

La **Ciencia** aplicada **en Chiapas**

*Estudio dancístico del Parachico:
aportes de la corporalidad danzada de*

Chiapa de Corzo, Chiapas

Pág. 20



MENSAJE DEL DIRECTOR

La Ciencia Aplicada en Chiapas continúa consolidándose como un invaluable instrumento de divulgación científica y tecnológica, así como un valioso catalizador en la vinculación entre la comunidad científica y académica y ustedes, apreciados lectores.

Haciendo honor a su nombre y bajo una estricta selección de contenidos, aportados por destacados y talentosos colaboradores, nuestra revista contiene artículos, ensayos y reseñas con temáticas diversas que van desde lo científico y tecnológico hasta lo humanista. Así podemos hallar propuestas como la ciencia y el arte como una alternativa para la enseñanza en el nivel superior, el estudio dancístico del parachico, aspectos de fitorremediación para resarcir daños ambientales por actividades humanas o el cerrar la brecha digital en nuestra entidad.

A ese respecto, precisamente nuestro gobernador, Rutilio Escandón Cadenas, ha sido enfático en diseñar, instruir e implementar estrategias y recursos destinados a la educación y, de manera específica, a la ciencia y la tecnología para beneficios aplicables, más allá de la teoría, de manera pragmática en la resolución de problemáticas, principalmente a aquellas que aquejan a los más vulnerables.

Con este número 11 de La Ciencia Aplicada en Chiapas seguimos haciendo camino con cada nueva edición y estamos decididos a seguir destinando nuestros esfuerzos en proyectar estas muestras del trabajo de nuestros hombres y mujeres de ciencia y amalgamar sus trascendentes aportes con ustedes, nuestros idóneos destinatarios.

Helmer Ferras Coutiño
Director General

DIRECTORIO

RUTILIO ESCANDÓN CADENAS
Gobernador Constitucional del Estado de Chiapas

HELMER FERRAS COUTIÑO
Director General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación de Estado de Chiapas

BRENDA JIMÉNEZ GORDILLO
Director de Fortalecimiento Científico y Tecnológico

SOCORRO TREJO TRUJILLO
Directora de Difusión y Divulgación de la Ciencia y Tecnología

DIANA LAURA PALOMEQUE CRUZ
Directora del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología y Planetario Tuxtla

LUIS ALBERTO AGUILAR ESPINOSA
Director de Infraestructura Tecnológica y Comunicaciones

ERICK AUGUSTO ARCHILA MORENO
Director de Innovación y Desarrollo Tecnológico

ALBERTO BURGUETE FAVIEL
Director de Normatividad Tecnológica

MARTÍN BERLAÍN GONZÁLEZ ALVARADO
Jefe de la Unidad de Apoyo Administrativo

HÉCTOR GILDARDO AGUILAR VILLALBA
Jefe de la Unidad de Apoyo Jurídico

HERMINIO RIYAN MORENO HILERIO
Jefe de la Unidad de Planeación

SOCORRO TREJO TRUJILLO
Directora de Difusión y Divulgación de la Ciencia y Tecnología

SANDY KARINA MORALES PRATS
Asistencia Editorial

MARÍA FERNANDA SERRANO AVENDAÑO
Recepción, revisión y corrección de textos

SALVADOR OJEDA ALEGRÍA
ÓSCAR ALBERTO ÁLVAREZ CAMACHO
ALEXANDRA RUIZ MÁRQUEZ
Diseño editorial y maquetación

ÍNDICE

04

Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra
Silicio poroso como medio de infiltración de óxidos semiconductores
Cristian Mitchel Pérez López, Heber Vilchis Bravo y Francisco S. Ramírez González

10

Biología y Química
Conjugando la ciencia y el arte en la universidad, una estrategia divertida para la enseñanza de la microbiología
Javier Gutiérrez Jiménez y María Adelina Schlie Guzmán

12

Ciencias de la Conducta y la Educación
Nuevas alternativas: las TIC, sociedad de la información y sociedad del conocimiento como emergencia social y educativa
Aldo Alpuche Alvarez

16

Reflexiones sobre el uso de las TIC para el acompañamiento tutorial
Alma Janet Reyes Zepeda

20

Humanidades
Estudio dancístico del Parachico: aportes de la corporalidad danzada de Chiapa de Corzo, Chiapas (parte 1)
Rita del Carmen Cifuentes González

29

Ciencias Sociales
Reflexiones sobre las fronteras socioambientales en San Cristóbal de las Casas, Chiapas
Esmeralda Pliego Alvarado

34

Desafíos y esfuerzos para cerrar la brecha digital en Chiapas, México: acciones del Gobierno de Chiapas
Sheyla Karina Flores Guirao y José Armando Fragoso Mandujano

39

Ciencias de la Agricultura, Agropecuarias, Forestales y de Ecosistemas
El largo y sinuoso camino para llegar a liberar un enemigo natural de alta calidad
Jorge Cancino y Amanda Ayala

44

Fitorremediación: una alternativa amigable con el medio ambiente para la remoción de hidrocarburos
Valentín Pérez Hernández, Isidro Pérez Hernández y Mario Hernández Guzmán

48

Mi enemigo, mi amigo: salud forestal y manejo de descortezadores de pino en Chiapas
Alicia Niño Domínguez y Jorge Enrique Macías Sámano

52

Ingenierías y Desarrollo Tecnológico
Metodología para dimensionado de generadores eléctricos de flujo axial de imanes permanentes para aerogeneradores de baja potencia
Jesús Antonio Enríquez Santiago, Antonio Verde Añorve, Orlando Lastres Danguillecourt, Javier Alonso Ramírez Torres y Roberto Adrián González Domínguez

58

Estrategia de control activo para aerogeneradores de baja potencia
Roberto Adrián González Domínguez, Orlando Lastres Danguillecourt, Antonio Verde Añorve, Javier Alonso Ramírez Torres, Jesús Antonio Enríquez Santiago y Emmanuel Garmendia Figueroa

Silicio poroso como medio de infiltración de óxidos semiconductores

Cristian Mitchel Pérez López, Heber Vilchis Bravo y Francisco S. Ramírez González
Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Resumen

Se presenta la fabricación de silicio poroso infiltrado con óxidos semiconductores para conjuntar las propiedades fisicoquímicas que ambos materiales ofrecen por separado. El silicio poroso tiene alta sensibilidad química y de adsorción; dado a su gran superficie interna, aplicable en capacitores, dispensadores de medicamentos y sensores. Por otro lado, los óxidos semiconductores son materiales aplicados en el desarrollo y mejoramiento de diversos dispositivos electrónicos y ópticos. En este trabajo, la infiltración de los óxidos se realiza durante el proceso de fabricación del silicio poroso empleando un electrolito compuesto de ácido fluorhídrico y etanol, al que se agrega el material a infiltrar. Con este método hemos logrado la infiltración de óxido de grafeno y óxido de zinc, acorde con el resultado de las caracterizaciones realizadas. El objetivo a mediano plazo es la aplicación de las heteroestructuras en el desarrollo de dispositivos semiconductores, como sensores, supercapacitores y ánodos para baterías. Se trata de una investigación de ciencia básica que se realiza en el Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables de la Universidad de

Ciencias y Artes de Chiapas, lo que abre una línea de investigación en el área de desarrollo de materiales semiconductores y su aplicación en dispositivos semiconductores en el Estado de Chiapas.

Palabras clave: Silicio poroso, infiltración, óxido de grafeno, óxido de galio, óxido de zinc.

Abstract

Porous silicon infiltrated with semiconductor oxides is presented to combine the physicochemical properties that both materials offer separately. Porous silicon has high chemical and adsorption sensitivity; given its large internal surface area, applicable in capacitors, medication dispensers and sensors. On the other hand, semiconductor oxides are materials applied in

the development and improvement of various electronic and optical devices. In this work, the infiltration of the oxides is carried out during the fabrication process of porous silicon using an electrolyte composed of hydrofluoric acid and ethanol, to which the material to be infiltrated is added. With this method, the infiltration of graphene oxide and zinc oxide have achieved, according to the results of the characterizations. The medium-term objective is the application of heterostructures in the development of semiconductor devices, such as sensors, supercapacitors, and anodes for batteries. This is basic science research carried out at the Institute for Research and Innovation in Renewable Energy of the University of Sciences and Arts of Chiapas, which opens a line of research in the development of semiconductor materials and their application in semiconductor devices in the State of Chiapas.

