2018). Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del estado de Tamaulipas. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/15965>
- Motis, T., & Fifer, G. (29 de Marzo de 2021). TN #97 Manejo de viveros pequeños. Obtenido de ECHO community: <https://www.echocommunity.org/es/resources/f18a5550-662c-4838-86b4a1b8a2b2347f#:~:text=Manejar%20un%20vivero%20implica%20muchas,para%20acomodar%20el%20crecimiento%20radicular.>
- Naranjo Freire, A. A. (2022). Diseño de un manual de mantenimiento preventivo de equipos y maquinarias en actividades de explotación de viveros. Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

- NOVAGRIC. (s.f.). Invernaderos para viveros .Obtenido de Novedades Agrícolas: <https://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/invernaderos-cultivos/invernaderosviveros#:~:text=Viveros%20Agr%C3%ADcolas%3A%20cuya%20funci%C3%B3n%20es,producen%20plantas%20para%20jardiner%C3%ADa%20fundamentalmente>.
- Ochoa, A. (23 de Marzo de 2021). Las plagas más comunes en plantas y cómo evitarlas. Obtenido de ADmagazine: <https://www.admagazine.com/estilo-de-vida/las-plagas-mas-comunes-en-plantas-y-como-eliminarlas-20210323-8296-articulos-141>
- Paola, Q. (2022). Creatividad e innovación: qué significan y cómo aplicarlas . Obtenido de tiendanube: <https://www.tiendanube.com/mx/blog/creatividad-e-innovacion/>
- Paunero, I. E. (2019). Medida de prevención en los trabajos en viveros productores de plantas.
- Pérez, A. (24 de Octubre de 2022). Qué es emprendimiento: definición y perspectivas. Obtenido de OBS Business School: <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-emprendimiento-definicion-y-perspectivas>
- QuestionPro. (s.f.). 5 instrumentos para recopilar información. Obtenido de QuestionPro blog: <https://www.questionpro.com/blog/es/instrumentos-para-recopilar-informacion/>
- Repositorio Institucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (2019). Especies de Phytophthora en plantas ornamentales cultivadas en viveros de la Ciudad de México, Michoacán y Morelos. Tesis doctoral. Obtenido de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3738
- Revista Educativa Maderapedia. (2019). Árboles Maderables . Obtenido de Maderapedia: <https://www.maderapedia.com/general/arboles-maderables.html>
- Reyes Quiñones, J. (2015). Manual diseño y organización de viveros. Obtenido de Competitividad.
- Reyes-Reyes, J., Rodríguez-Morales, J. A., Pimienta de la Torre, D. d., Fuentes Pérez, M. A., Aguirre Medina, J. F., & Merino García, A. (2022). Diagnóstico de la calidad de planta en el vivero forestal El Campanario, Tuxtla Chico, Chiapas. Universidad de Guadalajara. E-CUCBA. Obtenido de <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi17.207>
- Rodríguez, M., & Muñoz, P. (2021). Impactos de la economía circular en el emprendimiento sostenible en México. *Estudios de Economía y Sostenibilidad*, 6(4), 112-130.
- Romero, L., & Ruiz, J. (2016). Implementación de la economía circular en México: Innovación y oportunidades para el emprendimiento sustentable. *Revista de Economía Circular y Sustentabilidad*, 3(2), 45-61.
- SalvaCactus México. (s.f.). ¿Cómo se clasifican las cactáceas? Obtenido de Medium: <https://medium.com/@salvacactus/como-se-clasifican-las-cactaceas-e0c7ddc14386>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (13 de Julio de 2017). ¿Sabes cómo se clasifican los árboles frutales? Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/sabes-como-se-clasifican-los-arboles-frutales>
- SEFIPLAN, S. d. (2022). Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado. Veracruz: Estadísticas de las finanzas públicas estatales y municipales, 2022. Obtenido de http://ceieg.veracruz.gob.mx/wpcontent/uploads/sites/21/2022/09/Coetzala.CM_Ver_.20.4.pdf
- SEMARNAT. (s.f.). Certificación de la operación de viveros forestales. Obtenido de Gobierno de México: <https://biblioteca.semarnat.gob>.

mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/
DOFsr/DO3430.pdf

Solano, H. (25 de Octubre de 2016). Tres modelos definidos de emprendimiento. Obtenido de INCAE: <https://www.incae.edu/es/blog/2016/10/25/tres-modelos-definidos-de-emprendimiento.html>

Sordo, A. I. (s.f.). Cómo hacer una segmentación de mercado paso a paso [+ infografía]. Obtenido de HUBSPOT: <https://blog.hubspot.es/marketing/como-hacer-segmentacion-mercado>

Toncel Perez, K. M. (2020). Estudio de factibilidad para la creación de un vivero productivo de plantas ornamentales. Proyecto de grado, Universidad Cooperativa de Colombia.

Retos y desafíos del transporte de carga terrestre sustentable en el nearshoring

Erika María Pecina Rivas

Patricia Cortés Hernández

Gabriel Adrián Vázquez Valerio

Mauricio Igor Pecina Rivas

Adriana Zavala Martínez

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI)

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI)

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI)

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX UAPCI)

RESUMEN

En la actualidad el Nearshoring es una práctica con tendencia global a la relocalización de cadenas de suministros. Es un movimiento generador de impactos en mercados mundiales, brindando una posición económica para México al ser una oportunidad para incrementar la inversión extranjera directa.

El impacto de la investigación del presente artículo está centrado en la situación actual del transporte de carga terrestre en México, sus retos y oportunidades ante este fenómeno. Se explora el modelo OLI de Dunning (1993). Representando la propiedad, la localización y la internacionalización. Por lo cual, se utiliza un tipo de investigación cualitativa y se obtuvo información de organismos oficiales e internacionales. Adicionalmente se ocupa Researchgate, Redalyc, Web of Science.

En la Investigación se encontró que la variable directa es el Nearshoring y las variables indirectas son las emisiones de dióxido de carbono y el consumo energético, reflejando como este fenómeno afecta la economía, la demanda de transporte y la sostenibilidad ambiental y energética.

El Nearshoring representa un reto sustentable, porque al aumentar el volumen de transporte se incrementa la emisión de dióxido de carbono.

Existe la posibilidad del uso de vehículos eléctricos para minimizar las emisiones energéticas, una alternativa sería el uso de gas natural como combustible para reducir las emisiones mencionadas.

De acuerdo con resultados obtenidos del Banco Mundial debido al Nearshoring los vehículos eléctricos podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero aproximadamente en 40%; Así mismo el transporte propulsado por gas natural puede disminuir las emisiones de carbono en 25% y reduciendo los costos de combustible hasta en un 50%.

En conclusión, la combinación del Nearshoring con la transición hacia vehículos eléctricos y el uso del gas natural sustituyendo a los combustibles fósiles, posiciona a México en una ruta estratégica hacia el desarrollo económico sostenible.

OBJETIVOS

Analizar el impacto del Nearshoring en el sector del transporte de carga en México, con un enfoque particular en las implicaciones ambientales y las oportunidades para un desarrollo más sostenible.

CONTRIBUCIÓN

Esta investigación identificará cómo el Nearshoring incrementa el volumen de transporte y, en consecuencia, las emisiones de dióxido de carbono y el consumo energético, subrayando la importancia de adoptar tecnologías sostenibles para mitigar estos efectos.

Se presentan propuestas de tecnologías que pueden contribuir a la sostenibilidad ambiental y económica en México.

ABSTRACT

Nearshoring is currently a practice with a global trend towards the relocation of supply chains. It is a movement that generates impacts in world markets, providing an economic position for Mexico as an opportunity to increase foreign direct investment.

The impact of the research of this article is focused on the current situation of land freight transport in Mexico, its challenges, and opportunities in the face of this phenomenon. Dunning's (1993) OLI model is explored. Representing ownership, location, and internationalization. Therefore, a type of qualitative research is used, and information was obtained from official and international organizations. Additionally, Researchgate, Redalyc, Web of Science are in charge.

In the research, it was found that the direct variable is Nearshoring, and the indirect variables are carbon dioxide emissions and energy consumption, reflecting how this phenomenon affects the economy, transport demand and environmental and energy sustainability.

Nearshoring represents a sustainable challenge, because increasing the volume of transport increases the emission of carbon dioxide. There is the possibility of using electric vehicles to minimize energy emissions, an alternative

would be the use of natural gas as a fuel to reduce the emissions.

According to results obtained from the World Bank, due to Nearshoring, electric vehicles could reduce greenhouse gas emissions by approximately 40%; Likewise, transportation powered by natural gas can reduce carbon emissions by 25% and reduce fuel costs by up to 50%.

In conclusion, the combination of nearshoring with the transition to electric vehicles and the use of natural gas replacing fossil fuels, positions Mexico on a strategic path towards sustainable economic development.

OBJECTIVES

To analyze the impact of nearshoring on the freight transport sector in Mexico, with a particular focus on environmental implications and opportunities for more sustainable development.

CONTRIBUTION

This research will identify how nearshoring increases the volume of transport and, consequently, carbon dioxide emissions and energy consumption, underlining the importance of adopting sustainable technologies to mitigate these effects.

Proposals for technologies that can contribute to environmental and economic sustainability in Mexico are presented.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno del nearshoring, caracterizado por la relocalización de cadenas de suministro hacia regiones geográficas más cercanas, ha emergido como una tendencia global de gran relevancia. Esta práctica, al modificar las dinámicas de producción y comercio a escala mundial, presenta una serie de oportunidades y desafíos para los países receptores de inversión.

México, dada su posición geográfica y acuerdos comerciales, se ha posicionado como un destino atractivo para la relocalización de empresas. Sin embargo, el crecimiento exponencial del comercio intrarregional derivado del nearshoring ha puesto en relieve la necesidad de analizar su impacto en sectores estratégicos como el transporte de carga terrestre.

El presente estudio se centra en evaluar los retos y oportunidades que plantea el nearshoring para el sector del transporte de carga en México. A través de una metodología cualitativa y la revisión de diversas fuentes de información, se busca comprender cómo este fenómeno impacta la demanda de transporte, las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo energético.

Para enmarcar el análisis, se recurre al modelo OLI de Dunning, el cual permite explicar las motivaciones de las empresas para internacionalizar sus operaciones. Además, se exploran las posibles soluciones para mitigar los impactos negativos del nearshoring en el medio ambiente, como la adopción de tecnologías limpias en el transporte, tales como vehículos eléctricos y el uso de gas natural como combustible alternativo.

Los resultados preliminares de esta investigación sugieren que el nearshoring representa una oportunidad para impulsar el desarrollo económico de México, pero al mismo tiempo plantea desafíos en materia de sostenibilidad ambiental. La combinación de este fenómeno con la transición hacia un transporte más limpio y eficiente podría posicionar al país como un referente en la región en términos de desarrollo sostenible.

ANTECEDENTES

El concepto de *nearshoring* surgió como respuesta a la globalización y a los desafíos que enfrentan las empresas en sus cadenas de

suministro, incluyendo riesgos geopolíticos, cambios en las regulaciones comerciales, y eventos disruptivos como la pandemia de COVID-19. Este modelo de negocio propone la relocalización de operaciones de manufactura y ensamblaje a países cercanos al mercado final, con el objetivo de reducir costos logísticos, mejorar tiempos de respuesta y gestionar mejor las interrupciones en la cadena de suministro.

“El nuevo repunte del nearshoring se potencia por el interés de generar independencia de China y países proveedores lejanos a la operación”, (Díaz, Bautista 2024) por lo que México, debido a su proximidad con Estados Unidos y su pertenencia al T-MEC, ha captado la atención de empresas multinacionales como un destino clave para el nearshoring. Esto ha aumentado las inversiones en sectores industriales y logísticos, generando una mayor demanda de transporte de carga terrestre para abastecer a las plantas de manufactura y distribuir productos a lo largo de la frontera y el territorio norteamericano. Sin embargo, este crecimiento también implica un aumento en el consumo energético y en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), factores que contribuyen a los retos ambientales que enfrenta el sector logístico.

METODOLOGÍA

El estudio sigue un diseño de investigación cualitativa, orientado a analizar los impactos y oportunidades del nearshoring en el sector de transporte de carga terrestre en México. La investigación aborda el análisis desde el marco teórico del Modelo OLI de Dunning (1993), enfocado en tres dimensiones clave: Propiedad, Localización e Internacionalización.

La investigación se basa en la recopilación de datos secundarios de fuentes relevantes sobre transporte y economía sustentable. La muestra de información se obtuvo a través de un

muestreo intencional, seleccionando estudios e informes de organismos internacionales y bases de datos científicas como ResearchGate, Redalyc y Web of Science.

La recolección y análisis de datos se llevó a cabo en México, enfocándose en el contexto nacional del transporte de carga terrestre. El periodo de estudio abarcó desde 2018 a la fecha.

Se realizó una revisión exhaustiva de literatura en bases de datos científicas y organismos oficiales para identificar estudios previos sobre nearshoring, impactos ambientales y energéticos en el transporte terrestre.

Se aplicó el modelo de Dunning para evaluar las oportunidades de inversión en México, con un enfoque en las ventajas de propiedad, localización e internacionalización que brinda el nearshoring.

Este modelo “Postula una visión general de las motivaciones que influyen la IED a partir de variables propias de la economía administrativa como lo son la gobernanza y la estructura de competencia de los mercados” (Gómez Aguirre 2020)

En la Investigación se identificaron las siguientes variables:

Variable Directa: Nearshoring, como factor impulsor de la demanda de transporte en México.

Variables Indirectas: Emisiones de dióxido de carbono y consumo energético, que reflejan los retos ambientales de un mayor volumen de transporte

Y se determinó la siguiente hipótesis:

El aumento en el volumen de transporte de carga debido al nearshoring generará un incremento proporcional en las emisiones de CO₂ en México.

DESARROLLO

De acuerdo con información del sitio de (Banobras, 2024) México es un país que

destaca en su competitividad por los siguientes factores: Buena ubicación geográfica, costos bajos de mano de obra, un mercado interno competitivo, crecimiento en la economía y posee una libertad económica contando con 14 Tratados de libre comercio con más de 50 países y ocupa la 9na posición en países receptores de inversión extranjera directa.

La mayor parte de la IED se destina a la Industria manufacturera

La proximidad de México con Estados Unidos ofrece al país una oportunidad para posicionarse como un centro logístico y manufacturero clave en Norteamérica. El Nearshoring “implica reubicar partes de su cadena de suministro a países que están geográfica y culturalmente cerca de su principal mercado objetivo” (IMT 2024). Este movimiento que responde a la necesidad de empresas internacionales de mitigar riesgos geopolíticos, reducir tiempos de entrega, costos, y aumentar la resiliencia en sus cadenas de suministro. Gracias al Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) y su integración con el mercado estadounidense, México ha atraído crecientes inversiones en sectores estratégicos, como automotriz, farmacéutico, electrónico y manufactura avanzada.

Ventajas y Oportunidades del Nearshoring para México

1. Proximidad Geográfica y Red de Tratados: La cercanía con EE. UU. y una sólida red de acuerdos comerciales permiten a México facilitar los flujos comerciales y optimizar los costos de transporte.
2. Costos Laborales Competitivos: México ofrece una mano de obra calificada y costos relativamente bajos, que es especialmente atractiva para sectores como el manufacturero y el automotriz.
3. Infraestructura Logística y Transporte:

Aunque aún enfrenta desafíos, México cuenta con una red de carreteras y puertos que conectan sus centros de producción con la frontera estadounidense.

Además, México destaca como un país "conector" entre economías globales, especialmente ante el creciente conflicto comercial entre EE. UU. y China. El país ha captado inversiones sustanciales y ha visto un aumento en la producción de sectores de alto valor, como semiconductores, baterías eléctricas, dispositivos médicos y farmacéuticos.

Retos del Nearshoring en el Transporte de Carga Terrestre

El auge del nearshoring en México no está exento de desafíos, especialmente en el sistema de transporte terrestre. Los retos principales incluyen:

1. **Infraestructura Limitada y Congestión:** A medida que la demanda de transporte aumenta, el sistema enfrenta congestión en corredores estratégicos y cruces fronterizos. Esto impacta la eficiencia logística y eleva los costos de transporte, ralentizando el comercio transfronterizo.
2. **Seguridad y Robo de Carga:** La inseguridad en las carreteras, con alta incidencia de robo de mercancías, representa un alto riesgo logístico. Esto limita el atractivo de algunas rutas y eleva los costos de seguros y logística.
3. **Sostenibilidad Ambiental:** El aumento en el flujo de transporte terrestre ha elevado las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros contaminantes. Ante la presión para mantener una logística más sostenible, por lo que sería una opción el cambiar hacia el uso de vehículos eléctricos y combustibles alternativos como el gas natural.

Se identificó que la relocalización de cadenas de suministro representa una oportunidad estratégica para atraer inversión extranjera directa (IED) a México. Sin embargo, el aumento en la demanda de transporte implica retos relacionados con la sostenibilidad ambiental y energética, como el incremento en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y el consumo de energía.

En relación con el "Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente, este sector ha contribuido con alrededor del 14% de las emisiones mundiales de GEI, siendo el transporte terrestre el principal emisor, seguido del marítimo y la aviación, que contribuyen con el 2.2%". (Iniciativa Climática 2021)

Con relación al problema del cambio climático y "la necesidad de reducir las emisiones de CO₂, las empresas deben adoptar prácticas logísticas más sostenibles. Esto incluye la optimización de rutas para minimizar el consumo de combustible" (Control Terrestre 2023), así como el uso de vehículos híbridos o eléctricos, esto con el propósito de minimizar el daño ambiental.

Para profundizar en el análisis de las oportunidades de inversión en México generadas por el nearshoring, se adoptó el Modelo OLI de Dunning (1993), que se enfoca en tres factores esenciales: El Modelo OLI de Dunning (1993) es una herramienta poderosa para analizar y maximizar las oportunidades de inversión extranjera en el contexto del nearshoring en México. Al aplicar este modelo, se pueden identificar los factores clave que hacen atractivo a México para la inversión y alinear estrategias para potenciar esos factores

1. Propiedad

Este componente se refiere a las ventajas que poseen las empresas extranjeras en términos de activos tangibles e intangibles, como tecnología avanzada, marcas reconocidas y habilidades

especializadas. Estas ventajas les permiten competir eficazmente en nuevos mercados.

2. Localización

Este factor evalúa los atributos específicos de México que lo hacen un lugar atractivo para la inversión. En el caso de México, la cercanía a Estados Unidos, sus costos laborales competitivos y su red de tratados comerciales son ventajas significativas.

3. Internacionalización

Este componente analiza por qué una empresa elige mantener el control directo sobre sus actividades en el extranjero, en lugar de tercerizarlas o hacer contratos con proveedores locales. Esto suele ser más rentable cuando los costos de control directo son menores que los riesgos de compartir tecnología o know-how con terceros.

La figura 1 muestra la distribución de la Inversión Extranjera Directa en el sector Transporte, siendo el Transporte por ductos el mayor receptor de la inversión extranjera.