Introducción

En el Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables (IIER) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, fabricamos y estudiamos silicio poroso (SP) y su infiltración con óxidos semiconductores con la finalidad de conjuntar las propiedades físico-químicas que ambos materiales ofrecen por separado, primero en su etapa de ciencia básica, para después aplicar los materiales en dispositivos de almacenamiento y generación de energía, detección de gases, tratamiento de aguas y como medio de almacenamiento, protección y disipación de materiales orgánicos y bactericidas. Nuestras investigaciones han contribuido al IIER en la generación de una nueva línea de investigación, lo que permite la formación de capital humano mediante el desarrollo de temas de tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado.

Se atribuye a Arthur Ulhir el primer reporte de la obtención de silicio poroso (SP) en los años 50 mientras trabajaba para Bell Labs, los experimentos de Ulhir estaban enfocados en el desarrollo de procesos para el maquinado de silicio utilizando métodos electroquímicos. Al inicio, no se dio demasiada importancia al resultado en el que se obtuvo SP, simplemente se realizó un informe

interno del experimento en el que se reportaba una coloración marrón-negra sobre la superficie de las muestras de silicio sometidas al proceso electroquímico, la coloración fue atribuida a una precipitación de las especies de disolución en el electrolito (Ulhir, 1956).

Posteriormente, en la década de los 90, el investigador Leigh Canham reportó la fotoemisión del SP en el espectro visible a temperatura ambiente (Canham, 1990), despertando el interés de la comunidad en el estudio del material, particularmente en el desarrollar nuevos dispositivos electrónicos o mejorar los existentes en los que se aprovechará la respuesta óptica del SP y la tecnología basada en Si. El SP se fabrica empleando una fuente de silicio, pudiendo ser de amorfo, monocristalino, policristalino o cristalino (c-Si). La fabricación emplea técnicas de ataque electroquímico, usualmente soluciones fluoradas (Canham, 1990; O'Halloran et al., 1996), lo que resulta en la obtención de un material nanoestructurado compuesto de filamentos de c-Si, que superficialmente y en conjunto presentan propiedades diferentes a las del material original (Amato et al., 1997). Algunas de las características más relevantes son: fotoluminiscencia a temperatura ambiente sintonizable entre amarillo-anaranjado y rojo, una gran superficie específica (> 500 m²) que le dota de gran reactividad química, biocompatibilidad, buen control de la porosidad y del espesor de la capa porosa, además de ser un proceso de producción simple y económico. Algunas de las aplicaciones potenciales y efectivas como: sensores de gas (Karthik et al., 2018),

Foto: Xalatlali

biosensores para diagnosis médica basados en las propiedades ópticas y de transporte (Maniya & Srivastava, 2020), cristales fotónicos (Mehaney et al., 2021), celdas solares (M. Chen et al., 2018), filtros (Afandi et al., 2021), microcavidades ópticas (Kushnir et al., 2020), redes de difracción (Ieshkin et al., 2018), biocápsulas (Mabrouk et al., 2019), implantes de hueso (Li et al., 2018), retinas sintéticas (Khrypko & Khrypko, 2017), reflectores de Bragg (Piya et al., 2019), entre otros.

Entre los parámetros que influyen en la morfología del SP, durante la fabricación, se incluye: la concentración del electrolito, el pH de la solución electrolítica, la composición química del electrolito, la densidad de corriente, el tipo de conductividad y la resistividad del Si, la orientación cristalográfica del Si, la temperatura del proceso, el tiempo de ataque y la iluminación durante el ataque. Dos características importantes de los materiales porosos son el porcentaje de porosidad y el espesor de la capa porosa. La porosidad es la cantidad de vacío al interior del material, mientras que el espesor de la capa porosa indica la profundidad del poro.

Por otro lado, los óxidos semiconductores son materiales que han ampliamente reportados para el desarrollo y mejoramiento de diversos dispositivos electrónicos y ópticos, en nuestro caso, trabajamos con óxido de grafeno (OG), óxido de galio (GaO) y óxido de zinc (ZnO). El OG ha ganado interés científico debido a la facilidad de síntesis, alta dispersión, capacidad de acoplar especies electroactivas en la superficie y propiedades electroópticas únicas (Hernaiz, 2020). Por su parte, el GaO es un óxido semiconductor que interesa a los investigadores debido a su ancho de banda prohibida (4,8 eV) y su alto campo crítico con un valor de 8 MV/cm, además de presentar diferentes propiedades estructurales, eléctricas y ópticas, con base a los métodos de síntesis (M. I. Chen et al., 2020). En cuanto al ZnO, se trata es un óxido semiconductor con un ancho de banda prohibida de 3.36 eV, con propiedades eléctricas y ópticas que lo colocan como un material de estudio para el desarrollo y mejoramiento de dispositivos semiconductores (Sharma et al., 2022); en particular, nuestro grupo de trabajo está interesado en sus propiedades piezoeléctricas del ZnO, las cuales se propone estudiar para su posible aplicación en la fabricación de dispositivos generadores de energía.

Desarrollo experimental

Fabricación de Silicio Poroso

En algunos de nuestros experimentos utilizamos muestras de silicio cristalino (c-Si) con conductividad tipo P y resistividad de 1-10 Ω cm para la fabricación de SP. El electrolito consiste en una mezcla de ácido fluorhídrico (HF) y etanol (EtOH) en proporción 1:1. El ataque electroquímico se realiza durante una hora en oscuridad a diferentes densidades de corriente constante. Se sabe que la densidad de corriente y la composición del electrolito influyen en el porcentaje de porosidad, mientras que el tiempo de ataque determina la profundidad de la capa porosa. Tanto el porcentaje de porosidad como el espesor de la capa porosa pueden ser estimados mediante gravimetría, y se realiza para cada experimento, solo se varía la densidad de corriente usada durante el ataque electroquímico.

La gravimetría consiste en medir la masa de la muestra de Si en 3 ocasiones; primero antes del ataque electroquímico, obteniendo así la masa m_1 ; posteriormente, la muestra se vuelve a medir después de la fabricación del SP, obteniendo así la masa m_2 ; finalmente se obtiene la masa m_3 una vez que se ha retirado la capa porosa (decapado). Para retirar la capa porosa suele emplearse una solución acuosa de hidróxido de potasio o hidróxido de Sodio KOH. El porcentaje de porosidad se calcula mediante la Ecuación 1.

$$(1) \quad P(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \times 100$$

Ecuación 1. El espesor de la capa porosa se determina haciendo uso de la Ecuación 2.

$$(2) \quad d = \frac{m_1 - m_3}{S \times \rho}$$

Ecuación 2. En la Ecuación 2, ρ es la densidad del silicio y S es el área expuesta al ataque electroquímico. El óptimo control de la fabricación y la reproducibilidad de los experimentos es posible cuando los factores que influyen en la morfología del SP son tomados en cuenta.

La infiltración de las muestras de SP han sido infiltradas con óxido de grafeno, óxido de galio y óxido de zinc utilizando un método ex situ y otro in situ. En el primer método, el óxido es depositado directamente sobre la superficie porosa de la muestra, después de haber sido atacada; mientras que, en el segundo método, el óxido es agregado durante el ataque electroquímico.

Óxidos semiconductores

Para llevar a cabo la infiltración de SP se prepararon tres óxidos semiconductores. Se inició con la síntesis química de óxido de grafeno (OG) siguiendo el método de Tour (Marcano et al., 2010). El método consiste en el ataque de una fuente de Carbono, en nuestro caso polvo de grafito, con una mezcla de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido fosfórico (H_3PO_4) en proporción 9:1. A la mezcla se añade el polvo de grafito y permanganato de potasio ($KMnO_4$) en proporción 1:6, en constante agitación. La temperatura de la reacción se controla entre 35-40 $^{\circ}C$ y se mezcla por 2 horas. Posteriormente se añade agua desionizada (DI) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en proporción 10:1 para detener el ataque. La reacción se deja reposar 12 horas a temperatura ambiente, para después decantar y centrifugar por 20 min. El siguiente paso es el lavado, consistente en una mezcla de ácido clorhídrico (HCL) y DI en proporción 10:1. El material obtenido se filtra y se deja secar durante 12 horas a temperatura ambiente.

Se preparó una solución coloidal con óxido de galio (GaO) dispersado en alcohol etílico. El GaO se obtuvo mediante conversión térmica de muestras de arseniuro de galio (GaAs) a 800 $^{\circ}C$ en ambiente de oxígeno por 4 horas. Las muestras de GaO se trituraron para obtener un polvo, que fue usado para preparar el coloide. Por otro lado, se preparó una solución, para ser usada como fuente de óxido de zinc (ZnO), utilizando acetato de zinc deshidratado $Zn(O_2CCH_3)_2$, como precursor, y alcohol etílico, como solvente, a concentración de 0.2 M. La solución se preparó en agitación a 60 $^{\circ}C$ durante 6 horas.

Las propiedades de las muestras de SP y los óxidos semiconductores fueron estudiadas utilizando diferentes caracterizaciones: la estructura se estudió mediante un difractómetro de Rayos-X marca Rigaku modelo ULTIMA IV junto con el Software PDXL para la identificación de las fases; la topografía superficial se obtuvo utilizando un Microscopio de Fuerza Atómica marca Park Systems, modelo EX7; la morfología y composición se determinaron mediante micrografías obtenidas por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y espectros de Energía Dispersiva de Rayos-X (EDS) medidos con un equipo JEOL JSM 6010LA acoplado a un analizador EDS.

Resultados

Parte de los resultados de la gravimetría se muestran en las gráficas de la Figura 1a y 1b. El ajuste polinomial de cada gráfica permite predecir el porcentaje de porosidad y el espesor de capa porosa que pueden obtenerse con una densidad de corriente (J) de entre 4 y 80 mA/cm 2 .

Debido a que nuestro grupo de trabajo está interesado en el desarrollo de SP infiltrado con óxidos semiconductores, se determinó, mediante una revisión bibliográfica, que el porcentaje de porosidad adecuado para lograr la infiltración debe ser mayor al 60 %. A partir de la gráfica de porcentaje de porosidad en función de la densidad de corriente, se calculó que la densidad de corriente para obtener un porcentaje de porosidad de ~ 75% es de 52 mA/cm 2 , en nuestro caso esta es la muestra de SP de referencia.

Las muestras de SP infiltradas con óxidos semiconductores se prepararon con la misma densidad de corriente y el mismo tiempo que la muestra patrón, variando solo el electrolito si la infiltración es in situ.

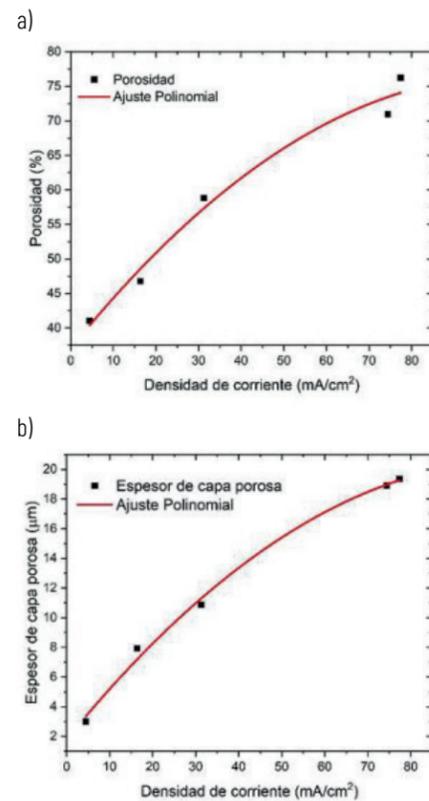


Figura 1. Resultados de la gravimetría. a) Porcentaje de porosidad en función de la densidad de corriente y b) espesor de la capa porosa en función de la densidad de corriente.

En la Figura 2 se presentan imágenes AFM de la topografía de una muestra de SP. Las imágenes AFM fueron obtenidas en modo no contacto (NCM). En las Figuras 2a y 2c se presenta la vista superficial de la topografía, el área de medición es 50 \times 50 μm y 10 \times 10 μm , respectivamente. Las imágenes de las Figuras 2b y 2d corresponden a la reconstrucción 3D de la topografía, con un área de medición de 50 \times 50 μm y 10 \times 10 μm , respectivamente. Se observa que los poros se forman aleatoriamente sobre la superficie; los poros son superficialmente alargados, con diámetros mayores ~ 3 μm . El diámetro de los poros supera los 50 nm, por lo que el material se clasifica como macroporoso, acorde con los criterios de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada IUPAC.

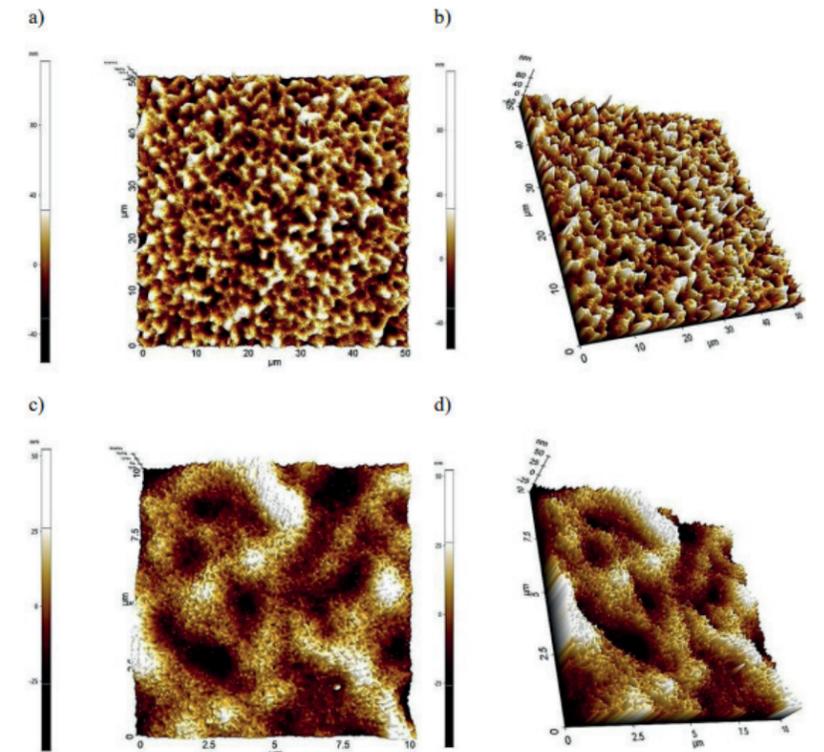


Figura 2. Imágenes AFM de una muestra de SP fabricada con una densidad de corriente de 52 mA/cm 2 . Con un área de medición de 50 \times 50 μm a) vista superficial de la topografía y b) reconstrucción 3D. Con un acercamiento a un área de medición de topografía 10 \times 10 μm c) vista superficial de la topografía y d) reconstrucción 3D.

En la Figura 3a se presenta una micrografía SEM obtenida perpendicular a la superficie de una muestra de SP preparada con OG, el cual, fue agregado al electrolito durante el ataque del c-Si; en la imagen, la capa porosa se observa separada del sustrato de c-Si por una línea brillante, situada alrededor del centro de la vertical. Las imágenes en la Figura 3b, 3c y 3d corresponden al mapeo EDS (perpendicular a la superficie) realizado para identificar la presencia de átomos de Si, C y O, respectivamente, en el interior de la matriz porosa. Acorde con los resultados, se identifica la presencia de C y O en el interior de los poros, lo que confirma que el método empleado en la preparación de la muestra permite la infiltración del SP.