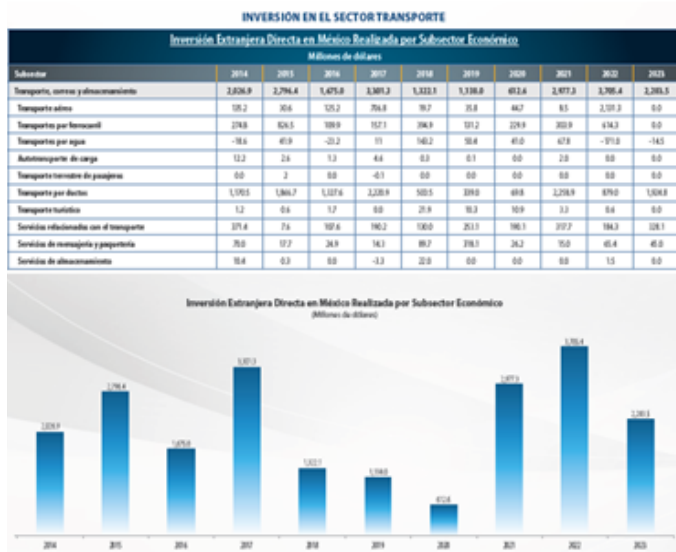


Figura 1: Inversión Extranjera Directa IED en Transporte. Fuente: (Canacar 2024)

RESULTADOS

Se aplicó el Modelo OLI de Dunning en el contexto de Nearshoring y se obtuvieron los siguientes resultados en los 3 elementos: Propiedad, localización e internacionalización

1. Propiedad

- Incentivar la transferencia de tecnología: México podría trabajar en acuerdos que faciliten la transferencia de tecnología avanzada, incentivando a empresas extranjeras para que establezcan centros de Investigación y desarrollo en el país.
- Promoción de la propiedad intelectual: Proteger y facilitar el registro de patentes y marcas para las empresas extranjeras que invierten en México refuerza la seguridad sobre sus activos y estimula la inversión en actividades de alto valor agregado.
- Alianzas y formación de talento local: Colaborar con universidades y centros tecnológicos en México para formar talento en áreas donde las empresas extranjeras tienen fortalezas (por ejemplo, tecnología automotriz o electrónica) crea un ambiente propicio para que estas empresas utilicen sus activos en el país.

2. Localización

Aplicación para México en el contexto de Nearshoring:

- Proximidad a EE. UU.: Aprovechar la cercanía geográfica para reducir tiempos de entrega y costos logísticos. Esto convierte a México en una base ideal para que las empresas extranjeras reduzcan su dependencia de proveedores lejanos como China.
- Incentivos fiscales y políticas favorables: México puede implementar o fortalecer incentivos fiscales en sectores clave como manufactura avanzada, semiconductores y energía renovable, aumentando su atractivo como destino de inversión.
- Desarrollo de infraestructura: Aumentar la inversión en infraestructura logística, incluyendo carreteras, ferrocarriles y puertos,

especialmente en regiones de alta demanda de nearshoring como el norte y el Bajío, fortalecería aún más la ventaja de localización de México.

3. Internacionalización

Aplicación para México en el contexto de Nearshoring:

- Crear un ambiente de confianza y estabilidad: México puede facilitar el establecimiento directo de empresas extranjeras mediante la mejora en áreas clave como la seguridad en el transporte y la transparencia regulatoria. Esto asegura que las empresas perciban a México como un entorno confiable para mantener sus operaciones bajo control propio.
- Facilidad de trámites y reducción de barreras burocráticas: Simplificar los procesos de establecimiento y operación para empresas extranjeras permite que estas prefieran controlar sus operaciones en lugar de tercerizarlas, ya que los costos de entrada se reducen.
- Apoyo en infraestructura digital y tecnología: Al ofrecer servicios tecnológicos y digitales avanzados (por ejemplo, sistemas de trazabilidad y plataformas logísticas en línea), México hace más viable y atractivo que las empresas mantengan el control sobre sus cadenas de suministro en el país en lugar de delegarlas.

Ejemplo de Aplicación del Modelo OLI en Nearshoring en México:

Si una empresa automotriz decide relocalizar su producción de componentes electrónicos para autos eléctricos en México.

Aplicando el modelo OLI:

1. Propiedad: La empresa aportará su tecnología avanzada en electrónica y su know-how en manufactura eficiente, formando alianzas con instituciones locales para capacitar a los empleados en estas tecnologías.

2. Localización: México ofrece ventajas en proximidad a EE. UU., costos laborales competitivos y una buena red de tratados comerciales, por lo cual es un sitio ideal para reducir costos de transporte y optimizar tiempos de entrega.

3. Internacionalización: Al establecer una planta propia en México, la empresa mantiene el control total sobre sus procesos productivos y de calidad, lo que reduce los riesgos asociados con la protección de su tecnología y asegura estándares de calidad.

Los resultados del análisis destacaron que:

La creciente demanda de transporte por el nearshoring incrementa las emisiones de CO₂. Las proyecciones del Banco Mundial indican que los vehículos eléctricos podrían reducir estas emisiones en aproximadamente 40%, mientras que los vehículos impulsados por gas natural podrían reducirlas en un 25% y disminuir los costos de combustible en hasta 50%.

México tiene una oportunidad de posicionarse como líder en transporte de carga sostenible mediante incentivos para la adopción de vehículos eléctricos y el uso de combustibles alternativos.

En la figura 2 se muestra información de las emisiones de dióxido de carbono emitidas por el sector Transporte. De acuerdo con información del banco mundial se espera una reducción en las emisiones de dióxido de carbono para el 2030, pero se tendrían que dar cambios en las normas internacionales relacionadas con los transportes. Esto mejoraría como resultado de "la mejor calidad de los motores de combustión interna con diésel y gasolina, las mejoras de los sistemas de iluminación y de aire acondicionado, el uso de neumáticos de mejor calidad y la rápida propagación de los vehículos híbridos" (Banco Mundial 2024)

Sin embargo, existe la limitante que, aunque se realice el cambio a autos y camiones eléctricos si no se cuenta con una buena infraestructura de terminales de carga suficiente para la demanda potencial, no se podrá realizar el cambio y continuarán las emisiones contaminantes

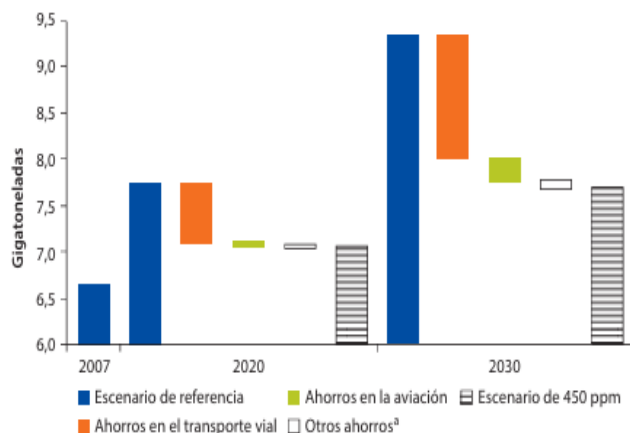


Figura 2 Emisiones de Dióxido de carbono en el Transporte. Fuente: (Banco Mundial 2024)

Propuestas para Fortalecer el Transporte Terrestre facilitando así la adopción del nearshoring:

1. Inversión en Infraestructura: Se propone la modernización de corredores clave y mejoras en los cruces fronterizos para reducir tiempos de espera y aumentar la eficiencia en el transporte de mercancías.
2. Implementación de Tecnología Logística: Herramientas de rastreo y visibilidad en tiempo real pueden optimizar el manejo de inventarios y reducir el riesgo de pérdidas o robos. La adopción del concepto de “Internet Físico” para la trazabilidad de la mercancía puede mejorar la eficiencia operativa.

Fomento de Transporte Sostenible: Invertir en vehículos eléctricos y combustibles alternativos podría reducir las emisiones contaminantes, además de ofrecer incentivos para que las empresas implementen prácticas más sostenibles.

CONCLUSIONES

Aplicar el Modelo OLI en el contexto del nearshoring en México permite a las empresas extranjeras identificar y maximizar sus ventajas competitivas, mientras que el país puede identificar áreas clave para mejorar su atractivo. México tiene el potencial de aprovechar estos factores para consolidarse como una base productiva de alto valor en Norteamérica, especialmente en sectores estratégicos.

La combinación del nearshoring con una transición hacia alternativas de transporte más limpias puede fortalecer la economía mexicana y atraer mayor inversión, al mismo tiempo que se minimizan los impactos ambientales.

La investigación concluyó que el nearshoring es una oportunidad estratégica para México, aunque plantea desafíos ambientales significativos. Se recomienda promover políticas de incentivo para el uso de vehículos eléctricos y combustibles alternativos como el gas natural, con el fin de reducir el impacto ambiental y potenciar un desarrollo económico sostenible.

México se encuentra en una posición ventajosa para captar los beneficios del nearshoring y consolidarse como un centro logístico internacional. Sin embargo, para aprovechar esta oportunidad, es fundamental abordar los desafíos en infraestructura, seguridad y sostenibilidad. El desarrollo de un sistema de transporte eficiente, seguro y sostenible no solo respaldaría la inversión extranjera directa, sino que también impulsaría el crecimiento económico del país en el largo plazo, fortaleciendo la posición de México en las cadenas de suministro globales y en el comercio internacional.

REFERENCIAS

Banco Mundial. (2024). Avances en la dirección correcta Promoción de un sector de transporte con bajas emisiones de carbono para asegurar el desarrollo. <https://>

- documents1.worldbank.org/curated/en/382151468324284304/pdf/Avances-en-la-direccion-correcta-promocion-de-un-sector-de-transporte-con-bajas-emisiones-de-carbono-para-asegurar-el-desarrollo.pdf
- BANOBRAS. (2024). Destino de inversión – Proyectos México. Proyectos México – Oportunidades de Inversión en México. <https://www.proyectosmexico.gob.mx/por-que-invertir-en-mexico/economia-solida/destino-de-inversion/>
- CANACAR. (2024). Agenda Económica del Autotransporte de Carga 2024 • Canacar. <https://canacar.com.mx/servicios/estadistica/agenda-economica-del-autotransporte-carga-2024/>
- Control Terrestre. (2023). Nearshoring en México: La Necesidad de Innovar la Logística y Expandir los Centros de Datos. https://controlterrestre.com/blog/comercio_internacional/nearshoring-en-mexico-la-necesidad-de-innovar-la-logistica-y-expandir-los-centros-de-datos/
- Díaz Bautista, (2024). Nearshoring, comercio internacional Y desarrollo económico en México: Las oportunidades de México en la reestructuración económica mundial. <https://doi.org/10.52501/cc.188>
- Gómez Aguirre, R., Windler Muñoz, L., & Massa Roldán, R. (2020). Determinantes de la inversión extranjera directa en América Latina: una visión desde la economía administrativa. *Revista Economía y Política*, (31), 47-66.
- IMT. (2024). Consideraciones para fortalecer al sistema de transporte frente al “Nearshoring”. Instituto Mexicano del Transporte | Gobierno | gob.mx. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt814.pdf>
- Iniciativa Climática. (2021, October 4). Emisiones del sector transporte: Urge acelerar el cambio tecnológico y cultural. https://www.iniciativaclimatica.org/wp-content/uploads/2021/10/COP26-T9_Transporte_final.pdf

Técnicas innovadoras de sinterización en frío para edificaciones ecoamigables

Colmenero Fonseca Fabiola^{1*}
Borrell Amparo 2, Benavente Rut²

¹Instituto Universitario de Tecnología de Materiales/PhD. Arquitectura, Patrimonio y Ciudad
Universitat Politècnica de València. España. E-mail: fcolfonf@upvnet.upv.es

²Instituto Universitario de Tecnología de Materiales. Universitat
Politècnica de València. España. E-mail: aborrell@upv.es

²Instituto Universitario de Tecnología de Materiales. Universitat
Politècnica de València. España. E-mail: rutbmr@upvnet.upv.es

Correo del autor principal: fcolfonf@upvnet.upv.es

RESUMEN

La implementación de métodos sostenibles en ingeniería de edificación ha impulsado el uso de sinterización en frío para la producción de componentes de alta densidad. Este trabajo evalúa la viabilidad de aplicar sinterización en frío en edificaciones ecoamigables, destacando sus ventajas como la densificación a bajas temperaturas y la reducción de los impactos ambientales. Se propone una caracterización detallada de la microestructura de los materiales para mejorar sus propiedades electroquímicas y conductividad iónica, claves para optimizar su uso en la construcción. Además, se identifican áreas prioritarias de investigación, como el desarrollo de aditivos y técnicas de protección de superficies, que podrían ampliar las aplicaciones de estos procesos en el diseño arquitectónico y en los acabados.

Palabras clave: Sinterización en frío, Propiedades electroquímicas, Microestructura, Sustentabilidad en la construcción.

Abstract: Implementing sustainable methods in building engineering has promoted the use of cold sintering to produce high-density components. This work evaluates the viability of applying cold sintering in eco-friendly buildings, highlighting its advantages such as densification

at low temperatures and reducing environmental impacts. A detailed characterization of the microstructure of the materials is proposed to improve their electrochemical properties and ionic conductivity, keys to optimizing their use in construction. Additionally, priority areas of research are identified, such as the development of additives and surface protection techniques, which could expand the applications of these processes in architectural design and finishing.

Keywords: Cold Sintering, Electrochemical Properties, Microstructure, Sustainability in Construction.

INTRODUCCIÓN

La sinterización en frío es un proceso de compactación de materiales a bajas temperaturas que permite la densificación de materiales como cerámicas, metales y compuestos híbridos, sin necesidad de alcanzar las altas temperaturas requeridas en la sinterización convencional (Vakifahmetoglu & Karacasulu, 2020). En lugar de utilizar calor extremo, este método aprovecha la aplicación de presión y la presencia de un líquido para lograr la unión de partículas a nivel microestructural. Esta tecnología ha despertado un interés creciente

en el ámbito de la construcción, especialmente por su potencial para producir materiales más sostenibles y reducir significativamente el consumo de energía en su fabricación (Smith et al., 2023).

En el contexto de las edificaciones ecoamigables, la sinterización en frío representa una innovación clave para responder a las necesidades del sector de la construcción, que busca alternativas sostenibles frente a los métodos tradicionales de fabricación de materiales. La industria de la construcción, responsable de aproximadamente el 38% de las emisiones globales de CO₂, está en constante búsqueda de soluciones que disminuyan su impacto ambiental (UNEP, 2023). La sinterización en frío, al operar a temperaturas mucho más bajas que las técnicas tradicionales, reduce la energía necesaria para producir materiales de construcción como cerámicas y hormigón, contribuyendo así a la sostenibilidad del sector (Bartoletti et al., 2024).

Entre los avances recientes en materiales sostenibles destaca la cerámica magnética, una tecnología innovadora que ha sido diseñada para optimizar el proceso de instalación de baldosas en pavimentos y alcatados. Este tipo de cerámica presenta un material ferromagnético en su cara posterior, lo que permite su instalación sin mortero, utilizando superficies magnéticas para la unión de las piezas (Perona Group, 2023). Al eliminar la necesidad de adhesivos y morteros tradicionales, la cerámica magnética reduce significativamente el tiempo de instalación y los residuos generados, lo que refuerza su alineación con los objetivos de la construcción sostenible (OVACEN.INC, 2024). Este artículo tiene como objetivo explorar las técnicas innovadoras de sinterización en frío y su aplicación en edificaciones sostenibles. Para ello, se analizarán las propiedades de los materiales que se pueden optimizar

mediante este proceso, como su densificación y estabilidad química, y se identificarán las áreas de investigación más prometedoras, incluyendo el desarrollo de nuevos aditivos y técnicas de protección de superficies. Estas técnicas no solo prometen reducir el impacto ambiental de la construcción, sino también mejorar la eficiencia y calidad de los materiales utilizados en edificaciones ecoamigables.

2. Evolución de las técnicas de sinterización en frío

La sinterización en frío ha experimentado un notable avance desde sus primeras aplicaciones en la fabricación de materiales cerámicos y metálicos, siendo hoy en día una técnica reconocida por su capacidad de densificar materiales a bajas temperaturas. Tradicionalmente, la sinterización requería temperaturas superiores a los 1000 °C, lo que implicaba un alto consumo de energía y recursos, limitando su viabilidad en aplicaciones donde se busca minimizar el impacto ambiental (Vakifahmetoglu & Karacasulu, 2020). En contraste, la sinterización en frío opera a temperaturas mucho más bajas (menores a 300 °C), lo que se logra mediante la combinación de presión y un fluido que facilita la compactación de partículas (Smith et al., 2023). Este enfoque ha permitido la fabricación de materiales con densidades comparables a los de sinterización tradicional, pero con una huella ambiental significativamente reducida.

2.1 Comparación entre la cerámica magnética y las técnicas tradicionales.

Las técnicas tradicionales de instalación de baldosas requieren el uso de morteros adhesivos para fijar las piezas al suelo o paredes. Este proceso implica varios pasos: la mezcla de materiales, la aplicación del mortero y el tiempo de secado, lo que puede ser un proceso

intensivo en mano de obra y tiempo. Además, este tipo de técnicas tienden a generar residuos y emisiones de CO₂ tanto en la producción como en la aplicación de los materiales (Díaz López & Navarrete Duque, 2021). En contraste, la cerámica magnética elimina la necesidad de mortero, simplificando enormemente el proceso y reduciendo tanto el tiempo de instalación como los residuos generados.

2.2 Relación con la sostenibilidad en la construcción

La sinterización en frío representa una solución prometedora para la producción de materiales con baja huella de carbono, dado que sus temperaturas de procesamiento son significativamente más bajas que las de la sinterización tradicional (Smith et al., 2023). Por su parte, la cerámica magnética contribuye a la sostenibilidad al reducir el tiempo y los recursos necesarios para la instalación, y al ser fácilmente desmontable y reutilizable, lo que fomenta prácticas más sostenibles en proyectos de renovación y mantenimiento. Las técnicas de sinterización en frío y el desarrollo de materiales innovadores como la cerámica magnética están desempeñando un papel fundamental en la transformación de la industria de la construcción hacia prácticas más sostenibles y eficientes. Estos avances no solo permiten reducir el impacto ambiental, sino que también mejoran la calidad y durabilidad de los materiales, contribuyendo al desarrollo de edificaciones ecoamigables.

METODOLOGÍA

La presente investigación emplea una metodología experimental basada en la sinterización en frío para la producción de materiales sostenibles aplicados en la construcción. La sinterización en frío ha emergido como una técnica innovadora en el

ámbito de los materiales de construcción debido a su capacidad para densificar compuestos a bajas temperaturas, reduciendo así el consumo energético y las emisiones asociadas (Smith et al., 2023). En este estudio, se han implementado procedimientos detallados para la preparación, compactación y sinterización de materiales cerámicos y polímeros, con el objetivo de evaluar su eficiencia en términos de propiedades mecánicas y sostenibilidad. Además, se ha llevado a cabo una evaluación comparativa con otros materiales ecoamigables, como las baldosas cerámicas magnéticas, para analizar las ventajas de la sinterización en frío frente a las técnicas convencionales de producción e instalación de materiales en el sector de la construcción.