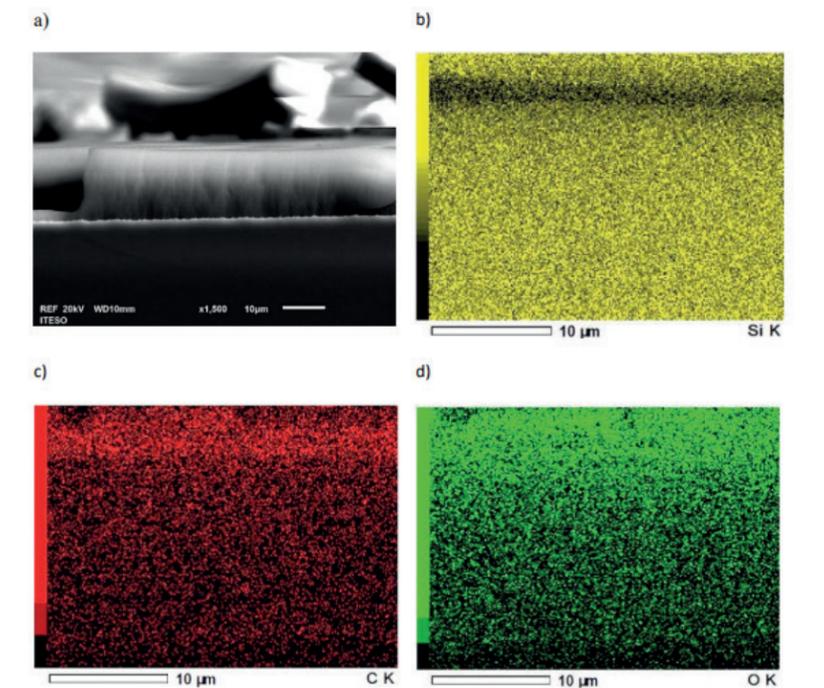


Figura 3. Imagen SEM y Mapeo EDS obtenidos perpendicular a una muestra de SP preparada con OG. a) Imagen SEM, se observa el sustrato y la capa de SP. En el mapeo EDS se filtra para observar la presencia de átomos de b) Si, c) C y d) O.

En la Figura 4 se presentan imágenes AFM de la topografía de una muestra de SP infiltrada con GaO; las imágenes fueron obtenidas en modo no contacto (NCM) con un área de medición de $50 \times 50 \mu\text{m}$ y $10 \times 10 \mu\text{m}$. En las Figuras 4a y 4c se presenta la vista superficial de la topografía, mientras que las imágenes de las Figuras 4b y 4d corresponden a la reconstrucción 3D de la topografía. En las imágenes se observa que los poros se distribuyen aleatoriamente sobre la superficie y se observan abiertos, aunque no es posible determinar si la infiltración es conformal o la profundidad de infiltración.

En la Figura 5 se presentan los patrones de difracción de rayos-x (DRX) de las muestras infiltradas con óxido de grafeno (SPOG), óxido de galio (SPGaO), óxido de zinc (SPZnO), y se comparan con la muestra de SP de referencia (SPr). El pico de difracción $\sim 69^\circ$ de la muestra SPr corresponde a silicio poroso, el ancho del pico es debido a que el material es nanoestructurado (Saint et al., 2007). En la muestra SPOG, infiltrada con óxido de grafeno, se observan los picos de difracción $\sim 69^\circ$, $\sim 28.3^\circ$, $\sim 47.3^\circ$ y 56.1° , las posiciones corresponden a los planos (111), (220) y (311) de Si; la presencia de los últimos 3 picos de difracción y el ensanchamiento se atribuye a la infiltración de un alótropo de carbono, dando lugar a la formación de un compuesto de carbono-silicio; el compuesto consiste en una cubierta de C con un centro de Si (RamírezGonzález et al., 2023). El patrón DRX de la muestra SPGaO, infiltrada con óxido de galio, coincide con la carta cristalográfica 01-076-0573, indexada en la base de datos del Centro Internacional de Datos de Difracción (ICDD). Los picos de difracción corresponden preferentemente a la fase de óxido de galio $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ con tamaño de red $a=1.223$, $b=0.304$, $c=0.580$ nm y $\alpha=90^\circ$, $\beta=103.7^\circ$, $\gamma=90^\circ$. Los picos de difracción más intensos corresponden a los planos (002) y (111) situados a $\sim 31.8^\circ$ y $\sim 35.18^\circ$, respectivamente. El patrón DRX de la muestra SPZnO, infiltrada con óxido de zinc, muestra picos característicos de ZnO correspondientes a los planos (100), (002) y (101), situados a 31.7° , 34.42° y 36.22° , respectivamente. Los picos de difracción de Si $\sim 47.3^\circ$, $\sim 56^\circ$ y $\sim 68^\circ$ son detectables, junto con su ensanchamiento, esto podría corresponder a un compuesto de GaO-silicio, pero aún continúa en investigación.

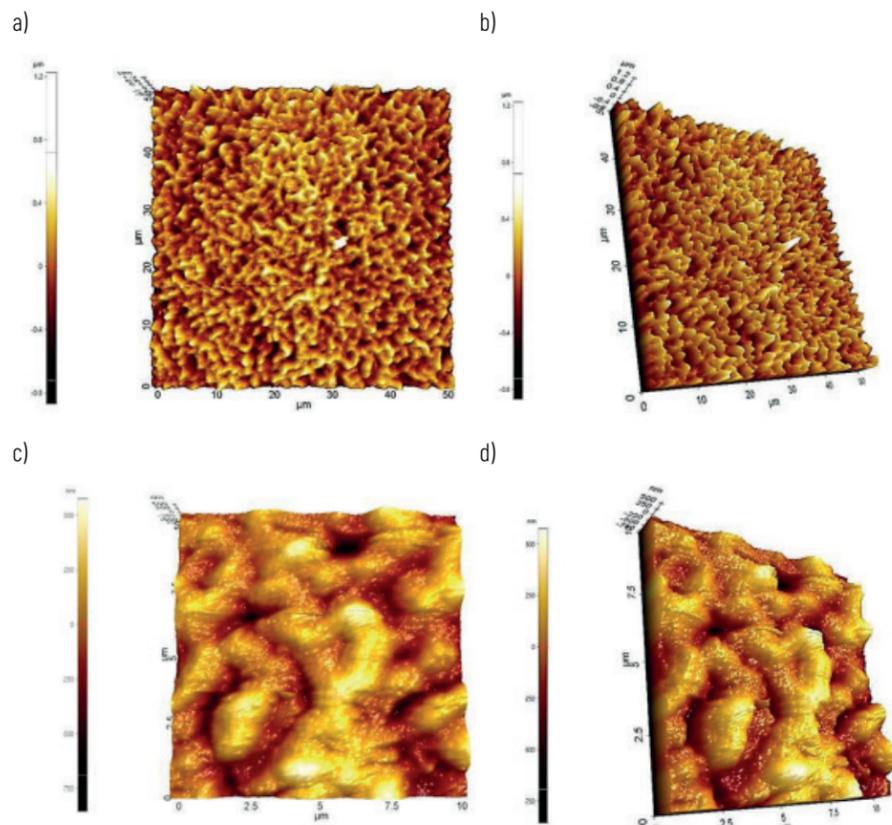


Figura 4. Imágenes AFM de una muestra de SP infiltrada con GaO con un área de medición de $50 \times 50 \mu\text{m}$. a) vista superficial de la topografía y b) reconstrucción 3D. Con un acercamiento a un área de medición de $10 \times 10 \mu\text{m}$ c) vista superficial de la topografía y d) reconstrucción 3D.

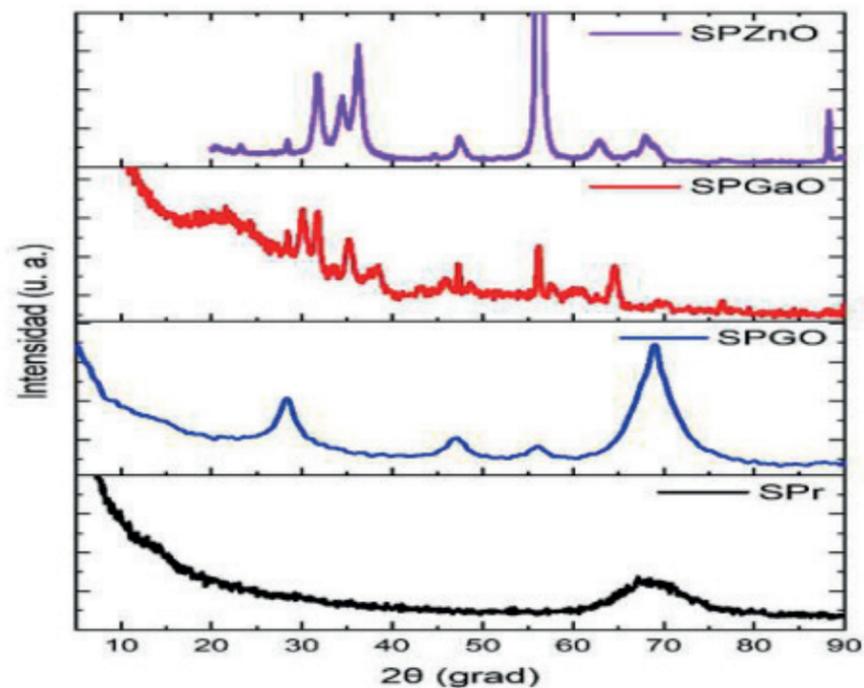


Figura 5. Patrones DRX de las muestra patrón SPr comparada con las muestras de SP infiltradas con óxido de grafeno (SPOG), óxido de galio (SPGaO), óxido de zinc (SPZnO).

Conclusiones

En el Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables (IIER) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), se están desarrollando trabajos de investigación de ciencia básica encaminados al estudio y fabricación de estructuras de silicio poroso infiltrado con óxidos semiconductores. Las investigaciones se encuentran en la etapa de optimización experimental para lograr la adecuada infiltración y el estudio de las propiedades de las heteroestructuras. Los resultados mostrados en este trabajo indican, que los procedimientos experimentales permiten la infiltración de los óxidos semiconductores propuestos (DRX), que los poros de la matriz porosa no están tapados (AFM) y se logra el recubrimiento al interior de los poros (EDS); aunque falta realizar caracterizaciones ópticas, eléctricas y composicionales de las muestras. Se pretende que los óxidos semiconductores infiltrados en SP sean aplicados en el desarrollo de supercapacitores, ánodos para baterías, sensores de gases y matrices para compuestos orgánicos, lo que ya ha generado una nueva línea de investigación Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables (IIER) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Esto se ha logrado con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT, a través del programa Estancias Posdoctorales por México, modalidad de incidencia, el grupo de trabajo incluye a alumnos de Licenciatura, Maestría y Doctorado, y a profesores investigadores de tiempo completo tanto del IIER como colaboradores externos.

Referencias

- Afandi, Y., Parish, G., & Keating, A. (2021). Micromachined porous silicon Fabry-Pérot long wavelength infrared filters. *Sensors and Actuators A: Physical*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.113101>
- Amato, G., Delerue, C., & VonBardeleben, H. J. (1997). Structural and Optical Properties of Porous Silicon Nanostructures. In G. Amato, C. Delerue, & H. J. VonBardeleben (Eds.), *Optoelectronic Properties of Semiconductors and Superlattices* (p. 633). Gordon and Breach Science.
- Canham, L. T. (1990). Silicon quantum wire array fabrication by electrochemical and chemical dissolution of wafers. *Applied Physics Letters*, 57(10), 1046-1048. <https://doi.org/10.1063/1.103561>
- Chen, M. L., Singh, A. K., Chiang, J. L., Horng, R. H., & Wu, D. S. (2020). Zinc gallium oxide—a review from synthesis to applications. *Nanomaterials*, 10(11), 1-37. <https://doi.org/10.3390/nano10112208>
- Chen, M., Li, B., Liu, X., Zhou, L., Yao, L., Zai, J., Qian, X., & Yu, X. (2018). Boron-doped porous Si anode materials with high initial coulombic efficiency and long cycling stability. *Journal of Materials Chemistry A*, 6(7), 3022-3027. <https://doi.org/10.1039/c7ta10153h>
- Hernaiz, M. (2020). Applications of graphene-based materials in sensors. *Sensors (Switzerland)*, 20(11), 4-6. <https://doi.org/10.3390/s20113196>
- Ieshkin, A. E., Svyakhovskiy, S. E., & Chernysh, V. S. (2018). Fabrication of optically smooth surface on the cleavage of porous silicon by gas cluster ion irradiation. *Vacuum*, 148, 272-275. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2017.11.034>
- Karthik, T. V. K., Martínez, L., & Agarwal, V. (2018). Porous silicon ZnO/SnO₂ structures for CO₂ detection. *Journal of Alloys and Compounds*, 731, 853-863. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.10.070>
- Khrypko, S., & Khrypko, O. (2017). *Porous silicon solar cells as a component of an artificial retina of the eye*. <http://www.kyocerasolar.eu/index/products/download/English.html>
- Kushnir, S. E., Komarova, T. Y., & Napolskii, K. S. (2020). High-quality-factor anodic alumina optical microcavities prepared by cyclic anodizing with voltage: Versus optical path length modulation. *Journal of Materials Chemistry C*, 8(12), 3991-3995. <https://doi.org/10.1039/c9tc07079f>
- Li, W., Liu, Z., Fontana, F., Ding, Y., Liu, D., Hirvonen, J. T., & Santos, H. A. (2018). Tailoring Porous Silicon for Biomedical Applications: From Drug Delivery to Cancer Immunotherapy. *Advanced Materials*, 30(24). <https://doi.org/10.1002/adma.201703740>
- Mabrouk, M., Rajendran, R., Soliman, I. E., Ashour, M. M., Beherei, H. H., Tohamy, K. M., Thomas, S., Kalarikkal, N., Arthanareeswaran, G., & Das, D. B. (2019). Nanoparticle- and nanoporous-membrane-mediated delivery of therapeutics. *Pharmaceutics*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11060294>
- Maniyan, N. H., & Srivastava, D. N. (2020). Fabrication of porous silicon based label-free optical biosensor for heat shock protein 70 detection. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2020.105126>
- Marciano, D. C., Kosynkin, D. V., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., Alemany, L. B., Lu, W., & Tour, J. M. (2010). Improved synthesis of graphene oxide. *ACS Nano*, 4(8), 4806-4814. <https://doi.org/10.1021/nn1006368>
- Mehaney, A., Abadla, M. M., & Elsayed, H. A. (2021). 1D porous silicon photonic crystals comprising Tamm/Fano resonance as high performing optical sensors. *Journal of Molecular Liquids*, 322. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114978>
- O'Halloran, G. M., Kuhl, M., Sarro, P. M., Gennissen, P. T. J., & French, P. J. (1996). New 17 etchant for the fabrications of porous silicon. *Spring Meeting of the Electrochemical Society*, 414.
- Piyya, R., Zhu, Y., Soeriyadi, A. H., Silva, S. M., Reece, P. J., & Gooding, J. J. (2019). Micropatterning of porous silicon Bragg reflectors with poly(ethylene glycol) to fabricate cell microarrays: Towards single cell sensing. *Biosensors and Bioelectronics*, 127, 229-235. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.12.001>
- Ramírez-González, F., Briones, E., Conde, J., Sánchez-Reséndiz, V. M., & Vilchis, H. (2023). Infiltration of carbon-silicon composites into porous silicon by an electrochemical method. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 34(7). <https://doi.org/10.1007/s10854-023-10003-x>
- Saint, J., Morcrette, M., Larcher, D., Laffont, L., Beattie, S., Pérès, J. P., Talaga, D., Couzi, M., & Tarascon, J. M. (2007). Towards a fundamental understanding of the improved electrochemical performance of silicon-carbon composites. *Advanced Functional Materials*, 17(11), 1765-1774. <https://doi.org/10.1002/ADFM.200600937>
- Sharma, D. K., Shukla, S., Sharma, K. K., & Kumar, V. (2022). A review on ZnO: Fundamental properties and applications. *Materials Today: Proceedings*, 49, 3028-3035. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.238>
- Uhlir, A. J. (1956). Electrolytic Shaping of Germanium and Silicon. *Bell System Technical Journal*, 35(2), 333-347.