3.1 Técnicas de sinterización en frío utilizadas.

En este estudio, se utilizaron técnicas avanzadas de sinterización en frío para evaluar la viabilidad y eficiencia de la producción de materiales ecoamigables destinados a la construcción. La sinterización en frío es un proceso que permite la densificación de materiales a bajas temperaturas mediante la aplicación de presión y la incorporación de un fluido que facilita la compactación (Smith et al., 2023). A diferencia de la sinterización tradicional, que requiere temperaturas superiores a los 1000 °C, la sinterización en frío se realizó a temperaturas inferiores a los 300 °C, lo que permitió reducir considerablemente el consumo energético y minimizar las emisiones de carbono, haciéndola una opción más sostenible para la fabricación de componentes estructurales.

3.2 Materiales y procedimientos

El material principal utilizado en este estudio fueron compuestos cerámicos y polímeros avanzados, seleccionados por sus propiedades

electroquímicas y su capacidad para mejorar la conductividad iónica. Los procedimientos se basaron en la preparación de muestras compactadas utilizando una prensa hidráulica, a la que se le aplicó una presión constante de 250 MPa para garantizar una adecuada compactación de las partículas. Previo a la sinterización, los materiales fueron sometidos a un proceso de secado para eliminar cualquier rastro de humedad, lo cual es esencial para evitar defectos en la microestructura final (Vakifahmetoglu & Karacasulu, 2020).

Las piezas compactadas fueron sinterizadas a temperaturas controladas entre 200 y 250 °C, con un tiempo de retención de aproximadamente 60 minutos. Durante este tiempo, las muestras fueron monitoreadas constantemente para asegurar que no hubiera deformaciones estructurales, lo que permitió obtener una alta densificación a bajas temperaturas (Galotta & Sglavo, 2021). Las técnicas de caracterización de microestructura, como microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (XRD), se emplearon para evaluar la uniformidad y la densificación lograda en las muestras.

3.3 Condiciones experimentales.

Las condiciones experimentales incluyeron la aplicación de temperatura constante y la utilización de un fluido de sinterización a base de agua, que permitió la disolución y posterior relleno de los huecos entre partículas. Este enfoque es clave en la sinterización en frío, ya que facilita la difusión a través de la fase líquida, lo que mejora significativamente la densificación sin necesidad de temperaturas elevadas (Bartoletti et al., 2024). Las muestras fueron expuestas a un control estricto de temperatura y presión, con ciclos de enfriamiento gradual para evitar tensiones térmicas en las piezas producidas. Estas condiciones permitieron producir materiales

con propiedades mecánicas y electroquímicas mejoradas, especialmente en lo que respecta a la conductividad iónica y la estabilidad química.

3.4 Evaluación comparativa con otros materiales ecoamigables

Para evaluar la eficiencia de los materiales producidos mediante sinterización en frío, se realizó una comparación con otros materiales ecoamigables, particularmente las baldosas cerámicas magnéticas. Estas baldosas, como el producto "FAST FIX", se destacan por su instalación rápida y sin el uso de morteros adhesivos, lo que reduce tanto los residuos como el impacto ambiental en proyectos de construcción (Perona Group, 2023). La sinterización en frío también mostró una ventaja competitiva al requerir menos energía para la producción de materiales densificados, comparado con las técnicas tradicionales de fabricación de cerámicas. Se evaluaron aspectos como la conductividad térmica, la resistencia mecánica y la facilidad de instalación, demostrando que ambas tecnologías ofrecen beneficios importantes para la sostenibilidad en la construcción.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las técnicas de sinterización en frío son altamente eficientes para la producción de materiales compactados y de alta densidad, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en edificaciones sostenibles. La sinterización en frío permitió obtener una densificación uniforme en las muestras cerámicas a temperaturas considerablemente más bajas que las utilizadas en los procesos tradicionales. Específicamente, se observó que las muestras tratadas a temperaturas de 200-250 °C presentaron una densificación del 98%, superando en un 15% a los métodos de

sinterización convencional a altas temperaturas (Smith et al., 2023). Además, la reducción en el consumo energético fue significativa, con un ahorro del 60% en comparación con las técnicas tradicionales, lo que respalda su viabilidad como proceso eco amigable.

4.1 Ventajas en tiempo de instalación, sostenibilidad, reducción de residuos y durabilidad

Uno de los aspectos más relevantes de las técnicas de sinterización en frío es su impacto positivo en la sostenibilidad y el tiempo de instalación. En comparación con los métodos convencionales, la sinterización en frío permite una fabricación más rápida de materiales de construcción al eliminar la necesidad de largas exposiciones a altas temperaturas (Galotta & Sglavo, 2021). Este proceso también contribuye a la reducción de residuos, ya que no se generan desechos derivados del uso de morteros o adhesivos durante la instalación de los materiales, como sucede en técnicas tradicionales. La eliminación de estos componentes químicos reduce la contaminación ambiental y mejora las condiciones de trabajo, haciendo que las técnicas sean más seguras para los instaladores.

4.2 Evaluación de "FAST FIX" frente a la sinterización en frío

En cuanto a la comparación con el producto "FAST FIX", una baldosa cerámica magnética, se encontraron beneficios específicos en términos de instalación rápida y limpieza durante el proceso de colocación. El producto "FAST FIX" elimina la necesidad de adhesivos y morteros, lo que reduce la generación de residuos y minimiza los tiempos de instalación en un 50% en comparación con las técnicas convencionales (Perona Group, 2023). Sin embargo, aunque este producto ofrece

ventajas en términos de rapidez y facilidad de instalación, la sinterización en frío destaca en cuanto a la durabilidad de los materiales y la reducción del consumo energético en el proceso de fabricación. Además, la sinterización en frío ofrece una mayor flexibilidad en la creación de materiales con propiedades específicas, como alta densificación y resistencia a condiciones climáticas extremas, lo que la hace una opción más versátil para diversas aplicaciones en el sector de la construcción sostenible.

CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que las técnicas de sinterización en frío ofrecen una vía prometedora para la creación de materiales de construcción ecoamigables. Los principales hallazgos indican que, al reducir las temperaturas necesarias para la densificación de materiales, esta técnica no solo minimiza el consumo energético, sino que también disminuye significativamente las emisiones de carbono, contribuyendo así a una construcción más sostenible. Además, la incorporación de materiales innovadores como la cerámica magnética "FAST FIX" ha mostrado mejoras claras en términos de tiempo de instalación y reducción de residuos, elementos clave para optimizar la eficiencia en el sector de la construcción.

Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar tales innovaciones en los esfuerzos globales para reducir el impacto ambiental del sector de la construcción, que ha sido históricamente una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Lo anterior refuerza el potencial de la sinterización en frío para transformar las prácticas constructivas hacia modelos más sostenibles, mejorando desde el desempeño de los materiales utilizados, hasta la contribución a la preservación del medio ambiente.

REFERENCIAS

- Bartoletti, A., Mercadelli, E., Gondolini, A., & Sanson, A. (2024). Exploring the Potential of Cold Sintering for Proton-Conducting Ceramics: A Review. *Materials*, 17(20), 5116. <https://doi.org/10.3390/ma17205116>
- Díaz López, J. M., & Navarrete Duque, C. M. (2021). Paraíso verde. Un análisis crítico sobre el futuro de la teoría de desarrollo sostenible. *Revista En-Contexto*, 9(15). <https://doi.org/10.53995/23463279.877>
- Galotta, A., & Sglavo, V. M. (2021). The cold sintering process: A review on processing features, densification mechanisms and perspectives. *Journal of the European Ceramic Society*, 41(16), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2021.09.024>
- OVACEN.INC. (2024). Cerámica magnética: La técnica fácil de poner azulejos y suelo. *Arquitectura y Construcción*. https://ovacen.com/ceramica-magnetica-azulejos/#google_vignette
- Perona Group. (2023). Baldosas magnéticas para instalaciones rápidas. Colecciones. <https://peronda.com/es/colecciones>
- Smith, S. M., Fahrenholtz, W. G., & Hilmas, G. E. (2023). Pressureless sintering of high-entropy boride ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 43(12), 5168–5173. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.04.050>
- UNEP. (2023). Global status report for buildings and construction. Global Alliance For Buildings and Construction.
- Vakifahmetoglu, C., & Karacasulu, L. (2020). Cold sintering of ceramics and glasses: A review. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 24(1), 100807. <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2020.100807>

Turismo Sostenible y Biodiversidad: El Rol de los Festivales de Plantas Nativas en Comunidades Rurales

Perpuli Ceseña Ariadna Colette¹

García Pérez Julio César²

Martínez González Julio César³

Terrazas Cerdillo Angélica⁴

¹Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos, Los Cabos, Baja California Sur
Blvd. Tecnológico S/N, San José del Cabo B.C.S. C.P. 23407

AriadnaC.PC@loscabos.tecnm.mx

RESUMEN

En este trabajo se examina la intersección entre turismo sostenible y biodiversidad a través del desarrollo del 1er festival de plantas nativas realizado en la comunidad de Miraflores, un evento que promueve la flora nativa de una región calisurense de la península de Baja California Sur (B.C.S.), con el objetivo de fomentar el desarrollo de festivales de plantas nativas en comunidades rurales como estrategia para la atracción de visitantes y promoción de conocimientos etnobotánicos, así como, la evaluación de su contribución al turismo sostenible y la conservación de la biodiversidad local.

Se empleó una metodología cualitativa, lo que incluyó revisión bibliográfica principalmente en motores de búsqueda académica, análisis de datos sobre la biodiversidad local y entrevistas a pobladores de la comunidad. Participaron tres comunidades rurales y se atendieron en el evento a 200 personas entre ellos estudiantes desde pre primaria hasta universidad, académicos, organizaciones A. C., dependencias del gobierno federal, municipal y delegacional, además de pobladores interesados. Las conferencias y actividades incluyeron trabajos de concientización y adopción de especies como el palo blanco (*Lysiloma candida*) y el encino arroyero (*Quercus brandegeei*).

Los resultados del estudio indican que el festival no solo contribuye al aumento de la conciencia y valoración de las plantas nativas entre los visitantes, sino que también genera beneficios económicos significativos para la comunidad local. Asimismo, se identificaron prácticas de turismo sostenible promovidas por el festival, como el apoyo a los negocios locales y la implementación de actividades ecológicas en las escuelas de la comunidad rural. En consecuencia, se resalta su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 11, 13 y 15, vinculados al desarrollo de comunidades sostenibles, la acción climática y la protección de la biodiversidad terrestre, así como su potencial para convertirse en un modelo replicable para otras comunidades interesadas en promover un desarrollo regional endógeno.

ABSTRACT

This paper examines the intersection between sustainable tourism and biodiversity through the development of the First native plants festival held in the community of Miraflores, an event that promotes the native flora of a region in Baja California Sur (B.C.S.). The aim is to encourage the development of native plant festivals in rural communities as a strategy for attracting visitors and promoting

ethnobotanical knowledge, as well as assessing their contribution to sustainable tourism and the conservation of local biodiversity.

A qualitative methodology was employed, which included a literature review primarily using academic search engines, data analysis on local biodiversity, and interviews with community members. Three rural communities participated, and the event was attended by 200 people, including students from preschool to university level, academics, non-governmental organizations (NGOs), federal, municipal, and local government agencies, as well as interested community members. The conferences and activities focused on raising awareness and promoting the adoption of species such as Palo blanco (*Lysiloma candida*) and Encino arroyero (*Quercus brandegeei*).

The study's findings indicate that the festival not only contributes to raising awareness and appreciation of native plants among visitors, but also generates significant economic benefits for the local community. Furthermore, sustainable tourism practices promoted by the festival were identified, such as supporting local businesses and implementing ecological activities in the schools of the rural community. Consequently, its contribution to Sustainable Development Goals (SDGs) 11, 13, and 15 is highlighted, related to sustainable community development, climate action, and the protection of terrestrial biodiversity. Additionally, its potential to become a replicable model for other communities interested in promoting endogenous regional development.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2017), el turismo es una de las industrias de mayor crecimiento a nivel global, especialmente en los países en desarrollo. En respuesta a este fenómeno, la ONU ha colaborado activamente con diversas naciones para promover un modelo de turismo más sostenible, que no solo contribuya a la preservación de los recursos

naturales y culturales, sino que también favorezca la reducción de la pobreza en comunidades vulnerables.

En México, la promoción del turismo sostenible se lleva a cabo mediante la implementación de normativas que regulan el cuidado y la protección ambiental en diversos sectores. En el turismo estas incluyen la certificación de establecimientos de hospedaje sustentables (NMX-171), desarrollos inmobiliarios (NMX-157 y NMX-178), marinas (NMX-119), la promoción del ecoturismo certificado (NMX-133) y la conservación de playas (NMX-120) (SEMARNAT, 2017).

El turismo sostenible busca minimizar el impacto ambiental mediante el uso eficiente de los recursos naturales, los procesos ecológicos y la biodiversidad. Respeta la autenticidad sociocultural de las comunidades, su integración en las actividades turísticas y genera empleo directo e indirecto. Esto busca impulsar el desarrollo económico además de promover la conciencia social y ambiental, el consumo responsable y la conservación del patrimonio cultural. Su enfoque integral fomenta un desarrollo equilibrado y sostenible, para mejorar la calidad de vida en las comunidades locales (Biosphere, 2017).

Aunado a lo anterior, el turismo sostenible ocupa un lugar central en la Agenda 2030, sin embargo, para su cumplimiento es necesario establecer un marco de implementación claro, acompañado de una financiación adecuada y de inversiones estratégicas en tecnología, infraestructuras y desarrollo de recursos humanos. Maximizar los beneficios del turismo será fundamental para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y materializar la agenda de desarrollo global posterior a 2015. (ONU 2024).

Las comunidades rurales poseen una oportunidad única para capitalizar sus

conocimientos tradicionales y la biodiversidad de sus territorios como atractivos turísticos. A través de estas riquezas locales, es posible ofrecer a los visitantes una gama de experiencias que van desde la gastronomía y las costumbres ancestrales hasta la participación en actividades cotidianas junto a los habitantes locales. La implementación de un modelo de turismo sostenible en estas comunidades transforma a los visitantes de simples espectadores a participantes activos en la construcción de sus propias experiencias, adaptándose a las normas y costumbres del lugar que visitan (WWF, 2023).

ANTECEDENTES

De acuerdo con Data México(2020), el estado de B.C.S. se ubica en la región noroeste de México y en el año 2020 contaba con una población de 798,447 habitantes (50.8% hombres y 49.2% mujeres) de los cuales, 351,111 habitantes correspondían al municipio de Los Cabos. En comparación a 2010, creció un 25.3% (imagen 1).



Imagen 1. Estado de B.C.S. respecto a México
Fuente: Cuéntame INEGI (2018)

El Plan estatal de desarrollo de B.C.S. 2021-2027 [B.C.S.], plantea que el turismo es la principal actividad económica del estado y contribuye significativamente al Producto Interno Bruto tanto de manera directa como indirecta. También indica, que es el mayor generador de empleos formales y representa la mayor parte de la inversión extranjera directa con el 93.6% en el primer trimestre de 2021. Sin embargo, el informe reconoce que para consolidar a B.C.S. como un líder nacional en el aprovechamiento sustentable y la conservación ambiental, es necesario implementar un sistema de verificación y cumplimiento normativo eficiente, basado en indicadores ambientales alineados con estándares nacionales e internacionales. (PEDBCS, 2021).

Por su parte, el Fideicomiso de Turismo de Los Cabos[FITURCA] (2023), reportó que de los 4 millones de turistas que visitaron B.C.S. en el 2023, 3.5 millones correspondieron al ingreso de turistas al municipio de Los Cabos, de los cuales, el 31% visitó comunidades rurales para realizar actividades relacionadas con historia y cultura local, conocimiento de costumbres y tradiciones, gastronomía local y sustentabilidad, enfoque que esperan permita enriquecer la experiencia en el destino del visitante, además de ofrecer oportunidades para que los pobladores rurales se beneficien de un turismo más sostenible.

De acuerdo con el Informe estratégico presentado por el Gobierno de B.C.S. (2020), las actividades económicas principales en las comunidades rurales de Los Cabos están concentrada en la producción agrícola, ganadera, apícola y la pesca para las que se encuentran junto a la costa. Lo anterior con la excepción del caso de la comunidad rural de Cabo Pulmo, que cambió la actividad de pesca tradicional por desarrollo de turismo sustentable, y como lo indican

Bobadilla et al. (2017) en su investigación “Percepción de los prestadores de servicios dentro de Áreas Naturales Protegidas sobre la eficacia de las políticas ambientales ahí implementadas y su impacto sobre el bienestar de la comunidad. Caso: Cabo Pulmo, B. C. S. México”, los pobladores de esta comunidad, han encontrado en la oferta de actividades basadas en los recursos naturales costeros ingresos superiores a los que esperaban, además de que la calidad de vida de los habitantes y la oferta de actividades ecoturísticas, ha posicionado a este ahora Parque Nacional, como un caso de éxito sin precedentes en materia de gestión Áreas Naturales Protegidas (ANP) con desarrollo de la actividad turística.

MARCO TEÓRICO

Para Cardoso et al. (2014) El turismo sostenible adquiere creciente relevancia en un contexto marcado por los problemas medioambientales y el cambio climático, los cuales demandan una transformación en las prácticas turísticas. No obstante, desde una perspectiva crítica y analítica, el concepto de turismo sostenible se presenta como ambiguo, tanto en los ámbitos académicos como en los políticos. Esta ambigüedad requiere una mayor profundización, ya que el turismo sostenible no debe entenderse como un producto en sí, sino como una base filosófica que guíe el desarrollo turístico en los destinos, promotor del uso responsable de sus recursos naturales y culturales.

La Organización Mundial del Turismo (OMT) plantea que el turismo sostenible es aquel que considera las repercusiones económicas, sociales y ambientales tanto presentes como futuras, para satisfacer las necesidades de los visitantes, la industria, el entorno y las comunidades locales, a través de un equilibrio entre el desarrollo turístico y la conservación [ONU] (2017).

El turismo establece un vínculo directo entre las personas y la naturaleza, y puede desempeñar un papel fundamental en la promoción de la responsabilidad ambiental y la conservación cuando se lleva a cabo de manera sostenible. La biodiversidad es un componente esencial para el desarrollo turístico, ya que un entorno natural saludable es un factor crítico para la competitividad del sector. Además, en muchos destinos, los esfuerzos de conservación dependen en gran medida de los ingresos generados por el turismo, lo que subraya la importancia de integrar prácticas sostenibles que beneficien tanto al medio ambiente como a las comunidades locales. (ONU Turismo, 2023).

México el quinto entre los 12 países megadiversos del mundo con casi el 70% de la variedad de plantas y animales del mundo y comparte el privilegio de contar con litorales en dos océanos, el Pacífico y el Atlántico, aunado a esto, la biodiversidad es la presencia de diferentes grupos humanos y sus 66 lenguas y variantes, culturas que han convertido a México en uno de los principales centros de domesticación de plantas y animales del mundo (SEMARNAT, 2018).

Derivado de la biodiversidad de las regiones, los pobladores principalmente rurales, han acumulado una serie de conocimientos relacionados con la etnobotánica. De acuerdo con Hernández (2012), la etnobotánica estudia las interrelaciones entre el hombre y las plantas, en diversidad de ambientes. En la actualidad, México es una de las regiones más favorables para los estudios etnobotánicos por los antecedentes históricos y por los conocimientos etnobotánicos empíricos sobre estas interrelaciones a través del tiempo.