Conjugando la ciencia y el arte en la universidad, una estrategia divertida para la enseñanza de la microbiología

Javier Gutiérrez Jiménez y María Adelina Schlie Guzmán
Laboratorio de Biología molecular y genética, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Foto: Freepik

La microbiología es una de las ramas fundamentales de la biología que permite la comprensión de los sistemas biológicos de todos los niveles jerárquicos, ya que gran parte del conocimiento parte justamente de los microorganismos usados como modelos. Nos permite entender cómo los microorganismos afectan nuestra vida y la de nuestro ecosistema, los beneficios que nos brindan, así como aquellos que aquejan la salud de los seres vivos (Lim, 1998). Es una ciencia dinámica, puesto que cada día se genera información inédita, rompiendo incluso paradigmas de la biología, como el reciente descubrimiento del núcleo celular entre algunas arqueas (Islas-Morales et al., 2023). Así, la enseñanza de la microbiología es de capital importancia en la formación de los biólogos y de otras profesiones, como en la medicina, la genética, la bioquímica, la biología molecular, la ecología, la agricultura y la biotecnología. En la práctica, se adquieren habilidades relativas al cultivo de microorganismos, como su conservación, el control de su crecimiento, su comportamiento bioquímico y genético, entre otros aspectos.

En la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach), la asignatura de Microbiología forma parte del área de Ciencias básicas y se impartió hasta 2017 en segundo semestre; desde 2019, se reubica en el quinto semestre de la licenciatura en Biología (con 7 horas/semana: 3 horas de teoría y 4 horas de laboratorio); dicho cambio fue para que los alumnos cursaran primeramente la asignatura de Bioquímica general y luego aplicar sus conocimientos en Microbiología (Programa de Licenciatura en Biología, 2023). En la enseñanza de esta asignatura en la Unicach, un estudio identificó que los alumnos experimentaron la mayor dificultad para su comprensión en el tópico sobre la fisiología, reproducción y desarrollo bacteriano, esto por no adoptar técnicas de estudio adecuadas y la carencia de conocimientos previos, por lo que se implementaron el uso de cuadros comparativos, mapas mentales, crucigramas y prácticas de laboratorio, con lo que se mejoró su aprendizaje de manera significativa (Hernández Tondopó, 2017).

Como estrategia adicional y aplicable dentro del tema de fisiología bacteriana, desde el segundo semestre de 2015 se implementó una actividad en el laboratorio que consiste en la creación de obras de arte hechas sobre medios de cultivo en placa de Petri, utilizando bacterias que originan colonias con determinadas características bioquímicas. El uso de las bacterias con fines artísticos se documenta con Sir Alexander Fleming, quien además de descubrir la penicilina o la lisozima, perteneció al club de artes de Chelsea, Inglaterra, mediante el cual exhibió dibujos hechos sobre agar y usando bacterias que secretan pigmentos (Adams & Hendry, 2002).

De esta manera, la práctica de laboratorio denominada "El arte en agar", clausura el curso de Laboratorio de Microbiología en la Unicach. Los alumnos preparan medios generales, como agar nutritivo (AN), y medios selectivos/diferenciales, como el agar MacConkey (MC), agar Salmonella Shigella (SS) y el agar de sal y manitol (SyM); posteriormente, se les provee de bacterias como *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Escherichia coli* y *Salmonella enterica* sp. enterica serovar Typhi, proporcionadas del cepario de la Unicach

(Gutiérrez-Jiménez et al., 2015). Luego de revisar el fenotipo de las cepas bacterianas sobre determinados medios, los alumnos realizan sus dibujos combinando las bacterias para generar los contrastes y formas deseadas. Tras la incubación de 24 horas a 37° C, se documentan las imágenes que luego son impresas y exhibidas en un recinto de la universidad; los trabajos son evaluados por profesores del área básica y se premia a las mejores propuestas artísticas (Figura 1). generales, como agar nutritivo (AN), y medios selectivos/diferenciales, como el agar MacConkey (MC), agar Salmonella Shigella (SS) y el agar de sal y manitol (SyM); posteriormente, se les provee de bacterias como *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Escherichia coli* y *Salmonella enterica* sp. enterica serovar Typhi, proporcionadas del cepario de la Unicach (Gutiérrez-Jiménez et al., 2015). Luego de revisar el fenotipo de las cepas bacterianas sobre determinados medios, los alumnos realizan sus dibujos combinando las bacterias para generar los contrastes y formas deseadas. Tras la incubación de 24 horas a 37° C, se documentan las imágenes que luego son impresas y exhibidas en un recinto de la universidad; los trabajos son evaluados por profesores del área básica y se premia a las mejores propuestas artísticas (Figura 1).

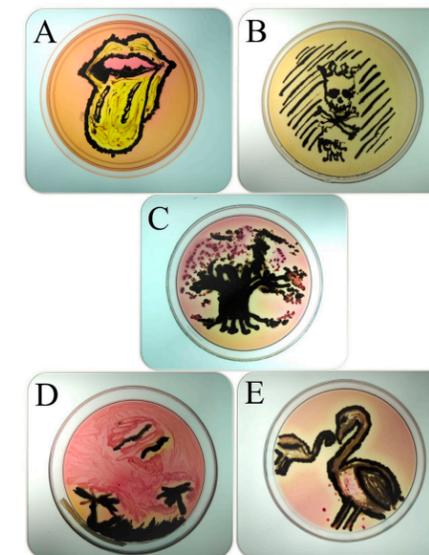


Figura 1. Obras de arte en agar de alumnos de la licenciatura en Biología de la Unicach. A) "Piedras rodantes", B) "The yellow ledbetter", C) "Ceiba", D) "Atardecer en la playa" y E) "Pájaros". Los medios de cultivo usados fueron el agar XLD (Figura 1A), agar SS (Figura 1B-E); las bacterias sembradas fueron *S. Typhi* (colonias negras), *E. coli* (colonias amarillas en agar XLD y rosa mexicano en agar MC). Las obras fueron elaboradas por Marduk Mancilla (Figuras 1A-B), Laureano Cruz (Figura 1D) y alumnos del primer y segundo semestres de 2017 (Figuras 1C y 1E).

Aunque no se ha evaluado el impacto de esta actividad lúdica en el aprendizaje de la microbiología, ha sido acogida por los estudiantes con entusiasmo, dado que pueden conjugar el conocimiento científico con el aspecto artístico, es decir, ellos deben explicar los colores que toman las colonias confluentes que crecen sobre la superficie del agar, en función de los mecanismos bioquímicos que expliquen los fenotipos observados; este criterio es otro de los aspectos que se evalúan durante la exhibición de las obras.

Finalmente, mediante esta actividad es posible fusionar la ciencia y el arte, elementos sustantivos en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Referencias

- Adams, M., & Hendry, P. (2002). The lost art of bacteriology. *The Microbiologist*, 14-15.
- Gutiérrez-Jiménez, J., Luna-Cazares, L., Mendoza-Orozco, M., Díaz-Marina, G., Burguete-Gutiérrez, J., & Feliciano-Guzmán, J. (2015). Organization, maintenance, and preservation of the Bacterial Culture Collection of the Biological Sciences Institute, University of Science and Arts of Chiapas (UNICACH), Mexico. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 35 (2), 95-102.
- Hernández Tondopó, C. G. (2017). *La microbiología y los recursos didácticos para su enseñanza a nivel licenciatura*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Islas-Morales, P. F., Cárdenas, A., Mosqueira, M. J., Jiménez-García, L. F., & Voolstra, C.R. (2023). Ultrastructural and proteomic evidence for the presence of a putative nucleolus in an Archaeon. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1075071>
- Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. (2023, Marzo 3). *Programa de Licenciatura en Biología*. <https://www.unicach.mx/>
- Lim, D. (1998). *Microbiology* (E. Sievers, Ed.; 2nd ed.). WBC/McGraw-Hill.