Los conocimientos etnobotánicos desempeñan un papel fundamental en el logro de un desarrollo

compatible con la conservación de la diversidad biológica. El conocimiento sobre los usos tradicionales de las plantas constituye una base esencial para la creación de alimentos, la producción de medicamentos y para promover el bienestar tanto ambiental como social (IRBio, 2023).

En 2015, ONU aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, lo que representó una oportunidad para que todos los países emprendieran un nuevo rumbo orientado a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. La Agenda establece 17 ODS, los cuales reconocen que la erradicación de la pobreza debe ir acompañada de estrategias que promuevan el crecimiento económico, atiendan diversas necesidades sociales, protejan el medio ambiente y enfrenten el cambio climático de manera integral. (ONU, 2022), elementos indispensables para la promoción de un desarrollo regional endógeno.

La teoría del desarrollo regional endógeno cohesionan visiones distintas del desarrollo como una interpretación que reside en el carácter territorial de los procesos de crecimiento y distribución de la renta. Sostiene que la capacidad emprendedora y potencial de los pobladores de un territorio son los principales motores que impulsan el cambio a través de iniciativas que favorecen que los actores puedan aprovechar los procesos de integración económica. Estos mecanismos son esenciales para enfrentar los desafíos fundamentales que promuevan transformaciones económicas y sociales, con el fin de alcanzar un desarrollo verdaderamente sostenible (Vázquez, 2007).

METODOLOGÍA

1. Los trabajos comenzaron en enero de 2023, seleccionándose la comunidad de Miraflores,

ubicada en la zona rural norte del municipio de Los Cabos, como el sitio para llevar a cabo y aplicar el estudio.

2. Se utilizó una metodología cualitativa que incluyó una exhaustiva revisión de literatura en motores de búsqueda académicos, así como el análisis de datos relacionados con la biodiversidad local. Adicionalmente, se realizaron entrevistas a los pobladores de la comunidad con el objetivo de definir el enfoque del estudio y las actividades a implementar.
3. Se organizó el Primer Festival de Plantas Nativas en la comunidad rural de Miraflores, con la participación de tres comunidades rurales. El evento contó con la asistencia de 200 personas, entre las cuales se encontraban estudiantes desde preescolar hasta nivel universitario, académicos, representantes de organizaciones de la sociedad civil, dependencias gubernamentales a nivel federal, municipal y delegacional, así como pobladores interesados en la temática.
4. Se aplicó un cuestionario de 10 reactivos validado por expertos, con el objetivo de identificar la percepción y resultados de la importancia del Primer festival de plantas nativas y su importancia como incentivo de atracción de visitantes y turistas a comunidades rurales de Los Cabos. El cuestionario fue aplicado a 132 participantes, lo que permitió obtener un nivel de confianza del 95%.
5. El primer festival de plantas nativas se llevó a cabo el 1ero de diciembre de 2023.

DESARROLLO

Para el desarrollo del Primer Festival de Plantas Nativas, se estableció un acercamiento inicial con las autoridades delegacionales con el propósito de presentar el proyecto y evaluar la viabilidad de su realización en la comunidad de

Miraflores. Tras obtener la aprobación, se llevaron a cabo reuniones semanales con las diversas dependencias de la delegación, con el objetivo de coordinar las actividades, así como gestionar los recursos necesarios y supervisar la operación del evento.

Se diseñó un programa académico incluyó conferencias sobre las especies palo blanco (*Lysiloma candida*) y encino arroyero (*Quercus brandegeei*), acompañadas de actividades orientadas a la concientización y adopción de estas plantas.

Al mismo tiempo se integró un programa histórico-cultural ofreció una variedad de actividades, entre las que destacaron una muestra gastronómica, presentaciones de bailes típicos, narración de cuentos y leyendas locales, así como un mercado de productores regionales. De manera electrónica, se aplicaron las encuestas para la medición de la percepción de los participantes en el evento.

RESULTADOS

De acuerdo a las respuestas recabadas mediante la encuesta de salida, se destacan los siguientes resultados:

1. El 89.1% de los encuestados considera fundamental la conservación de la biodiversidad local en la comunidad. Este aspecto es particularmente relevante debido al valor cultural de las plantas y su papel en la conexión de las personas con la naturaleza. Además, la biodiversidad local se identifica como un factor clave para la atracción de visitantes, lo que sustenta las actividades económicas de la región, especialmente aquellas vinculadas al turismo alternativo, que se beneficia de la riqueza natural que caracteriza a sitios como la comunidad de Miraflores.

2. El 59.3% de los asistentes reportó haber participado previamente en al menos un festival de plantas nativas, mientras que para el 42.2% fue su primera experiencia en este tipo de eventos. No obstante, este último grupo expresó su satisfacción con la experiencia.
3. El 82.8% de los participantes identificó el conocimiento sobre las plantas locales y sus usos como el aspecto más atractivo del festival, mientras que el 26.6% consideró que la participación en actividades recreativas fue el principal factor de interés.
4. El 51.6% de los participantes consideró que los festivales de plantas nativas contribuyen de manera significativa al desarrollo del turismo sostenible en la comunidad, mientras que el 48.4% opinó que estos eventos contribuyen en alguna medida al desarrollo de dicha actividad.
5. El 64.1% de los participantes considera que los festivales de plantas nativas pueden contribuir a la conservación de especies locales en peligro, mientras que el 31.3% opina que, al menos en alguna medida, estos eventos también favorecen dicha conservación.
6. El 98.4% de los encuestados consideraron que los festivales de plantas nativas de la comunidad y actividades relacionadas con plantas, pueden estar dirigidos y ser impulsados por los mismos pobladores rurales.

CONCLUSIONES

El desarrollo del primer festival de plantas nativas en la comunidad de Miraflores representó un paso importante para establecer precedentes en la organización de eventos que puedan ser apropiados por la comunidad. En esta primera edición, la contribución y el apoyo de actores locales fueron fundamentales, evidenciado por el interés en la realización de este tipo de

iniciativas. Además, reflejaron la convicción de los pobladores de que estos festivales pueden ser una estrategia efectiva para la atracción de visitantes y la promoción de conocimientos etnobotánicos.

Durante el festival, se observó una notable interacción entre los visitantes, que incluyó a estudiantes, académicos y representantes de diversas instituciones públicas de diferentes niveles de gobierno, en torno a la comunidad. Se valoraron y disfrutaron las actividades realizadas, lo que, además, generó una derrama económica local derivada del consumo de alimentos, en tiendas y la compra de productos ofrecidos por los productores locales.

Aunque en una escala menor, dado que esta fue la primera edición del evento, es posible resaltar el potencial de estos tipos de iniciativas para contribuir a los ODS 11, 13 y 15. Asimismo, se puede considerar su capacidad para convertirse en un modelo replicable en otras comunidades del estado de B.C.S., interesadas en promover un desarrollo regional que aproveche de manera responsable y sostenible los activos locales, como su cultura, tradiciones, recursos naturales y habilidades de la población. Esto puede fomentar el crecimiento económico y social, y, en el mejor de los casos, impulsar el turismo sostenible.

REFERENCIAS

{1} BIOSOPHERE(2017). 22 Beneficios del turismo sostenible. <https://n9.cl/7cg1w>.

{2} Bobadilla Jiménez, Mariana, Luna Salguero, Betsabé Montserrat, Lagunas Vázquez, Magdalena, Álvarez Borrego, Saúl, González Salazar, Jaime Leonardo, Valle Padilla, Eréndira, Godínez Reyes, Carlos Ramón, & Ortega Rubio, Alfredo. (2017). Percepción de los prestadores de servicios dentro de Áreas Naturales Protegidas sobre la eficacia de las

políticas ambientales ahí implementadas y su impacto sobre el bienestar de la comunidad. Caso: Cabo Pulmo, B. C. S. México. *El periplo sustentable*, (33), 760-797. www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-90362017000200760&lng=es&tlng=es.

- {3} Cardoso Jiménez, Carlos, Castillo Nechar, Marcelino, & Hernández Vega, Carlos. (2014). Sosteniendo al turismo o turismo sostenible (TS): Reflexiones teóricas. *Estudios y perspectivas en turismo*, 23(2), 376-395. <https://n9.cl/ono1u>.
- {4} Cuéntame INEGI (2018). Mapa de B.C.S. <https://n9.cl/yejs1>.
- {5} Data México (2020). Baja California Sur entidad federativa. <https://n9.cl/0r66q>.
- {6} Etnobiología (2012). El concepto de etnobotánica. Vol. 10 Núm. 4. <https://n9.cl/nm7dm5>.
- {7} IRBio (2023). La importancia de la etnobotánica. <https://n9.cl/i0q06>.
- {8} FITURCA (2023). Informe público FITURCA 2023. <https://n9.cl/6p6ap>.
- {9} Gobierno de México (2017). Turismo sustentable en México. <https://n9.cl/fzhz6>.
- {10} Gobierno del estado de B.C.S. (2020). Información estratégica Los Cabos 2020. <https://n9.cl/0mdcc>.
- {11} Gobierno del Estado de B.C.S. (2021). Plan estatal de desarrollo B.C.S. 2021-2027. <https://n9.cl/jj0x4>.
- {12} ONU (2022). 17 objetivos para transformar nuestro mundo. <https://n9.cl/k7kp>.
- {13} ONU Turismo (2023). Diversidad biológica. <https://n9.cl/3clap9>.
- {14} ONU (2024). El turismo en la agenda 2030. <https://n9.cl/iimy0>.
- {15} Organización de las Naciones Unidas (2017). Turismo Sostenible. <https://n9.cl/g0in41>.
- {16} SEMARNAT (2018). México biodiversidad que asombra. <https://n9.cl/g0pny>.

- {17} Vázquez Barquero, A., (2007). Desarrollo endógeno. Teorías y políticas de desarrollo territorial. Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research, (11), 183-210.
- {18} WWF (2023). El triángulo del turismo: comunitario, sostenible y regenerativo. <https://n9.cl/3r57r>.

Experiencias sostenibles: La forestación y el compostaje orgánico en el Instituto Tecnológico de Guaymas

María de los Ángeles Montesinos González¹

Gerardo del Castillo Correa²

Daniel Maytorena García³

Elsa Evelia López⁴

Fabián Arturo Serafio Fragozo⁵

^{1,2,3,5} Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Guaymas. Av. Tecnológico Km 4. Carr. Al Varadero Nacional Sector las playitas C.P. 85480 Guaymas, Sonora.

⁴Centro de Investigación de Alimentación y Desarrollo/Ciad Guaymas, México

Correo electrónico: maria.mg@guaymas.ITG.mx

RESUMEN

El proyecto forestación se inició en el año 2013 en el Instituto Tecnológico de Guaymas (ITG), debido a las escasas áreas verdes y la necesidad de sensibilizar a los estudiantes con su entorno ambiental, creando espacios estéticos positivos y refrescantes, en el proyecto participaron un grupo interdisciplinario de maestros, estudiantes y trabajadores del plantel, tomando como base la materia de desarrollo sustentable; durante el año 2023 y 2024 se realizaron actividades de compostaje orgánico, para promover la cultura del reciclaje y elaborar fertilizante orgánico. El objetivo fue promover la cultura sostenible involucrando al alumnado y personal, para aumentar la cobertura arbórea y elaboración de composta a partir de residuos sólidos orgánicos. Se seleccionaron en su mayoría, especies de árboles nativos de la zona semidesértica del noroeste de México, tales como mezquites (*Prosopis glandulosa*), palo verde (*Parkinsonia praecox*), palo fierro (*Olneya tesota*), y guayacán (*Guaiacum coulteri*); y algunas especies introducidas: neem (*Azadirachta indica*), almendro (*Hibiscus tiliaceus*) y bugambilia (*Bougainvillea glabra*). Para compostar se utilizó la metodología propuesta por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo mezclando cubetas de 20 litros con residuos orgánicos, estiércol,

agua y aserrín u hojas en una proporción de 1:1:1:3 durante 42 días. Resultados. La cobertura aumentó del 20 % al 62 %, con una sobrevivencia del 50 % de especies nativas y el 100 % del árbol de Neem. Se elaboraron 480 kg de composta. En total han participado 618 alumnos. Conclusiones. Se observa un mejor paisaje, más espacios de sombra, del compostaje se atestigua la gran cantidad de desperdicios que se generan y no se reciclan, el fertilizante orgánico es utilizado en los árboles y en la construcción de un huerto. Lo trascendente fue el ejercicio de educación ambiental en los estudiantes y su sensibilización sobre el cuidado del medio ambiente.

Palabras clave: siembra, composta, sustentabilidad.

ABSTRACT

The forestation project began in 2013 at the Instituto Tecnológico de Guaymas (ITG), due to the scarce green areas and the need to sensitize students to their environmental surroundings, creating positive and refreshing aesthetic spaces, the project participated an interdisciplinary group of teachers, students, and workers of the campus, based on the subject of sustainable development; during the year 2023 and 2024, organic composting

activities were carried out, to promote the culture of recycling and to produce organic fertilizer. The objective was to promote a sustainable culture by involving students and staff to increase tree cover and make compost from organic solid waste. Most of the tree species selected were native to the semi-desert zone of northwestern Mexico, such as mesquite (*Prosopis glandulosa*), palo verde (*Parkinsonia praecox*), palo fierro (*Olneya tesota*), and guayacán (*Guaiacum coulteri*). guayacán (*Guaiacum coulteri*); and some introduced species: neem (*Azadirachta indica*), almond (*Hibiscus tiliaceus*), and bougainvillea (*Bougainvillea glabra*). For composting, the methodology proposed by the Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo was used, mixing 20 liter buckets with organic residues, manure, water, and sawdust or leaves in a 1:1:1:3 ratio for 42 days. Results. Coverage increased from 20 % to 62 %, with 50 % survival of native species and 100 % survival of the Neem tree. A batch of 480 kg of compost was produced. A total of 618 students participated. Conclusions. There is a better landscape and more shaded areas, the composting shows the large amount of waste that is generated and not recycled, and the organic fertilizer is used in the trees and the construction of an orchard. What was transcendent was the environmental education exercise in the students and their awareness of environmental care.

Keywords: planting, composting, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El Instituto se encuentra localizado en zona árida y desértica, lo cual aunado a otros factores como escasez de agua potable y poca cultura ambiental, es común observar falta de jardines y áreas verdes.

La organización Global Forest Watch, reporta que “en 2010, México tenía 50.2 Mha de bosque

natural, que se extendía por el 26% de su superficie terrestre. En 2023, perdió 225 kha de bosque natural, equivalente a 109 Mt de emisiones de CO₂”. Así mismo, menciona la pérdida de cobertura arbórea en Guaymas de 2001 a 2023, fue 36 ha, el equivalente a una disminución del 0.47% y al 2.22 kt de las emisiones de CO₂. (GLOBAL FOREST WATCH, 2024).

La forestación con especies de árboles nativos es una oportunidad para mejorar los espacios educativos y que los estudiantes sean los generadores del cambio en su entorno ambiental, cuando los estudiantes realizan la forestación generan conocimiento de forma práctica y lo comparten con las nuevas generaciones de alumnos, como lo señala Ibáñez et al. (2020) consideran a las universidades como actores fundamentales en la impartición de una educación con enfoque social en la búsqueda del desarrollo integral del alumno.

Un informe de la comunidad TreePeople, dice que “existen 22 razones para plantar, cuidar o defender la importancia de los árboles”. (TREEPEOPLE, 2024). En el mismo sentido Ortega et al., (2022), comenta que la falta de árboles en las áreas urbanas, además de intensificar el efecto de “isla de calor urbana”, tiene implicaciones importantes en la calidad del aire de la ciudad: ellos absorben gases, como el CO₂, y retienen partículas atmosféricas. Como parte de la materia de desarrollo sustentable (MDS) se ha llevado a cabo el proyecto forestación y composta orgánica, con la participación de estudiantes, maestros, administrativos, así como centros de investigación que han impartido capacitación mediante pláticas, donación de árboles y otorgado asistencia técnica durante el proceso, se han llevado a cabo varias actividades de siembra, realizados por alumnos del plantel

y apoyo de estudiantes de nivel básico. De esta forma se contribuye a atender la falta de áreas verdes para crear espacios sombreados y refrescantes, la convivencia escolar, el trabajo en equipo, el compromiso ambiental, sensibilizando a los alumnos desde nivel primaria mediante la siembra de árboles e impulsar al Plantel en la localidad como una Institución Superior Sustentable.

Sandifer et al., (2015) identifican pruebas que vinculan la exposición a entornos naturales con beneficios a la salud y recomiendan la colaboración entre ecologistas, científicos de la salud y urbanistas para elaborar políticas que fomenten las interacciones con la naturaleza.

Foellmer et al., (2021) en su investigación sobre el impacto de los espacios verdes en el bienestar estudiantil en la Universidad de Bonn, revela que estos espacios promueven la salud mental, social y física. También citan lo siguiente: “Cada vez hay más pruebas de una correlación positiva entre espacio verde y bienestar”.

Ante la necesidad de siembra de árboles en el plantel se observó el requerimiento de fertilizante orgánico con la finalidad de mejorar la calidad del suelo para el desarrollo óptimo de las plantas.

Con la idea de utilizar parte de los residuos orgánicos generados en los hogares se analizó la importancia de las Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA) mismas que se originan desde el campo hasta su transformación y consumo, generando un impacto negativo en los recursos naturales (agua y suelo) así como la pérdida de nutrientes (FAO, 2017). En México existe el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (PNPGIR, 2022-2024) por medio de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2022-2024). Dentro de los objetivos prioritarios del PNPGIR se encuentra impulsar la generación de una cultura responsable con relación a

la generación y manejo de residuos, como parte de las estrategias se encuentra la de sensibilizar a la población sobre la importancia ambiental, sanitaria y social que tiene el manejo sustentable de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), dentro de los cuales se encuentran los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), (SEMARNAT, 2022).

Los RSO pueden transformarse en nutrientes orgánicos como “composta” ó también llamado “compost”, con beneficios ambientales como lo menciona (FAO, 2015) el compost a diferencia de los fertilizantes químicos, agrega materia orgánica y no lixivian sus minerales si las plantas no los utilizan de inmediato. Se reciclan los desperdicios orgánicos como los desechos de cocina, las hojas de árboles o huertos, transformándolos en alimento para el suelo. Mejora la estructura del suelo, incrementando su capacidad para retener la humedad y el aire, también reduce la erosión, las semillas germinan más rápidamente, y finalmente las plantas se desarrollan mejor.

Como parte de las actividades de la presente investigación se elaboró composta a partir de RSO generados en los hogares del alumnado, personal del Instituto Tecnológico de Guaymas (ITG) y de la merma de fruterías y supermercados de la localidad.

ANTECEDENTES

El Gobierno de México aborda la deforestación a través de varias iniciativas, incluida la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (ENAREDD), que promueve el desarrollo rural sostenible. Las acciones incluyen la colaboración entre CONAFOR, SADER y BIENESTAR para apoyar las prácticas agrícolas sostenibles, el Programa Sembrando Vida para restaurar un millón de hectáreas de bosque, se apoya la incorporación de 2.5 millones de

hectáreas al manejo forestal comunitario y 2.2 millones de hectáreas al programa Pago por Servicios Ambientales de la Conafor, así como la ejecución de proyectos de restauración forestal en 142 mil hectáreas y la integración de redes locales de valor y de cadenas productivas forestales. (CONAFOR PRENSA, 2022).

En Sonora existen esfuerzos para forestar en escuelas y espacios públicos. En particular, la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), implementa un programa de Reforestación para contribuir a la recuperación, conservación y ampliación de la cubierta vegetal en la entidad, y cuenta con un vivero que produce especies nativas como palo fierro (*Olneya tesota*), guayacán (*Guaiacum coulteri*) o chiltepín (*Capsicum annum*), entre otras. En su informe anual de actividades 2021-2022 mencionan que se han donado más de 40 mil plantas a 54 municipios; además, se han producido alrededor de 90 mil plantas, las cuales están en crecimiento para su donación. Actualmente se está elaborando el Programa Estatal de Reforestación de Sonora (PERS) para el período 2023-2027 (CEDES, 2024). En conjunto con otras instancias públicas y de la sociedad civil organizada, el Centro Regional de Formación Profesional Docente de Sonora (CRESON) comenzó un proyecto de reforestación en áreas aledañas a sus oficinas centrales afectadas por incendios. Las acciones se realizan con apoyo de la asociación Caminantes del Desierto, el Colegio Sonorense de Ecólogos y Servicios Públicos Municipales de Hermosillo, y se derivan del proyecto estratégico “Buen vivir y educación integral para transformar la escuela y la comunidad”, que forma parte del Programa Institucional 2022-2027, la Dirección de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Hermosillo y la CEDES apoyaron el desarrollo del proyecto con 500 mezquites y palo verdes (CRESON, 2024).

Otras instituciones de la región también realizan esfuerzos de forestación. Por ejemplo, estudiantes del posgrado del Colegio de Sonora en 2024, realizaron la siembra de árboles nativos en el centro de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Esto destaca la importancia de que los estudiantes comprendan su compromiso con el impacto social de sus profesiones, de tal forma que contribuyeron a un cambio tangible en su entorno, a través de la participación de la comunidad educativa en la mejora del medio ambiente (COLSON, 2024).

En la primaria Vicente Guerrero en la colonia Fátima de Guaymas, Sonora, en noviembre de 2023 se llevó a cabo una jornada de reforestación. Esta actividad fue realizada entre el plantel educativo, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la empresa Transferencias Portuarias del Pacífico (TPP, 2023). En las instalaciones del plantel educativo, se sembraron diferentes árboles endémicos de la región (palo fierro, palo verde y mezquites). También el CBTIS 40 Guaymas, tiene un proyecto de reforestación en su institución donde realizan esfuerzos para la siembra de árboles nativos y de ornato (com.pers. 2023, Dra. Severa Contreras Guerra, docente del plantel).

En los 40 años del Instituto se han realizado esfuerzos de siembra esporádica por maestros, alumnos y directivos, enfocados a palmas y cactus.

Guaymas, es un puerto turístico de intercambio comercial nacional e internacional; como parte de las actividades diarias de la población y en sí de la actividad turística y económica se genera gran cantidad de RSO, lo cual pone en riesgo la salud de los habitantes y el medio ambiente. Según datos de (SEMARNAT, 2023) colectados en 2018; en la ciudad de Guaymas, Sonora, cada persona genera en promedio 1.13 kg/día de RSU. Entre los municipios de Hermosillo,

Nogales, Guaymas, Cajeme y SLRC se genera el 46% de Residuos alimentarios y el 1.4% de jardinería.

METODOLOGÍA

El área de estudio se ubica en la ciudad de Guaymas, Sonora, (véase figura 1). La clave climática es BW(h)w(e), lo cual indica que es un clima seco muy cálido y árido-desértico, con un promedio de 10.0 °C en enero a 37.7 °C en julio, aunque sus extremos pueden variar de -1.5 °C a 49.5 °C a la sombra. La oscilación térmica anual es de 14 °C. (SEMAR, 2024).

El mes más lluvioso es Agosto (~67mm) y el más seco es mayo (~ 1 mm en promedio). (Vega - Granillo, et al., 2011). La humedad relativa anual promedio es del 57%, siendo la más alta en septiembre (68.13) y la más baja en abril (47.14). (CLIMATEDATA, 2024)

Figura 1
Ubicación del Instituto Tecnológico de Guaymas



Nota. Adaptado de <https://google.com.mx/maps/s.f> y foto: Cynthia Lino

En relación al tipo de terreno predominan rocas de un suelo aluvial en 40.70%, prevalece un tipo de suelo Regosol (pobre en materia orgánica), el suelo secundario es Solonchak (salino). La vegetación son pastizales y plantas que toleran sales (INEGI, 2010). La descripción anterior coincide con las observaciones del suelo del Instituto que en su gran mayoría es pedregoso, arcilloso y duro de escarbar.

El tipo de investigación es mixta cuantitativa-descriptiva y cualitativa esta última metodología es definida por Taylor y Bogdan, (1987) como: “La investigación que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas habladas o escritas y la conducta observable”. Se usaron diversas técnicas educativas como aprendizaje-servicio, fotografía narrativa (fotos y video).

Metodología árboles: Se seleccionaron áreas alejadas del agua salada, con acceso a agua potable y en zonas que requieren sombra; los alumnos participantes son los que cursan la MDS, el trabajo se llevó a cabo desde el febrero del 2013 a junio 2024. Han participado 618 estudiantes, 10 docentes, 5 administrativos, 90 niños de escuelas primarias invitados a la siembra de árboles, 5 investigadores y estudiantes de la subsede Guaymas del CIAD. Las actividades incluyeron capacitación, asesoría y participación en elaboración de composta, así como el apoyo de ecología del ayuntamiento de Guaymas, consultores ambientales Empalme y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste subsede Guaymas por la donación y siembra de árboles.

Las especies se seleccionaron en base a paletas vegetales de otras ciudades con clima y flora similar y a las recomendaciones de las instituciones colaboradoras.

Metodología composta: Por medio de trabajo colaborativo entre maestros del ITG y académicos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) se formaron grupos de trabajo con la comunidad escolar (Alumnos, docentes y personal administrativo), se les capacitó en la elaboración de composta y se formaron los siguientes grupos de trabajo; Estudiantes de Administración, Ingeniería industrial, ingeniería civil, personal administrativo, personal docente del ITG.

El área de trabajo de compostaje está situada en el patio izquierdo lateral del plantel. Se iniciaron actividades de composteo en el mes de octubre del 2023 y terminaron en el mes de abril 2024. Se observó la participación de 165 alumnos de diferentes licenciaturas del ITG, 6 docentes, también 4 administrativos.

Obtención de materiales: Se visitaron varias fruterías para solicitar los restos de frutas y verduras, se recolectaron desperdicios en casa propia, se visitó el ejido local más cercano para recolectar la boñiga de vaca y de caballo así como distintas carpinterías para obtener el aserrín. Las pilas se realizaron por grupos de alumnos según carrera y semestre para que cada uno asumiera la responsabilidad de su pila. Se fotografió y filmaron videos de todo el proceso. Tanto el alumnado como el personal estuvieron activos en todo el avance desde la búsqueda de materiales, acondicionamiento de área, inicio de composteo y seguimiento puntual hasta obtener el producto final y el empaquetamiento en costales.

DESARROLLO

Desarrollo - árboles: Se decidió sembrar principalmente árboles nativos, el terreno se excavó usando barras, picos y palas de punta, se hicieron hoyos de 40 x 40 cm y removiendo la mayoría de las piedras grandes.

Para vincular y promover al Instituto, se invitó a estudiantes de educación básica a la siembra de árboles, donde también se les dieron pláticas sobre árboles y ciencia.

Conforme se avanzó con la plantación, se incrementó la distancia inicial de siembra de algunas especies, para evitar que compitan por sol, agua y nutrientes, dependiendo del lugar y especie, varió entre 3 y 7 m. El sistema de riego fue realizado usando manguera negra de PVC con goteros, solo en áreas con acceso al agua. La identificación de los individuos representativos se realizó con guías ilustradas de campo y se grabaron sus nombres en placas de madera. Para medir la cobertura arbórea se utilizó el software Google Earth Pro.

Desarrollo - composta: Basándose en la metodología de (Vega-García, 2015) y (FAO, 2013), se realizaron pilas de compostaje con los siguientes componentes por pila; Agua, residuos orgánicos (casa, merma de fruterías, merma de supermercados). Los residuos orgánicos utilizados fueron: estiércol de vaca o caballo, residuos de vegetales, servilletas de papel, aserrín, pasto y hojas secas; entre los residuos vegetales se encuentran una variedad de frutas y verduras (lechuga, pepino, zanahorias, cebolla, chile, aguacate, tomate, papa), entre otros.

Como medida estándar, se utilizaron cubetas de 20 litros, se utilizaron palas y sacos para mezclar y empacar el producto terminado respectivamente.

En el día 1.- Se formaron pilas grandes con las siguientes proporciones; por cada cubeta de agua se agregan 3 cubetas de aserrín, 1 de residuos orgánicos y una de estiércol. Se mezcló todo en una sola pila en forma de pirámide. Para el presente estudio se formaron pilas utilizando los materiales por triplicado.

Del día 2 al día 7 mezclar, agregar agua cada tercer día y volver a acomodar la pila. Nota: Es importante solo agregar agua en caso necesario, (es decir si se observan partes secas).

Se deja reposar del día 7 hasta el día 14, en el cual nuevamente se vuelve a mezclar y agregar agua en caso necesario, de nuevo se deja reposar una semana del día 14 al 21.

En el día 21 de nuevo se vuelve a mezclar y acomodar la pila en pirámide, agregando agua solo en caso necesario, se deja reposar hasta el día 28 con la misma actividad para posteriormente dejar reposar 3 semanas. En el día 42 la composta se encuentra lista para utilizarse y/o almacenarse.

El producto obtenido, ha sido usado en algunos árboles y en la preparación del terreno para un huerto biointensivo para posterior trabajo de campo.

RESULTADOS

Las actividades de siembra inician en el año 2013 hasta marzo del 2024, en la Tabla 1 se muestra el resumen.

Respecto al composteo durante el periodo del 2023 al 2024 se generaron 480 kg de composta en total.

Tabla 1
Resumen de actividades del 2012 a 2024

Periodo	Alumnos	Árboles	Cobertura Arbórea (m2)	Composta
2012			1,400	
2013 - 2016	180	120		
2017	75	18		
2018	85	20		
2019	80	302		
2020	0	0		
2021	0	0		
2022	33	13		

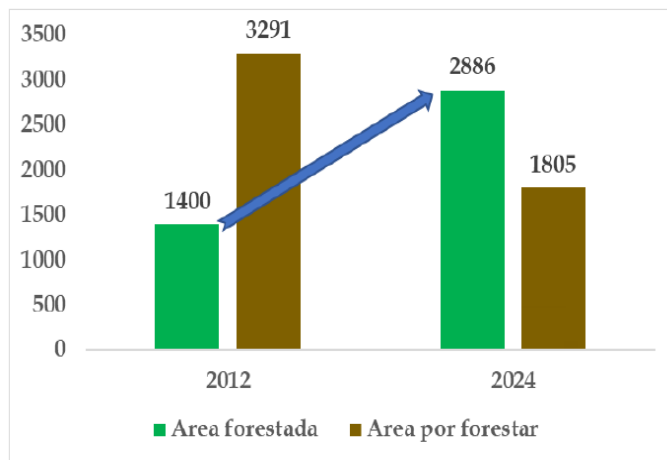
2023	95	0		350 Kg.
2024	70	5	1,486	130 Kg.
Totales	618	*478	2,886	480 Kg.

Nota. La tabla no incluye a los 90 niños de primaria que han participado en la forestación.

* Sobreviven 257 individuos.

La figura 2, muestra el avance de áreas verdes (cobertura arbórea). En proporción del total disponible, pasamos del 30 % al 62 % de cobertura.

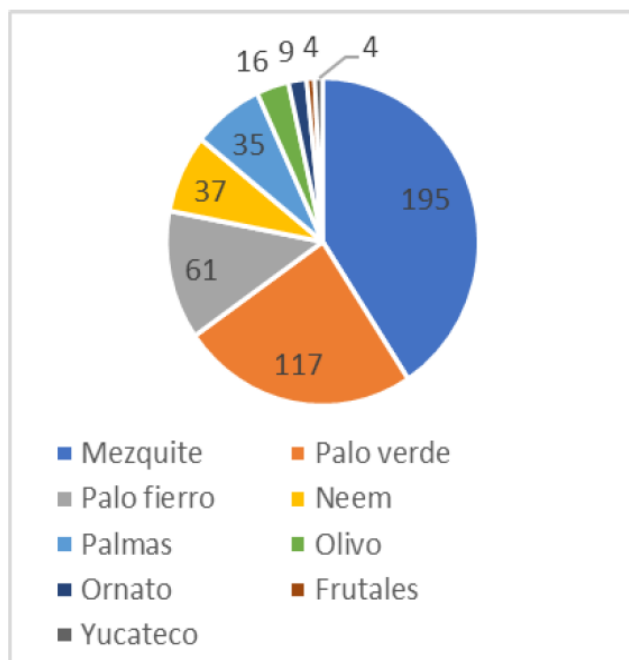
Figura 2
Avance de áreas verdes en m².



Nota: Elaboración propia

Los árboles de neem tuvieron mayor porcentaje de sobrevivencia (~ 100 %), mientras el resto de las especies, incluidas las endémicas, tuvieron una sobrevivencia de ~ 50 %, por lo que sobrevivieron en total 257 del total de 478 trasplantados. La cantidad de individuos plantados de cada especie en el período 2013 – 2024, se presenta en la figura 3.

Figura 3
Mezcla de árboles sembrados



Nota. Elaboración propia

Los alumnos del Instituto expresaron comentarios positivos hacia el aprendizaje obtenido, posteriormente los estudiantes brindaron pláticas sobre la importancia de los árboles en el ambiente a niños de educación básica y sus maestras. Aprendieron en general a llevar a cabo actividades sustentables en beneficio de su comunidad ó área de estudio brinda una satisfacción de ayuda y protección al medio ambiente que les rodea.

En el proceso de composteo se observó que mientras menor sea el tamaño de residuos orgánicos se facilita más la degradación de los mismos y por lo tanto el tiempo se reduce.

Los alumnos estuvieron muy activos ya que cada licenciatura formó un grupo de trabajo por pila, de tal manera que se motivaron a las revisiones y seguimiento en cada etapa del proceso (figura 4).

Figura 4
Elaboración de composta



Nota. De marzo a mayo del 2024 se generaron 130 Kg.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La supervivencia de siembra de árboles fue del 50% que está en el rango con lo que reporta Mata-Balderas et al., (2022), reporta supervivencia de hasta 90% en reforestación de especies nativas, sin embargo cuando se deja el mantenimiento el valor puede caer hasta el 29 %.

Para incrementar el índice de supervivencia (50%), se han cambiado algunos puntos del método, el riego más seguido durante las primeras semanas y la adición de acolchado (reducir la evaporación de humedad del suelo) de 10 cm. técnica recomendada por Watershed Management Group (2014).

En relación a la elaboración de composta, se observó que el aserrín tarda más en degradarse en comparación con las hojas secas de los árboles,

las cuales están disponibles junto a ramas y troncos que se producen en el mismo Instituto, así se recicla y se ahorra dinero por el acarreo de estos residuos. Se calcula que anualmente se generan 14 m³ de materia prima.

Aunque se han logrado avances significativos, cumplir con los objetivos y darle continuidad semestre a semestre ha sido un reto, tales como: excesivo calor-humedad, momentos de apatía - desinterés, terreno pedregoso-difícil de escarbar, falta de herramientas, lejanía del Instituto, falta de agua y sistema de riego, presupuesto, mano de obra, entre otros.

Porotrolado, Balanac, May Punzalan, Christopher. (2020). En su investigación sobre el análisis de percepciones y experiencias de alumnos de preparatoria que participaron en la siembra de árboles, reportan una actitud positiva hacia la conciencia ambiental; los autores dicen que pudo ser debido al efecto de su exposición a los árboles y la naturaleza, citan a (Earth Talk, 2015) que además de la limpieza del aire que hacen los árboles, nos hacen sentir mejor desde el punto de vista emocional.

Esta actividad generó muchas experiencias de aprendizaje, se concientizaron sobre la gran cantidad de desperdicios que se generan y no se reciclan, sobre el proceso físico-químico de la transformación de los ingredientes en composta así como todo el esfuerzo y coordinación necesarios para generar un abono libre de contaminantes químicos.

CONCLUSIONES

Con la participación de 618 estudiantes, se logró la siembra exitosa de 257 árboles mejorando el aspecto de los espacios con una cobertura arbórea total acumulada de 2886 m² de sombra para refugiarse del intenso calor y mitigar la temperatura.

Se observa que la sombra provee un espacio de descanso y desconexión de las actividades del

aula y facilita la convivencia escolar.

El que los alumnos sean testigos del proceso de transformación de los RSO en fertilizante orgánico y observen el desarrollo de los árboles, es una experiencia de aprendizaje reflexivo y de integración en su entorno escolar y profesional.

Mediante la elaboración de composta se concientiza a la comunidad escolar del ITG sobre la gran cantidad de desperdicios que se generan día a día, la falta de reciclaje de los mismos, así como los beneficios de la reutilización.

La vinculación, colaboración y el trabajo coordinado entre diferentes instituciones se refleja en la aplicación y mejora de proyectos interinstitucionales.

Se recomienda el uso de las ramas y hojas secas de los árboles para disminuir los RSO expuestos al ambiente y reducir los gastos de operación para las actividades de compostaje.

Para aumentar la participación de los estudiantes se recomienda que los maestros realicen proyectos o actividades ligadas con temas de la currícula, así como se les valide como servicio social o actividad complementaria.

En actividades de forestación y composteo, se recomienda mayor difusión y promoción.

Se recomienda también abrir una licenciatura con enfoque ambiental en la ciudad de Guaymas, Sonora, debido a la gran generación de RSO, la falta de cultura, concienciación y educación ambiental.