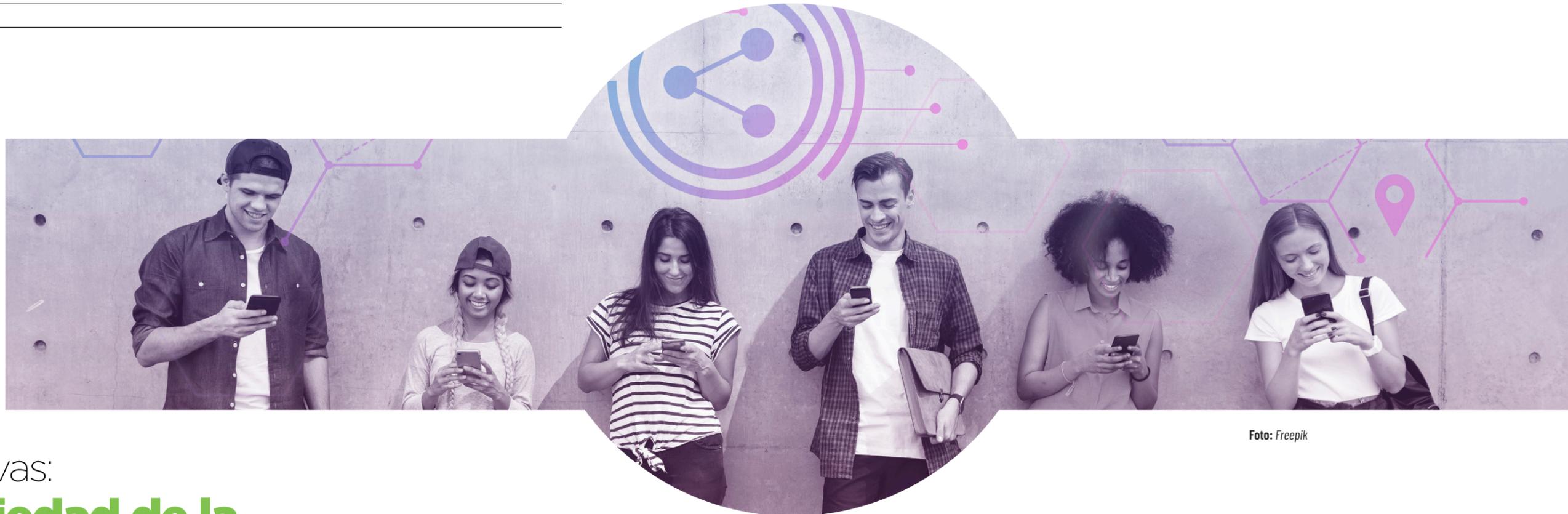


Foto: Freepik

Nuevas alternativas: las TIC, sociedad de la información y sociedad del conocimiento como emergencia social y educativa

Aldo Alpuche Alvarez
Centro de Doctorado en Estudios Regionales
Facultad de Humanidades, Universidad Autónoma
de Chiapas

Introducción

En este ensayo se discute un tema novedoso, de actualidad, que debe ser visibilizado ya que en el fondo presenta complejidades que para muchos son difíciles de percibir. La problemática radica en que se ha consolidado una visión o imaginario de las TIC de carácter unívoco, es decir, que se entiende de forma muy reduccionista. Sea consciente o no, toda mirada acotada recae, muchas veces, en lo que se conoce como sociedad de la información.

Es sabido que en la actualidad gran parte de la población chiapaneca se encuentra inmersa

en este nuevo tipo de sociedad. Sin embargo, suele existir desconocimiento del posicionamiento que brinda un sentido razonable de cómo afrontar en nuestras sociedades el fenómeno de las TIC, esta nueva visión permite adscribir a ese posicionamiento que está en construcción denominado: sociedad del conocimiento.

Este ensayo tiene como propósito dar a conocer una nueva mirada para colocarse ante el fenómeno de las TIC desde una perspectiva menos prejuiciosa y a la vez mejor fundamentada a partir de los estudios actuales, dado que dicho fenómeno ha impactado a la sociedad en todas sus dimensiones; por lo tanto, el objetivo es mostrar a través de tres apartados nuevas alternativas que den pie al pensamiento crítico y reflexivo.

En el primer apartado se esbozan las nuevas posibilidades que brindan las TIC para realizar

actividades beneficiosas que antes parecían imposibles y que son fáciles de observar empíricamente en la vida cotidiana. El segundo apartado se plantean una serie de problemáticas de carácter social y educativo propios de la sociedad de la información. Finalmente en el tercer apartado se plantea una nueva perspectiva que ayudará al lector a reflexionar a cerca de una nueva postura llamada sociedad del conocimiento, ante la cual es preciso orientar a la sociedad en general, en particular a nuestros niños, niñas, adolescentes, jóvenes y adultos del estado de Chiapas.

Una nueva alternativa

El confinamiento que se vivió en el año 2020 a 2022 ha traído consigo una serie de cambios en la sociedad, que a su vez se están introduciendo a la vida escolar. Estos cambios no solo están siendo elementos fundamentales para las tomas de decisiones en la vida social y educativa, también ha provocado disturbios y resistencias que se dejan conocer a través del discurso cotidiano y académico.

Los cambios que se pueden apreciar con la inclusión de las TIC en diferentes espacios es una necesidad incesante de conectividad, para que a partir de ella se generen nuevas dinámicas sociales, algunas menos complejas que otras, por ejemplo: el entretenimiento, las compras y transacciones en línea, la comunicación a distancia, la proliferación de ofertas educativas en línea, etc. Algunos de esos cambios se pueden considerar de un orden innovador, están fomentando como una alternativa que facilita diversas

actividades o bien, se crean nuevas rutas antes impensadas, que permiten llegar a metas sin necesidad de proceder a las maneras tradicionales de lograrlo.

Para ilustrar lo anteriormente planteado se puede pensar en un estudiante de cualquier municipio del Estado de Chiapas que ha concluido la preparatoria y con anhelos de superación.

Nuestro estudiante debe contar con una computadora y tener en casa servicio de internet, debido a que serán herramientas necesarias para recorrer un camino alternativo y diferente al convencional. Nuestro estudiante ha decidido por fin estudiar la carrera en Administración y logra observar una gran oferta académica en la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) pero se le hará imposible continuar sus estudios por el pago de la renta, la manutención y el transporte; sin embargo, logra dar con una oferta académica virtual de la misma carrera pero en la Universidad Autónoma de México (UNAM). Parece una ficción pensar en la posibilidad de que a pesar de no poder estudiar una carrera en la capital más cercana por dificultades económicas, pueda hacerlo en la Ciudad de México con un costo relativamente menor.

Es en este tipo de circunstancias, posibles de verlas reflejadas en la vida cotidiana, de donde se puede confirmar que en la actualidad se crean rutas alternativas a las maneras tradicionales de proceder hacia una meta. Mismas que alteran el entorno sociocultural. Empero, las implicaciones de la innovación tanto en el ámbito social como en el educativo son complejas en la medida que se van generando bloques de oposición al cambio.

Viendo por el retrovisor

Se ha teorizado sobre la introducción de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vida social, tópico que para diversos agentes de campos divergentes no se han dado a la tarea de reflexionar antes los impactos que causa la introducción de las TIC, el uso que se les da es por tradición. En este sentido los niños, jóvenes y adolescentes también hacen un uso de ella porque es muy atractivo para fines de comunicación a distancia y entretenimiento, desaprovechando las potencialidades que se pueden obtener de un uso más reflexivo y orientativo a actividades de oficio o profesionales.