REFERENCIAS

- Balanac, Ma y Punzalan, Christopher. (2020). Students' Participation in Tree Planting Activity: Promoting 21st Century Environmental Education. 10.13140/RG.2.2.29445.47849.
- CEDES. (2024). Programa de reforestación. <https://cedes.sonora.gob.mx/index.php/component/content/article/programa-de-re>

- forestacion?catid=19&Itemid=101#:~:text=Por%20parte%20del%20Vivero%20Estatal,Laurel%20%C3%A1rbol%20(Laurus%20no%20bilis).
- CRESO. (2024). Inicia Creson proyecto de reforestación. <https://creson.sonora.edu.mx/index.php/acerca-de/acciones/inicia-creson-proyecto-de-reforestacion#:~:text=Las%20acciones%20se%20realizan%20con,Jardines%20del%20Ayuntamiento%20de%20Hermosillo>.
- CLIMATEDATA. (2024). <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/sonora/guaymas-3416/#climate-table>
- COLSON. 2024. Estudiantes del COLSON se unen para plantar árboles en Hermosillo. <https://www.colson.edu.mx/nota.aspx?nx=5621>.
- CONAFORPRENSA. (2022). Comisión Nacional Forestal. Prensa. <https://www.gob.mx/conafor/prensa/se-reduce-en-26-la-tasa-anual-de-deforestacion>
- FAO. (2013). Manual del compostaje del agricultor, experiencias en América Latina. Tomado de la red. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- FAO. (2015). Tomado de la red <https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/281085/> / FAO. (2017). Tomado de la red <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1395002/>
- Foellmer, J., Kistemann, T., y Anthonj, C. (2021). Academic Greenspace and Well-Being — Can Campus Landscape be Therapeutic? Evidence from a German University. *Wellbeing, Space and Society*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.wss.2020.100003>
- GLOBAL FOREST WATCH. (2024). Monitoreo de Bosques diseñado para la acción. <https://www.globalforestwatch.org/>
- Ibáñez, M. E., Ferrer, D. M., Muñoz, L. V. A., Claros, F. M., y Ruiz, F. J. O. (2020). University as change manager of attitudes towards environment (The importance of environmental education). *Sustainability (Switzerland)*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/su12114568>
- INEGI. (2010). Compendio de Información Geográfica Municipal 2010 Guaymas, Sonora. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/26/26029.pdf
- Mata Balderas, J.M., Cavada Prado, K.A., Sarmiento Muñoz, T. I., y González Rodríguez, H. (2022). Monitoreo de la supervivencia de una reforestación con especies nativas del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(71), 28-52. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1229>
- Ortega Rosas, C. I., Martínez Salido, J., Sánchez Duarte, N. E., y Morales Romero, D. (2022). Cobertura y composición arbórea en las áreas verdes de Hermosillo, Sonora: aportaciones al urbanismo sustentable. *Región y sociedad*, 34, e1610. doi: 10.22198/rys2022/34/1610
- PNPGR (2022-2024). Programa Nacional Para la Prevención y Gestión Integral de los residuos. Tomado de la red. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673264&fecha=05/12/2022#gsc.tab=0
- Sandifer, P. A., Sutton-Grier, A. E., y Ward, B. P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. In *Ecosystem Services (Vol. 12, pp. 1–15)*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007>
- SEMAR. (2024). Guaymas, Sonora. Datos generales

del Puerto.

<https://digaohm.semarnat.gob.mx/cuestionarios/cnarioGuaymas.pdf>

SEMARNAT. (2022). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (PNPGIR, 2022-2024).

https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2022/PNPGIR_2022.pdf

SEMARNAT. (2023). Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/693803/125_2022_Atlas_Nacional_Residuos_Solidos.pdf

Taylor, S.J. y Bogdan, R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados. Barcelona: Paidós.

TRANSFERENCIAS PORTUARIAS DEL PACÍFICO (2023). Proyecto Reforestación TPP-CONAFOR.

<https://www.tppguaymas.com.mx/proyectoreforestacion-tpp-conafor/>

TREEPEOPLE. (2024). largest environmental organizations headquartered in Southern California <https://treepeople.org/22-benefits-of-trees>

Vega-García. (2015). Elaboración de composta a partir de residuos de pescado, utilizando el método de pilas con aireación mecánica. Tesis de maestría. Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo. (Pág 31-34).

Vega- Granillo, E., Cirett-Galán, S., De la Parra Velasco, M., Zavala Juárez, R. (2011). Hidrogeología de Sonora México, En: Calmusm T. (ed.) Panorama de la Geología de Sonora México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. México, D. F. pp 57-88.

Watershed Management Group. (2014). Infraestructura Verde para Comunidades del Desierto Sonorense. www.watershedmg.org

CARTELES





EL IMPACTO DE LOS PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR Y LOS MATERIALES INNOVADORES EN LA SOSTENIBILIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE LUJO

Autora 01: Edna Isabel Carrasco González
Estudiante del Programa de Maestría en Arquitectura Planeación y Construcción Sustentable.
Universidad Autónoma de Guadalajara, UAG
zuzia.czerwinska0123@gmail.com

Autora 02: Fabiola Colmenero Fonseca.
Departamento de Arquitectura, Diseño y Comunicación.
Universidad La Salle México.
fa.colmenerof@gmail.com

RESUMEN:

El presente estudio analiza el impacto de los principios de economía circular y el uso de materiales innovadores en la sostenibilidad de la construcción de viviendas de lujo. Se centra en la implementación del modelo de economía circular, que promueve la reducción, reutilización y reciclaje de recursos, así como la minimización de residuos y el aprovechamiento óptimo de los materiales. El análisis se basa en un ciclo de vida completo de los materiales, incluyendo coeficientes de conductividad térmica, huella de carbono, energía embebida y huella hídrica.



El estudio demuestra cómo la integración de estos principios puede beneficiar tanto la sostenibilidad ambiental como la eficiencia económica en el sector de la construcción de viviendas de lujo. Además, se explora la aplicabilidad de estos materiales innovadores en un contexto académico, evaluando su idoneidad para ser incorporados en procesos de enseñanza-aprendizaje. Los resultados sugieren que los materiales analizados no solo cumplen con los estándares de sostenibilidad, sino que también proporcionan una base sólida para su inclusión en programas educativos relacionados con la construcción y la arquitectura, fortaleciendo así el vínculo entre teoría y práctica en el diseño de viviendas de lujo sostenibles y que la implementación de un modelo de economía circular no solo reduce los costos a largo plazo y mejora la reputación de las empresas, sino que también contribuye a la mitigación del impacto ambiental y la calidad de vida de los residentes. Además, se observa que los ladrillos con vidrio añadido cocidos a 950 °C presentan los valores más altos de dureza, lo que sugiere su viabilidad para ser implementados en el proceso de enseñanza-aprendizaje para nuevas edificaciones.

INTRODUCCIÓN:

El desarrollo turístico e inmobiliario a gran escala ha generado un fenómeno de desarrollo desequilibrado, con consecuencias como la apropiación de zonas naturales, el desplazamiento de algunas especies y el agotamiento de recursos naturales.

A nivel mundial, diversos proyectos han explorado la aplicación de la economía circular en la construcción, demostrando su viabilidad y beneficios ambientales y económicos. Sin embargo, su implementación específica en el contexto de viviendas de lujo en Bahía de Banderas aún requiere mayor atención.

OBJETIVOS:

- Determinar la viabilidad de implementar modelos de economía circular en procesos constructivos dentro de la intervención de vivienda residencial de lujo
- Identificar los facilitadores de la implementación de técnicas sustentables basadas en la economía circular
- Exponer algunas perspectivas futuras generadas como conclusión del análisis de la implementación de la economía circular en los procesos constructivos para la intervención de vivienda residencial de lujo

METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS:

La investigación es de alcance correlacional, con hipótesis de investigación y objetivo general. La hipótesis plantea que la intervención de viviendas residenciales de lujo basadas en modelos sustentables, como la economía circular, favorece el crecimiento económico y la protección del medio ambiente en la región de Bahía de Banderas. Sin embargo, la viabilidad de implementarla se ve afectada por la falta de investigación al respecto, así como por la falta de conciencia y sensibilización en el sector de la construcción de la región.

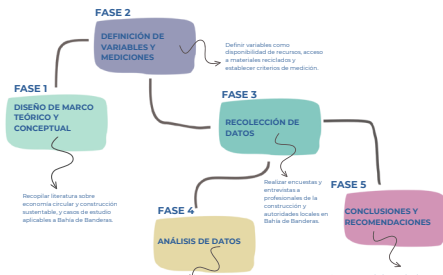


Figura 01 Diagrama Metodológico Fuente: Elaboración propia.

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS

En México, se contabilizan alrededor de 35.3 millones de viviendas particulares, de las cuales el 58.5% presentaron la necesidad de realizar algún tipo de arreglo o remodelación (INEGI, 2021). Dentro de los aspectos ambientales a destacar, podemos visualizar que el deterioro ambiental provocado por la explotación de los recursos es a consecuencia del acelerado crecimiento que se ha experimentado tras la revolución industrial. La utilización no controlada de algunos bancos de arena y materiales para la construcción ha contribuido a la degradación del suelo en diferentes regiones. La construcción de viviendas residenciales de lujo representa un nicho de consumo insostenible. Según el sociólogo Zygmunt Bauman, la sociedad contemporánea basa sus relaciones humanas en el consumo, donde se consume para ser reconocidos socialmente (Bauman, 2007).

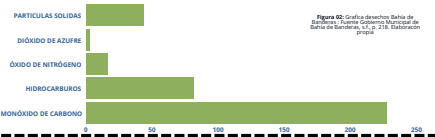


Figura 02 Gráfico de barras. Datos de Bahía de Banderas. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2018). Elaboración propia.

ACCESO A MATERIALES RECLICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

El análisis en las entrevistas realizadas a expertos determinó que el principal problema por el cual el acceso a los materiales reciclados es limitado es debido a una mala gestión de los residuos, puesto que estos normalmente van a vertederos no certificados e informales y no pasan por un proceso de separación para su posterior reciclaje, reutilización o reincorporación a un nuevo ciclo de vida.



Figura 03 Resultados de la encuesta realizada entre expertos en RCD. Fuente: Elaboración propia.

INFRAESTRUCTURA DE RECICLAJE

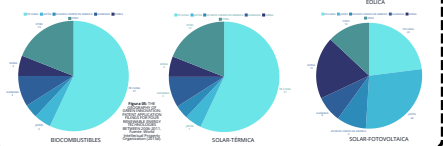
El enfoque de ciclo de vida en la cadena de valor de las edificaciones considera todos los procesos y agentes involucrados, desde la extracción de materias primas hasta la gestión de residuos de construcción. Este enfoque busca minimizar el impacto ambiental en cada etapa del ciclo de vida del material, promoviendo prácticas de reciclaje, reutilización y reducción de residuos en todas las fases del proceso constructivo. Esto implica una planificación cuidadosa desde el diseño hasta la construcción, mantenimiento, y eventual demolición, asegurando que los materiales se manejen de manera sostenible a lo largo de todo su ciclo de vida. A nivel nacional, la cámara Mexicana de la industria de la construcción consolidó su Plan de manejo de residuos de la construcción y demolición, el cual busca ser un instrumento flexible que puede ser actualizado pero su finalidad es agrupar a todos los actores que fungen como reglamentaciones para el manejo de los RCDs y agruparlo en uno mismo, siendo así el PM-RCD de la CMIC un acuerdo a las necesidades (CMIC, n.d.)

ACEPTACIÓN DEL MERCADO Y NORMATIVAS EXISTENTES

El interés del mercado por los materiales innovadores y sustentables se ve frenado por la poca investigación y oferta que existe actualmente. Si esto lo relacionamos con la falta de cumplimiento e implementación de normativas que aseguren que las obras se ejecuten bajo criterios ligados a estrategias de economía circular donde se asegure una correcta gestión de residuos y al mismo tiempo se promueva la reducción, reutilización y el reciclaje así como la adopción de materiales sustentables con garantía de tener cero impacto en el entorno, además de promover la responsabilidad compartida de todos los actores involucrados en la construcción en la implementación de prácticas sustentables. A pesar de las normativas existentes, aún existen vacíos legales y desafíos en la implementación efectiva de la economía circular en la construcción de viviendas de lujo y esto conlleva la aceptación del mercado. Estos vacíos pueden incluir la falta de regulaciones específicas sobre el uso de materiales reciclados en la construcción, la necesidad de incentivos fiscales para la adopción de prácticas sustentables, y la escasa supervisión y aplicación de las normativas existentes.

CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN

La innovación y el interés por la implementación de nuevos modelos de desarrollo sustentable han tenido un papel relevante en nuestro contexto actual debido a la preocupación de las generaciones por el futuro que estaremos heredando a generaciones futuras. Con las innovaciones ambientales, se conciben productos, procesos y servicios que introducen mejoras y solucionan problemas, generando un valor compartido para stakeholders y shareholders y contribuyendo a la reducción de los impactos negativos al ambiente. Según datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, los casos más recurrentes son aquellos que implementan el uso de energías renovables.



REFERENCIAS:

Bauman, Z. (2007). Consuming life.
 IIEG. (2021). Diagnóstico de la Zona Metropolitana Interstadial de Puerto Vallarta-Bahía de Banderas.
 CMIC. (n.d.). PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA DEMOLICIÓN. www.cmic.org
 Vargas-Chaves, I., Clavijo-Bernal, O., & Sánchez-Rippe, J. (2020). The effect of patents on environmental innovation: perspectives and challenges. *Jurídicas CUC*, 16(1), 177-196. <https://doi.org/10.17981/juriducuc.16.1.2020.07>

RESULTADOS GENERALES DE LAS ENTREVISTAS:

Todas las entrevistas marcan la importancia de implementar estrategias de liderazgo para impulsar la economía circular en la construcción, enfocándose en la gestión adecuada de residuos. Se mencionan desafíos como la falta de regulaciones y supervisión, así como la necesidad de colaboración entre diferentes actores. Se destaca la importancia de seguir el ejemplo de países desarrollados en el manejo de residuos y tecnología. Se espera ver avances en la regulación, supervisión y desarrollo de materiales reciclados en la construcción.

Se sugiere fomentar prácticas comunitarias de reutilización de residuos y se discute la reutilización de materiales en la construcción para reducir costos y impactos ambientales. Se enfatiza la necesidad de educación en economía circular, conciencia ambiental y colaboración entre actores del sector. Gobiernos y entidades deben promover políticas que incentiven la economía circular en la construcción. Se resalta la importancia de tecnologías sostenibles y se espera avances en la gestión de residuos y materiales en la industria de la construcción.

CONCLUSIONES:

La sustentabilidad corresponde a una nueva manera de replantear el desarrollo de la humanidad como lo conocemos hasta ahora, velando por los intereses de generaciones futuras manteniendo una correcta gestión de los recursos con los que contamos siendo conscientes de que todos los recursos extraídos de la naturaleza no son infinitos y muchos de ellos poseen ciclos de regeneración que traspasa generaciones, mantener esta conciencia y hacer que perdure nos plantea la necesidad de ser empáticos y resilientes como especie que convive, entendiendo con-vivir como una composición sobre puesta de dos palabras con y vivir, debemos mantener una estrecha relación con el medio que no nos rodea, sintiéndonos pertenecientes del medio natural no dominantes de este. Creer como especie en un ecosistema protegido deberá ser primordial en los planteamientos creativos y de intervenciones en el ámbito constructivo para mitigar el impacto que esto genera.

Uso de inteligencia artificial (ChatGPT) para enseñanza y aprendizaje del idioma Zapoteco mediante ingeniería de prompts

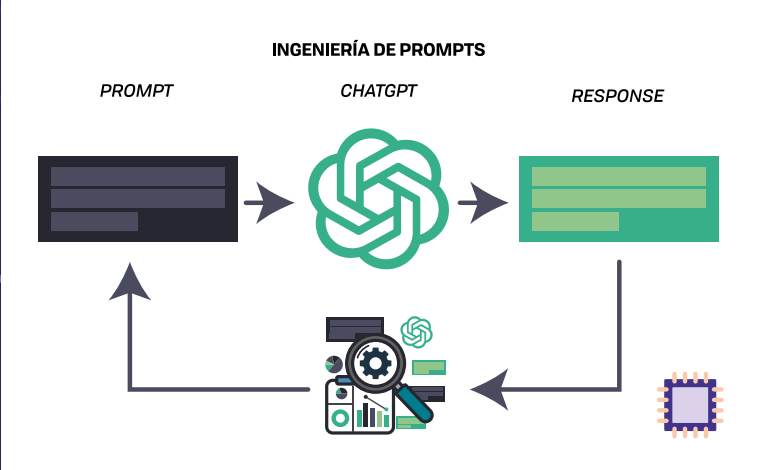
Kareny Jaqueline Carranza Ramirez, Larissa Eugenia Gordillo Mata
Asesores: Lic. Pavel Antonio Hipólito López · Dr. Ángel David Reyes Figueroa



Abstract

El uso de inteligencia artificial ha creado oportunidades para aprovechar su potencial. Uno de ellos es usar esta herramienta como tutor personal para aprender sobre un tema en específico, en este caso, el aprovechar la herramienta para la enseñanza de un idioma o una lengua originaria de una región. El uso de esta herramienta requiere conocimientos de gramática y sintaxis que ayuden a la IA a procesar la información y arroje resultados que son de interés. En este proyecto, se espera obtener los prompts que proporcionan la información básica necesaria para empezar a aprender el idioma Zapoteco mediante el uso de la herramienta de ChatGPT. Para lograr esto se van a mostrar las diferencias entre las versiones gratuita y la de paga para poder observar la diversidad de respuestas obtenidas.

Métodos y materiales



Introducción

Chat GPT (*Generative Pre-Training Transformer*) es una herramienta de inteligencia artificial (IA) que funciona mediante el uso del entendimiento del lenguaje natural que sirve para que los usuarios consulten y resuelvan ciertas problemáticas, ya que es capaz de entender lo que se pide mediante el uso de un prompt.

Un *prompt* es una instrucción escrita sobre un tema en específico que proporciona las bases para empezar a generar respuestas dirigidas a un tema en específico.

Meskó (2023) señala que la *ingeniería de prompts* hace referencia al diseño, refinamiento e implementación de instrucciones que ayuden a los modelos largos de lenguaje (LLM) con el fin de proporcionar una mejor respuesta sobre lo que el usuario desea [1].

Resultados



Figura 1. Imagen generada mediante un GPT de imágenes con el prompt "Genera una imagen que esté relacionada a la enseñanza del idioma Zapoteco, que sea colorida y contenga referencias de adiverbes."



Figura 2. Imagen generada mediante un GPT de imágenes con el prompt "Genera una imagen que haga referencia a la comida de Oaxaca, es importante que dentro de la misma aparezcan adiverbes y chocolates."

FRAGMENTO DE CUENTO EN ZAPOTECO			
<p>Prompt Original "Comportate como un experto en el idioma Zapoteco y traduce el siguiente cuento al español."</p>	<p>Traducción ChatGPT 3.5 Claro, aquí tienes la traducción al español: "Los dueños de este solar y casa tienen el compromiso de cuidar las plantas y árboles que se encuentran aquí, de respetar a los vecinos y de mantener limpia esta área. Quien no cumple con estas reglas será obligado a dejar este lugar, perdiendo todos sus derechos. Se prohíbe también tirar basura en este terreno." Por favor, avísame si hay algo más en lo que te puedo ayudar [2].</p>	<p>Traducción ChatGPT 4o Aquí tienes la traducción al español del texto en zapoteco: "Todo lo que se realiza con buena voluntad y con un corazón sincero siempre será recompensado con felicidad, y Dios nos dará sabiduría para enfrentar las dificultades que encontramos en la vida. Tener un corazón sabio nos guiará a tomar decisiones correctas, aun en los momentos difíciles. De esta manera, seremos capaces de ayudar a otros con nuestras acciones, sin importar las circunstancias. Espero que esta traducción sea útil para ti. Si necesitas algo más, no dudes en pedirlo [2].</p>	<p>Cuento Original "El burro" (Diáaga láaga) Había terminado Dios de presenciar el diluvio que duró cuarenta días y cuarenta noches. En el techo del mundo tenía reunidos a sus hijos predilectos, a quienes salvó de la inundación. Para entretenerlos y que no se aburrieran allá arriba, mientras se secaba la tierra, les contó cuentos, bonitas mentiras [3].</p>

Conclusiones

La aplicación adecuada de la ingeniería de prompts logra una mejor respuesta por parte del ChatGPT y otras herramientas de IA. Si adicionalmente se alimenta a la IA con datos verídicos, se puede tener un mejor resultado. Es importante el revisar fuentes adicionales para identificar posibles alucinaciones por parte de la IA.

Agradecimientos

Agradecemos al Parque PIIT, al Gobierno de Nuevo León, a LRI Vanessa Chávez Rodríguez, a las personas que proporcionaron el transporte y los alimentos, adicionalmente a todas las personas que hicieron posible que este Verano de Investigación se llevara a cabo. Agradecemos también al Lic. Pavel Antonio Hipólito López por su asesoría en el idioma Zapoteco, y sobre todo, queremos agradecer especialmente al Dr. Ángel David Reyes Figueroa por todo el apoyo y su enseñanza durante este verano.

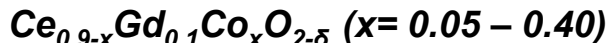
Referencias

[1] Meskó, B., (2023). Prompt engineering as an important emerging skill for medical professionals: Tutorial. Journal of Medical Internet Research, 25, e50638. doi:10.2196/50638

[2] Chatgpt, (n.d.). <https://openai.com/chatgpt/>

[3] Mexicanísimo, (2018, July 3), "el burro". UN Cuento Zapoteco, Mexicanísimo, <https://www.mexicanisimo.com.mx/2018/07/burro-cuento-zapoteco/>

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁNODO PARA CELDA DE COMBUSTIBLE DE ÓXIDO SÓLIDO



Angela J. Martínez-Torres¹, Luis E. Vera-Estrada², Sinuhe U. Costilla-Aguilar^{3,5}, Josué A. Aguilar-Martínez⁴, Rene F. Cienfuegos-Pelaes^{4,5}
¹Instituto Tecnológico de Linares, Montemorelos - Linares 4556, 67827 Linares, Nuevo León, ²Centro de Investigación y Desarrollo de Educación Bilingüe (CIDEB) UANL, Avenida Lázaro Cárdenas Mederos UANL, 64930 Monterrey, Nuevo León, ³Universidad Tecnológica General Mariano Escobedo, Libramiento Noreste Km. 33.5, 66050 Cdad. Gral. Escobedo, Nuevo León, ⁴Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME), Av. Universidad S/N C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, ⁵Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología (CIIDIT), Av. Alianza 101 Sur, PIIT Monterrey, C.P. 66600 Apodaca, Nuevo León.
 E-mail: angelamtz2403@gmail.com, rene.cienfuegospl@uanl.edu.mx

Resumen :

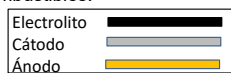
Las celdas de combustible de óxido sólido (SOFC) son dispositivos eficientes que convierten la energía química de combustibles como el hidrógeno y el gas natural en electricidad y calor, destacándose por su bajo impacto ambiental y versatilidad en el uso de combustibles. Este proyecto se enfocó en la síntesis y caracterización del ánodo $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ ($x=0.05-0.40$) utilizando la técnica de sol-gel. Se llevaron a cabo análisis con microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (XRD) para evaluar las propiedades estructurales y morfológicas del material sintetizado.

Palabras clave :

Celdas de combustible de óxido sólido (SOFC), Ánodo, Cátodo, Electrolito, Difracción de rayos X (XRD), Microscopía electrónica de barrido (SEM), Sol-gel, $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$, Caracterización de materiales, Eficiencia energética, Nanopartículas, Análisis estructural, Partículas aglomeradas, Sinterización, Compuestos nanométricos.

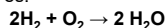
I. Introducción :

Las celdas de combustible de óxido sólido (SOFC) son dispositivos que convierten la energía química de combustibles como hidrógeno y gas natural en electricidad y calor con alta eficiencia. Estas celdas constan de tres componentes principales: un ánodo, un cátodo y un electrolito conductor de iones. Las SOFC destacan por su menor impacto ambiental y versatilidad en el uso de combustibles.



El diagrama muestra cómo el oxígeno (O_2) en el cátodo se reduce, formando iones de oxígeno (O^{2-}) que migran a través del electrolito hacia el ánodo, donde reaccionan con el hidrógeno (H_2) para formar agua (H_2O) y liberar electrones, generando electricidad. (Figura 1)

La reacción electroquímica es:



II. Metodología :

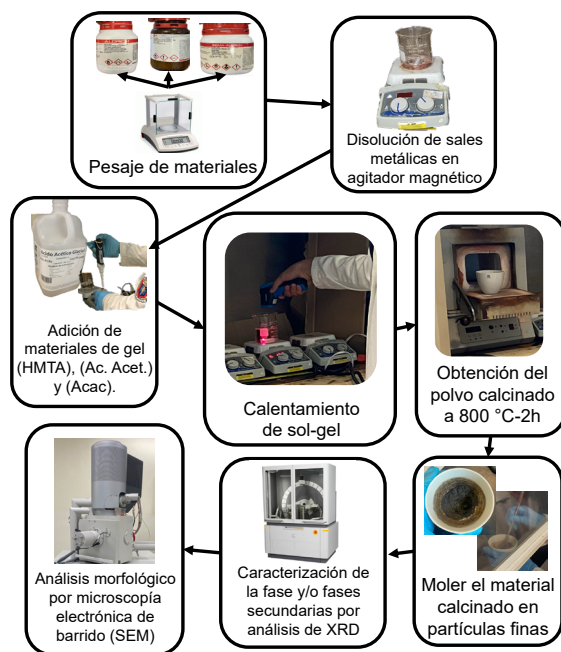


Figura 2. Diagrama de flujo de elaboración de síntesis.

III. Resultados :

III.1 XRD :

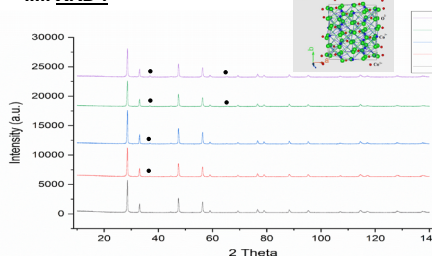
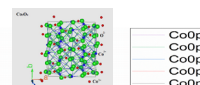


Figura 3. Patrones realizados a todas las muestras del compuesto $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$

Análisis de difracción de rayos X (XRD) para una muestra de $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$. Incluye información sobre los parámetros de la celda unitaria y una serie de datos experimentales que muestran las intensidades observadas y calculadas de los picos de difracción en función del ángulo de difracción.



Patrones realizados a todas las muestras del compuesto $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ (donde x varía de 0.05 hasta 0.25). Se presentan diferencias entre estas intensidades y otros detalles relacionados con la estructura cristalina de las diferentes muestras.

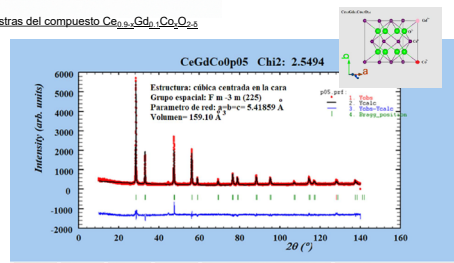


Figura 4. Análisis (XRD) para una muestra de $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$.

III.II SEM:

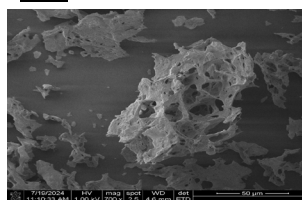


Figura 5. Imagen en SEM del compuesto $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$

Imagen en el microscopio electrónico de barrido (SEM) del compuesto $\text{Ce}_{0.85}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{2-\delta}$ a 50 micras. Como puede observarse, la técnica de sol-gel permitió la formación de partículas de tamaño nanométrico y se observa que el material tiende a aglomerarse en pequeñas capas.

IV. Conclusiones :

- Logra sintetizar por la técnica de sol-gel obteniendo como resultado la formación de partículas nanométricas del compuesto $\text{Ce}_{0.9-x}\text{Gd}_{0.1}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$.
- Análisis por XRD, la identificación como diferencias en las estructuras cristalinas de las muestras con diferentes valores de x , proporcionando datos detallados sobre los parámetros de la celda unitaria mediante las intensidades de los picos de difracción.
- Realiza imágenes SEM, los cuales mostraron que el material tiende a aglomerarse en capas pequeñas.

V. Referencias :

- Brauer, G.; Gradinger, H. Ueber heterotype Mischphasen bei Selteneroxyden. I Zeitschrift fuer Anorganische und Allgemeine Chemie, 1954, 276, 209-226
 Alvarado-Flores, J., Ávalos-Rodríguez, L., Viramontes-Gamboa, G., & Reyes-Rojas, A. (2013). Síntesis y caracterización de la doble perovskita $\text{BaSrCoFe}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{5.5}$ como cátodo para celdas SOFC. Revista Mexicana de Física, 59(4), 309-316.
 Alvarado-Flores, J., & Ávalos-Rodríguez, L. (2013). Materiales para ánodos, cátodos y electrolitos utilizados en celdas de combustible de óxido sólido (SOFC). Revista Mexicana de Física, 59(1), 66-87.

A. Y. Rivera Iracheta¹, C. Martínez Maldonado¹, J. C. H. Martínez García¹, E. B. Lechuga Martínez¹, D. Rodríguez Cervantes². ¹Instituto tecnológico de Linares, Carretera Nacional Km. 157, Linares, Nuevo León, México, C.P. 67700. ²Facultad de Arquitectura (FARQ), Pedro de Alba S/N, San Nicolás de los Garza, NL, CP 66451. Email: aldoyahirrivera@gmail.com, dnicell@outlook.com, juanmtr03@protonmail.com, cesarmtrm.16@gmail.com, haldemarlechuga71@gmail.com.

Fundamentación:

Según el Gobierno de México, de los 75,000 amputados en el país, sólo el 10% cuenta con una prótesis, y de ellos, el 7% no sabe utilizarla correctamente (INEGI, 2015).

Se ha dado la tarea de comenzar con el desarrollo del prototipo ProteX el cual es un programa que tiene la capacidad de analizar los datos proporcionados por el usuario y en base a esto calcular algunos parámetros de las características de la prótesis, y por ende evaluar el tipo de material adecuado para el usuario.

Objetivo:

Diseñar prótesis personalizadas que optimicen confort y funcionalidad para cada usuario.

Usuarios o grupos beneficiados:

Este estudio está dedicado a individuos que enfrentan la pérdida de extremidades inferiores, ya sea por trauma, enfermedad o condiciones congénitas.

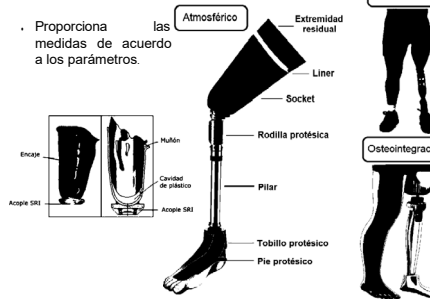
Su enfoque se centra en ofrecer soluciones personalizadas y avanzadas que no solo restauran la funcionalidad física, sino que también mejoran significativamente la calidad de vida de cada usuario.

Los beneficiarios incluyen personas de todas las edades y contextos socioeconómicos, quienes se enfrentan a desafíos diarios debido a la falta de movilidad y autonomía. A través de nuestro programa, busca proporcionar prótesis que no solo sean cómodas y funcionales, sino también estéticamente agradables y adaptadas a las necesidades individuales.

Además de proveer una ayuda al diseñador para un proceso de prototipo más rápido en base a las medidas y materiales deseados.

Análisis de Función:

- Da resultados como el material adecuado para el usuario según a la exigencia de sus actividades.
- Proporciona las medidas de acuerdo a los parámetros.



Recomendación de prótesis basada en las respuestas:
 Longitud del Socket: 22.0
 Diámetro del Socket: 16.549304651466295
 Longitud del Tube: 61.0
 Diámetro del Tube: 1.54685542671068
 Material recomendado: Carbono o Titanio

Recomendación de Prótesis

Recomendación de Prótesis:
 Nombre: ALDO INHIR RIVERA IRACHETA
 Edad: 20
 Sexo: M
 Peso: 70 kg
 Altura: 168 cm
 Diagnóstico: BUENA CICATRIZACIÓN Y BAJA SENSIBILIDAD
 Fecha de Amputación: 12-12-2012
 Historial Médico: DIABÉTICO HIPERTENSO
 Nivel de Actividad: activo

Especificaciones de la prótesis:
 Uso previsto: cotidiano activo
 Tipo de prótesis: inferior
 Nivel de amputación: transtibial
 Labo afectado: derecho
 Sensibilidad del muñón: baja
 Requisitos de ajuste: LINER GENERICO
 Tolerancia al peso: medio alta

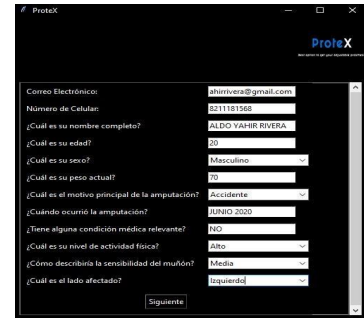
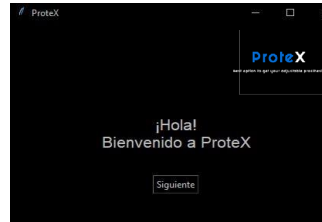
Medidas y antropométricas:
 Longitud del muñón: 25 cm
 Circunferencia del muñón: 38 cm
 Longitud del miembro sano: 28 cm
 Circunferencia del miembro sano: 39 cm

Feedback del paciente:
 Comentarios: BUSCA ERGONOMIA
 Evaluaciones clínicas: NINGUNA

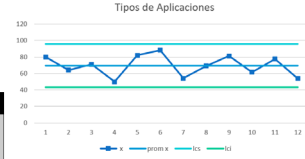
Recomendamos una prótesis resistente al agua para mayor durabilidad en ambientes húmedos.

Recomendamos una prótesis personalizada que se ajuste a sus necesidades específicas y proporcione la máxima comodidad y funcionalidad.

Interfaz:



Análisis de Metodología y referencia:



Se probaron 12 diferentes aplicaciones, de las cuales se hicieron 3 pruebas en cada una de ellas, se les asignó una calificación y se calculó el promedio. En base a estos datos graficados concluimos que la mejor app para escanear en 3D es Agisoft Metashape Professional con una calificación de 88.13.

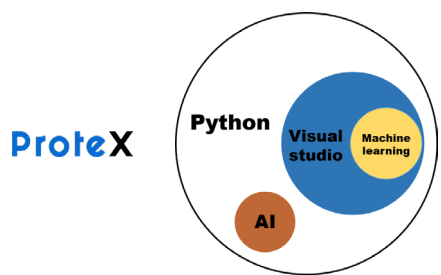
Dando como resultado el enfoque en la parte inferior del cuerpo.



Aspectos técnicos:

MATERIALES SEGÚN ACTIVIDAD.

Cotidiano	Deportivo	Laboral
-Silicona	-Plantillas de carbono	-Acero inoxidable
-Plástico	-Titanio	-Rellenos de materiales de elástico
	-Aluminio	

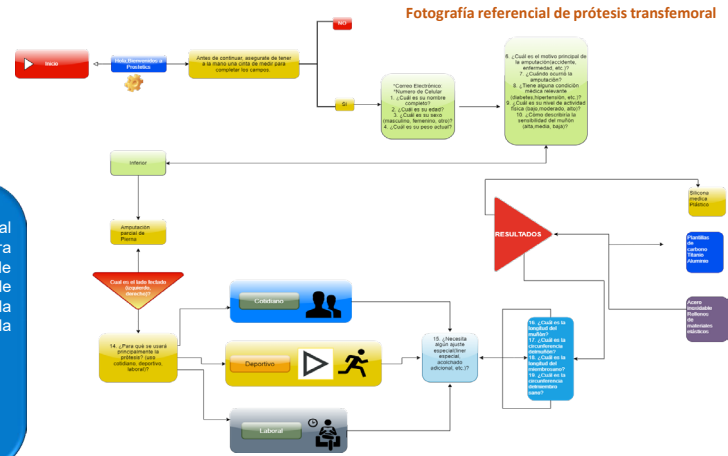


Conclusiones:

El lenguaje Python facilitó la compatibilidad con Visual Studio lo cual permite la creación de la interfaz de un programa diseñado para utilizar algoritmos para el análisis y la agrupación de conjuntos de datos para su almacenamiento en bases de datos para un modelo de machine learning. Este proceso facilita el entrenamiento basado en la experiencia y los datos, identificando patrones que posibilitan la predicción de resultados y otras tareas.

ProteX

Por lo pronto, es un programa beta con una interfaz sencilla para complementar modelos de estudio y prototipo de versiones futuras.





Caracterización bioquímica de la planta *Salicornia bigelovii* (Torr.) como propuesta de alimento nutritivo y sostenible

Betzabe Ebenhezer López-Corona*, José Agustín Tapia-Hernández, Yael Isbeth Cornejo-Ramírez, Ramón Francisco Dórame-Miranda, Guadalupe Amanda López-Ahumada, Ariadna Thalía Bernal-Mercado. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA), Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales, S/N, Colonia Centro, 83000, Hermosillo, Sonora, México. betzabe.lopez@unison.mx; joseagustin.tapia@unison.mx; yael.cornejo@unison.mx; ramon.dorame@unison.mx; amanda.lopez@unison.mx; thalia.bernal@unison.mx

Edgar Omar Rueda-Puente, Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales, S/N, Colonia Centro, 83000, Hermosillo, Sonora, México. edgar.rueda@unison.mx

I. Introducción

Actualmente, se busca el desarrollo de alimentos con alto potencial nutritivo, cuyo cultivo sea amigable con el medio ambiente. El esparrago de mar (*Salicornia bigelovii*) es una planta poco conocida en México, su aprovechamiento generaría un gran impacto social, económico y ambiental no solo en México, sino a nivel mundial al aprovechar más de 3,600 millones de hectáreas desérticas en el mundo.

Salicornia bigelovii es una planta halófila facultativa de gran importancia agroalimentaria, incluso, en países como Francia e Inglaterra se incluye en la cultura gastronómica, sin embargo, en México es poco conocida y su consumo como alimento es nulo, a pesar de que se ha reportado un alto contenido en nutrientes, fibra y aminoácidos esenciales que pueden ser aprovechados en la alimentación y combatir con ello, el problema de inseguridad alimentaria. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la composición bioquímica de la *S. bigelovii*, para evidenciar su potencial aprovechamiento como alimento nutritivo y sostenible.

II. Materiales y métodos

Plantas de *S. bigelovii* en etapa de floración, fueron colectadas de un área natural ubicada en la Latitud 28° 40' 35.24" N, Longitud 111° 55' 44.21" O, a una altura entre 2 y 10 m.s.n.m., en Bahía de Kino, Sonora, México.

Se realizó un análisis proximal, donde se seleccionaron cinco plantas al azar y se tomaron por separado la raíz, el tallo, fracción aérea y semilla; a estas regiones vegetales se les midieron: Proteínas, carbohidratos, cenizas y lípidos totales. Finalmente, se evaluó el perfil de ácidos grasos en semilla.

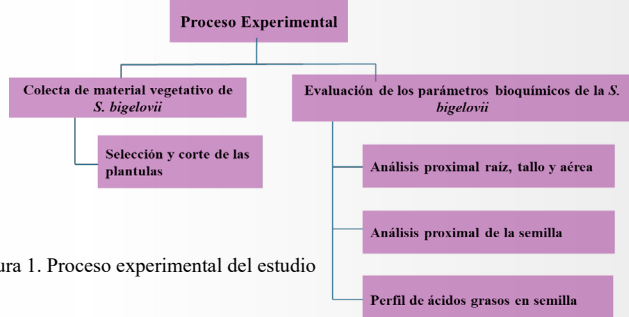


Figura 1. Proceso experimental del estudio

Ácidos grasos (%)				
Palmitico	Estéarico	Oleico	Linoleico	Linolénico
9.56	0.21	11.08	72.01	2.54

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos en semilla de *S. bigelovii*.

III. Resultados y Discusiones

Los resultados evidenciaron el alto contenido de cenizas en el tallo y fracción aérea, indicando que en las halófitas el incremento de componentes celulares, está estrechamente relacionado con el proceso de osmorregulación. La raíz presentó el mayor contenido de lípidos (53.2%), lo cual demuestra la excelente adaptación de la *Salicornia* a la salinidad, la cual afecta directamente el metabolismo de lípidos en las plantas. Estudios previos [1, 2], indican que en halófitas es necesario que un sistema contiguo sea más concentrado del otro. Es decir, para que el agua viaje de la raíz hasta el ápice se requiere que las partes aéreas estén más concentradas en solutos que la raíz de la planta; ocasionalmente las altas cantidades de solutos en las halófitas son carbohidratos y proteínas que actúan como osmoprotectores y reguladores, lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en el estudio donde se pueden apreciar valores altos en la parte aérea en comparación de tallo y raíz.

En la fracción aérea se observó un alto contenido de proteínas y carbohidratos (9.10% y 46.25% respectivamente), mientras que la semilla presentó el mayor contenido de proteína de todas las regiones vegetativas analizadas (24.5%) lo que concuerda con reportes previos [3, 4, 5], que señalan que la *S. bigelovii* es una halófila rica en macronutrientes que pueden ser aprovechados para la alimentación humana y animal, e incluso gracias al alto contenido de carbohidratos como la hemicelulosa y celulosa [3, 5], puede ser propuesta como una fuente importante en la industria de los biocombustibles para la producción de bioetanol.

Finalmente se estudió el perfil de ácidos grasos en la semilla de la planta encontrándose un mayor contenido de ácido linoleico (72%), seguido de oleico (11.08%), palmítico (9.56%), linolénico (2.54%) y esteárico (0.21%). Esto concuerda con lo reportado por [6, 7, 8], donde se señala un contenido de ácidos grasos saturados e insaturados de 15.8% y 83.9% respectivamente siendo predominante el ácido linoleico y el oleico con valores de 69.5 -75% y 12 -14.5% respectivamente.



Figura 2. Etapa de floración de *S. bigelovii* en Bahía de Kino, Sonora, México.

Región	Raíz				Tallo				Fracción aérea				Semilla		
	Pro	Cen	Líp	CHO	Pro	Cen	Líp	CHO	Pro	Cen	Líp	CHO	Pro	Cen	Líp
Variables (%)															
Contenido	6.11a	32.45a	53.2a	30.97a	7.40a	40.12b	16.24b	39.87a	9.10a	58.62c	23.96c	46.25b	24.5b	19.1d	56.0a

Tabla 2. Análisis proximal de plantas de *S. bigelovii* en etapa de floración. Pro = Proteínas, Cen = Cenizas, Lip = Lípidos, CHO = Carbohidratos. Letras diferentes indican diferencias significativas (P > 0.05) de las variables entre regiones.

IV. Conclusiones

La planta *S. bigelovii*, debido a sus requerimientos agronómicos y características bioquímicas tiene el potencial de convertirse en un cultivo importante a nivel comercial para la producción de diversos productos como alimento, aceite crudo vegetal, forraje, biocombustibles, e incluso como ingrediente para productos farmacéuticos y cosméticos.

V. Referencias

- [1] Imarnul Huq, S., & Larher, F. (1983). Osmoregulation in higher plants: effects of NaCl salinity on non-mutated *Phaseolus aureus* L. growth and mineral content. *New Phytologist*, 83(2), 203-208. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1983.tb03424.x>
- [2] Imarnul Huq, S., & Larher, F. (1984). Osmoregulation in higher plants: effects of maintaining a constant Na:Ca ratio on the growth, ion balance and organic solute status of NaCl stressed cowpea (*Vigna sinensis* L.). *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 113(2), 163-176. [3]
- [3] Bañuelos, J. A., Velázquez, I., Guerra, M., & Arjona, N. (2018). Production, characterization and evaluation of the energetic capability of bioethanol from *Salicornia bigelovii* as a renewable energy source. *Renewable Energy*, 123, 125-134. [4]
- [4] Slama, I., Abdelly, C., Bouchereau, A., Flowers, T., & Savouré, A. (2015). Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. *Annals of Botany*, 115(3), 433-447. [5]
- [5] Czubalska, I., Chaturvedi, T., Brudecki, G. P., Kádár, Z., Meyer, A. S., Baldwin, R. M., & Thomsen, H. (2014). Chemical characterization and hydrothermal pretreatment of *Salicornia bigelovii* straw for enhanced enzymatic hydrolysis and bioethanol potential. *Bioresource Technology*, 153, 165-172. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.11.071>
- [6] Beltrán Burboa C., Arce M., Bianciotto O., Ahumada G., Bianciotto O., López G., Vargas J., Hernández L., Reyes J., Nieto A., Ruiz F., Ayala F., Cisneros R., Wong F., Borboa J., Rueda E. (2017). *Salicornia bigelovii* (Torr.): Un sistema modelo para incorporarse como cultivo agrícola en zonas árido-desérticas. *Biotecnia*, 19, 46-50. <https://doi.org/10.15389/biotecnia.19.017>
- [7] Gunstone, F. D., Harwood, J. L., & Dijkstra, A. J. (2007). *The lipid handbook with CD-ROM* (3rd ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press. [8]
- [8] Anwar, F., Shanger, M. I., Nasir, M. K. A., & Ismail, S. (2002). Analytical characterization of *Salicornia bigelovii* seed oil cultivated in Pakistan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(15), 4210-4214. <https://doi.org/10.1021/jf011413z>



2.º CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL de DESARROLLO SUSTENTABLE y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

“Diseño de un sistema de seguimiento y monitoreo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en una Institución de Educación Superior”

Alex Fernando López Rodríguez^{1*}, Ericka Maldonado Pesina¹, María Guadalupe Martínez Dueñas¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Linares, Linares, México.

Correo electrónico: aflopez@itlinares.edu.mx*



Introducción

Desde la entrada en vigor de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en 2016, los países de la región comenzaron un proceso de priorización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de definición de indicadores, armonización de sus instrumentos nacionales de planificación con la agenda 2030 y creación de una arquitectura institucional para su implementación y seguimiento.

Para dar seguimiento al progreso en el cumplimiento de los ODS y sus 169 metas, se definieron 232 indicadores globales, los cuales se han ido adaptando al contexto regional y nacional, de acuerdo con las capacidades, necesidades y prioridades de cada país. Las universidades están empezando a apoyar y dar la bienvenida a las ODS, sin embargo, dada la envergadura del reto para lograr el cumplimiento de los 17 ODS y el papel crítico que la universidad tiene en ello, existe una necesidad urgente en acelerar las acciones desde el ámbito universitario; por tal motivo se diseñó y desarrolló un sistema de seguimiento y monitoreo de los indicadores ODS en una institución de educación superior; el cual facilita la gestión de los ODS-2030 en el marco de referencia del Modelo Hoshin Kanri, como enfoque integrador de la ejecución del Plan Estratégico de los ODS.



Método

Dicho sistema fue diseñado según la guía para las universidades, los centros de educación superior y el sector, escrito por SDSN Australia/Pacific and ACTS (2017) para comenzar y profundizar su compromiso con los ODS.

El sistema fue desarrollado mediante la metodología Vista Controlador con una plantilla AdminLTE, usando tecnología PHP, HTML, CSS, JAVASCRIPT, MYSQL, APACHE Y AJAX. Una vez que se cargue la información en éste sistema (diseñado con módulos clasificados por cada uno de los objetivos de desarrollo sostenibles de la ONU) los resultados podrán ser observados en gráficas de acuerdo a la función, en el apartado de escritorio y también mostrará los resultados del Instituto Tecnológico de Linares con respecto a su aportación a las ODS. Una vez terminado el sistema estará hospedado en un servidor en la nube para ser alimentado en cualquier momento y en cualquier lugar sin ningún problema.



Resultados



Fig. 1 En esta imagen se muestra el acceso principal al sistema.



Sistema ODS Alex Fdo. López

Escritorio

Acceso

Usuarios

Permisos

Periodos

Funciones

Ayuda

Acerca De...

Usuario + Agregar

Copy Excel CSV PDF Mostrar: 5 registros Buscar:

Opciones	Nombre	Login	Foto	Estado
	Ericka Maldonado Pesina	admin		Activado
	Alex Fdo. López	alex		Activado

Opciones Nombre Login Foto Estado

Mostrando 1 a 2 de 2 registros Anterior 1 Siguiente

Copyright © 2023 MGTI. Alex Fernando López Rodríguez. All rights reserved. Versión 1.0.0

Fig. 2 En esta imagen se muestra los usuarios que tendrán acceso al sistema quienes de acuerdo al perfil podrán acceder a los módulos correspondientes .



Sistema ODS Alex Fdo. López

Escritorio

Acceso

Periodos

Funciones

Preguntas

Investigación

Educación

Gestión y Gobernanza

Liderazgo Social

Ayuda

Acerca De...

Preguntas + Agregar

Copy Excel CSV PDF Mostrar: 5 registros Buscar:

Opciones	Función	Pregunta	Fecha/Hora	Estado
	Investigación	1. ¿Cuentan con líneas de investigación que atiendan la Agenda 2030 y los ODS?	2024-09-04 / 11:25:35	Activado
	Investigación	¿Cuentan con grupos de investigación inter o multidisciplinarios o cuerpos académicos que atiendan la Agenda 2030 y los ODS?	2024-08-22 / 15:41:38	Activado
	Investigación	¿Cuentan con publicaciones e investigaciones que atiendan la Agenda 2030 y los ODS?	2024-08-22 / 15:42:15	Activado
	Investigación	¿Exhiben los proyectos y las investigaciones, sobre todo los relacionados con la Agenda 2030 y los ODS?	2024-08-22 / 15:42:25	Activado
	Investigación	¿Alientan y apoyan a los investigadores para que participen en los esfuerzos de la comunidad investigadora mundial para apoyar los ODS?	2024-08-22 / 15:42:36	Activado

Opciones Función Pregunta Fecha/Hora Estado

Mostrando 1 a 5 de 60 registros Anterior 1 2 3 4 5 ... 12 Siguiente

Fig. 3 En esta imagen se muestran las preguntas registradas en el sistema, las cuales atienden por completo cada uno de los 17 ODS.



Resultados

El resultado obtenido fue un sistema de seguimiento y monitoreo de los indicadores ODS en una institución de educación superior; el cual facilita la gestión de los ODS-2030 en el marco de referencia del Modelo Hoshin Kanri, como enfoque integrador de la ejecución del Plan Estratégico de los ODS que permite apropiarse de la Agenda 2030; conocer e identificar lo que se está realizando; identificar prioridades, oportunidades y debilidades y monitorear, evaluar y comunicar cada una de las acciones institucionales con respecto a los ODS.



Conclusiones

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) **deben lograrse para el año 2030** si deseamos un mejor futuro para la humanidad. Para alcanzar estos objetivos, la educación es fundamental en la formación de ciudadanos comprometidos, que conozcan su entorno y tomen decisiones en beneficio de una comunidad sostenible. Actualmente, 13 países de la región cuentan con plataformas nacionales de seguimiento a los avances en el cumplimiento de las metas de los ODS. Estas plataformas son diseñadas y creadas para entregar información sobre la Agenda 2030 y pueden estar a cargo de la institucionalidad creada por el proceso, o bien, puede ser parte de los sitios oficiales de las Oficinas Nacionales de Estadística (ONE).

Por ende se propone se trabaje con este sistema a nivel nacional, donde cada uno de los campus que conforman el Tecnológico Nacional de México utilicen este sistema para monitorear, evaluar y comunicar cada una de las acciones institucionales con respecto a los ODS que realizan.



GOBIERNO DE
MÉXICO

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



ITL
INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE LINARES



2.º CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL de DESARROLLO SUSTENTABLE y ENERGÍAS ALTERNATIVAS



GOBIERNO DE
MÉXICO

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



ITL
INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE LINARES



2.º CONGRESO VIRTUAL INTERNACIONAL
de DESARROLLO SUSTENTABLE y
ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Título de la Ponencia

Huerto en casa: Mejora tú Salud Ayudando al Planeta

Autores:

Juana María Escobedo Salazar^{1*}, María Guadalupe Martínez Dueñas¹, Reyna Leticia Ortiz Aguirre¹, Hipólito Cano Ruiz¹

Instituto Tecnológico de Linares ¹



Introducción

En el 2010 las Naciones Unidas establecen los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de la agenda 2030; los cuales son un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, hambre cero, salud y bienestar y producción y consumo responsables. El ODS 2 busca terminar con todas las formas de hambre y desnutrición y velar por el acceso de todas las personas, en especial los niños, a una alimentación suficiente y nutritiva todo el año, es necesario promover prácticas agrícolas sostenibles creando huertos familiares.



Metodología

Se aplicó una metodología que incluyó las fases de: planificación del huerto, preparación del suelo, elaboración de composta, selección de cultivos (priorizando los de mayor valor nutritivo y facilidad de adaptación al entorno), siembra, riego, mantenimiento, y procesos de cosecha y post-cosecha. Se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos a través de encuestas y entrevistas a 10 familias Linarenses con las cuales se trabajó durante un semestre.

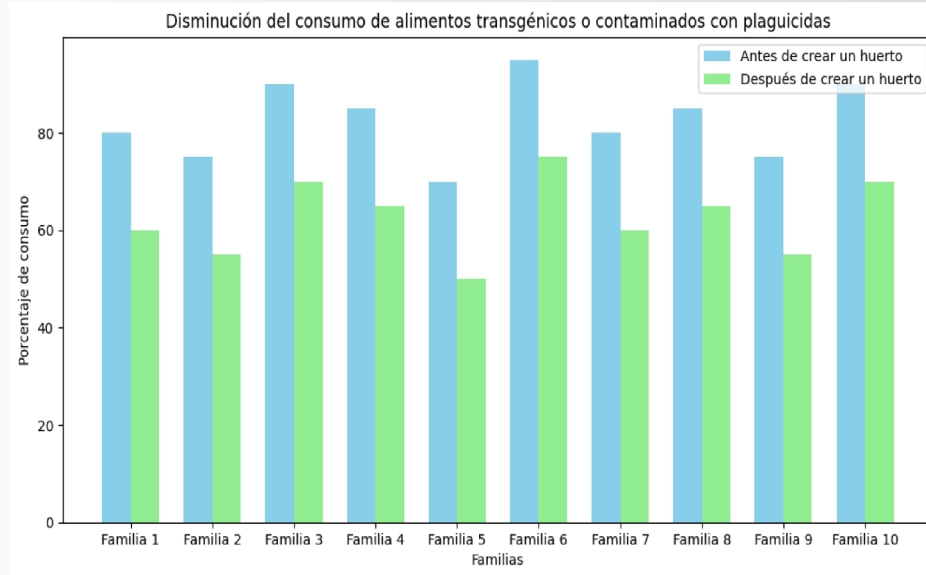


La incorporación de huertos en las Universidades es útil desde la perspectiva de la Educación para la Sostenibilidad, puesto que facilitará: abordar tres de los cuatro contenidos de aprendizaje considerados más urgentes por la UNESCO que es el cambio climático, la biodiversidad, producción y consumo sostenible; poner en práctica los tres tipos de aprendizaje considerados más adecuados, los cuales son el aprendizaje participativo y colaborativo, el aprendizaje basado en problemas y el que adopta un enfoque crítico; desarrollar las competencias generales en educación para la sostenibilidad como son el análisis crítico, reflexión sistémica, toma de decisión colaborativa, y sentido de la responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras.



Resultados y conclusiones

A través de los huertos, se disminuyó el consumo de alimentos transgénicos o contaminados con plaguicidas, dañinos para el consumidor, para los agricultores, para los animales y para el medio ambiente. Gracias a la agricultura orgánica, se producen alimentos de máxima calidad, aportando mayores nutrimentos, pero sobre todo, los productos químicos no existe en los alimentos que son cosechados de estos huertos que se crearon con éxito.



Los huertos familiares son un espacio de la mujer por costumbre, se encargan del manejo y cuidado del huerto, ya que solo el 20% de los informantes claves eran hombres. En la mayoría de los casos son las mujeres quienes trabajan para asegurar la base alimentaria del hogar, sembrando una diversidad de hortalizas, logrando producir y generar excedentes en una superficie reducida, con pocos insumos y asistencia técnica. Se observó que la mayoría de las actividades que se realizan dentro del huerto son las mujeres las responsables, el 80% de las entrevistadas señalan que consultan a su pareja el tipo de especies a sembrar, pero la responsabilidad de llevar a cabo la actividad recae en ellas, así como el riego, abonado y cosecha.



Es importante señalar que el manejo del huerto familiar en Linares se vincula desde un enfoque de la vida, en donde la vivienda y los huertos se configuran en un ambiente de identidad propia. Por lo que los huertos yacen en una cosmovisión diferente a la del pensamiento convencional, dado que no se trata de producir solamente con fines económicos si no de la relación que establecen naturaleza y ser humano.



Los huerto familiares en Linares se caracterizan por producir principalmente hortalizas para autoconsumo. La alta diversidad de especies que se desarrollan en el espacio y tiempo garantiza a las familias una diversidad de productos varios meses al año, jugando un papel de amortiguamiento en tiempo de escasez. En este tenor, la sostenibilidad es importante en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales (SAGARPA, 2010).



Gracias a la creación del huerto las familias lograron tener una mejor convivencia en los procesos de cuidado, así como el hecho de que aprendieron a reutilizar materiales que utilizaron para sembrar algunas semillas y una vez que se obtuvieron los frutos de la cosecha se tuvieron menos gastos económicos generados por la obtención de alimentos, pues en el huerto se consiguieron algunos alimentos básicos; sin duda alguna algo que es de suma importancia es el poder lograr dar un respiro a nuestro planeta al generar áreas verdes y un respiro a la vida de los involucrados al tener un lugar en donde pueda liberar el estrés generado por la rutina y la preocupación de en ocasiones no tener dinero suficiente para adquirir alimentos beneficiosos para la salud.

“El desarrollo sostenible es el único camino hacia un futuro próspero y equitativo”.

James Lovelock



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO.



INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE LINARES



Red Nacional de
Monitoreo
y Recolección de
datos