Esta realidad con la que se encuentra todo ciudadano en cualquier escala de su entorno en que se encuentre (casa, barrio, municipio, región, ciudad etc.) y en la que participamos e incluso involuntariamente, se le conoce como **sociedad de la información**. Este concepto surge a raíz de la inclusión de las TIC al territorio, debido que, sin ella no podría construirse una nueva dimensión social con características virtuales.

La sociedad de la información está conformada por las personas, sin importar la edad, que hagan uso de la conectividad y herramientas tecnológicas tales como: tabletas, internet, computadora, celular etc. Con ello se entiende, que es fácil formar parte de una aldea virtual con dinámicas muy particulares. Dicha aldea también rompe con las fronteras de lo territorial y lo cultural. Siendo considerada como una sociedad en la que existe un intercambio de contenido que puede ser de creación interna o proveniente de otros territorios, esta especificidad de la

información que es compartida y consumida en la sociedad requiere de un análisis riguroso para saber la fuente, empero, a pesar de que es poco probable que alguien centre su interés en encontrar las fuentes de los contenidos, es ahí donde radica la complejidad de la cuestión porque la información que se crea, consume y recrea es incalculable, esta especificidad nos demuestra que la información compartida en esta nueva sociedad es a la vez un mercado, en este sentido Méndez, & Figueredo, & Goyo, & Chirinos (2013) nos aclara que:

Los vertiginosos cambios sociales y los avances tecnológicos indicadores del advenimiento de la sociedad de la información, generan a la gerencia de las organizaciones, independientemente de su tipo, nuevos paradigmas y nuevos retos que la obligan a redefinir, tanto en sus expresiones teóricas como praxeológicas para poder cumplir las metas y objetivos pautados (p. 5).

La génesis de la sociedad de la información ha traído consigo nuevos retos que es imposible ocultarlos porque van dirigidos además de las autoridades e instituciones públicas, más profundamente al gremio de profesoras, profesores y académicos reconocidos por su labor de formar, educar y orientar a los futuros miembros de la sociedad. En este sentido la escuela como institución juega un papel fundamental en estos procesos, Poggi, & Frigerio, & Tiramonti (1992) apuntan que:



Foto: Freepik

El contrato fundacional entre la escuela y la sociedad es un momento de gran significación en el pasado y también en el presente de las instituciones educativas, cuyo futuro está relacionado con el modo en que se redefina hoy ese contrato. Las instituciones son construcciones que resultan del parcelamiento del terreno social, que se originó en distintas situaciones históricas. Se crearon para responder a necesidades sociales; como las sociedades van transformando sus necesidades y también la forma de resolverlas, las instituciones van transformándose, articulándose o anulando (párr. 6).

A pesar de lo planteado anteriormente, la responsabilidad no recae forzosamente en los docentes o las instituciones educativas, las políticas educativas y la política económica juegan un papel central para que puedan existir las condiciones necesarias donde los docentes actúen a la demanda de una sociedad cada vez más conectada. Cabe destacar que la falta de condiciones no es pretexto para orientar a los estudiantes e incluso implementar una práctica docente con aires innovadores.

De acuerdo con Díaz (2020), en muchos de los países se ha encontrado que la innovación no significa tener el producto de último modelo para hacer innovación educativa, esta se logra cuando se resuelven problemas o situaciones problemáticas o hasta que logra cubrir una necesidad donde la población meta asume que se ha generado ese invento como algo innovador, esto se logra cuando la mentalidad de la población cambia, al igual que sus prácticas socioculturales.

En este sentido, se puede aseverar que sí hay conocimiento desde las políticas educativas sobre los cambios que está provocando la introducción de las TIC y la sociedad de la información. Pero también se revela que en muchos Estados las instituciones educativas y la ciudadanía no

están percibiendo los problemas a los que nos está llevando concepciones erróneas, que no permiten sacar provecho de la coyuntura que se vive y contrario a ello se define a las TIC como un fenómeno que está rompiendo con las tradiciones y corrompiendo las buenas costumbres.

No se puede negar que las TIC es un elemento nodal que provoca procesos de transculturación. Lo que induce que la conducta de los jóvenes en muchos casos se vea afectada y no corresponda con el entorno en el que se vive, provocándose apatía los mecanismos de participación social, por no sentirse identificado con su entorno (por poner un ejemplo) En este sentido Tubella (2012) considera que:

En la sociedad de la información, la acción comunicativa y el conjunto de los medios de comunicación de masas (los medios) adquieren un renovado papel decisivo en el proceso de construcción del poder. Puesto que los discursos se generan, difunden, debaten, internalizan e incorporan a la acción humana, en el ámbito de la comunicación socializada en torno a las redes locales-globales de comunicación, las redes de comunicación y nuestra actuación en y a partir de ellas, resultará clave en la definición de las relaciones de poder en nuestros días (p. 99).

Ya son muchos estudios los que comprueban este fenómeno, sin embargo, esa no es la única cara de los efectos suscitados en el comportamiento de la ciudadanía. Cabe destacar que los efectos provocados por la sociedad de la información, en los que participan de ella, se da por inercia, es el resultado que se tiene cuando no existe una preocupación social por desconocimiento de lo que sucede. Ahora, la pregunta es ¿Qué podemos hacer como autoridades, padres de familia, y profesionales de la educación con la llegada de las TIC?

Un nuevo enfoque

No es un tema menor, porque requiere de la acción y la cooperación conjunta de las instituciones educativas, instituciones municipales e instituciones familiares para resolver problemas que son invisibles, pero muy destructivos cuando existe una visión unidireccional del fenómeno.

Es por ello necesario explicitar la necesidad de traer a colación la construcción de **la sociedad del conocimiento**. No como una receta del buen vivir con las TIC, si no como una propuesta que permite orientar a las TIC para beneficio de nuestros niños, niñas, jóvenes y adolescentes, ellos por ser el sector que más participa de la sociedad de la información por su carácter atractivo y de las problemáticas que pueden surgir en el futuro si no se detecta dicha actividad silenciosa. La opción no es optar por aislarlos de la participación de la sociedad de la información, pues sería desactualizar del mundo en que se vive, de la aldea global. Más bien el reto es orientar a los usuarios a participar de la sociedad del conocimiento. Y eso ¿Cómo se caracteriza? “la sociedad del conocimiento, entre varias alternativas, se puede caracterizar como aquella sociedad que cuenta con las capacidades para convertir el conocimiento en herramienta central para su propio beneficio” (Pescador, 2014, p. 6).

Con ello se concluye que consumir contenido de entretenimiento significa no estar participando de la sociedad del conocimiento; es decir, ver contenidos sobre el precio del carro del año, los diez momentos más chistosos del año, Miss bombón, los artistas más famosos del momento, las telenovelas. Estar participando de la sociedad del conocimiento es beneficioso y se logra participando de la sociedad de la información, pero en una tónica mayor llamada sociedad del conocimiento, Pérez, & Mercado, & Martínez, & Mena, & Partida (2018) plantean que:

La sociedad de la información se relaciona con la sociedad del conocimiento porque da soporte a las relaciones que se tejen en la sociedad actual, la cual se vincula con las posibilidades que permiten construir conocimiento a través de las tecnologías. Por eso, es posible afirmar que la sociedad de la información es imprescindible para la sociedad del conocimiento (p. 5).

Para lograr tal proeza que combata a la actividad silenciosa caracterizada por distraer y desalinear a los niños, niñas, adolescentes y jóvenes de su entorno, además de, desarticular los procesos de aculturación, identidad y voluntad de acción social en beneficio de sus espacios territoriales, es necesario orientarlos y evaluar los contenidos que consumen. Tampoco significa alejarlos de momentos normales de ocio, la idea es conducirlos, en un cambio de época caracterizado por el uso de las TIC, con la finalidad de aprovechar las bondades que ofrece el conocimiento para materializarlo en nuestro entorno.

Conclusión

El mundo hoy ha cambiado, vivimos en una era digital donde es urgente el reeducarnos para no errar en el uso de las TIC, debido que, va en contra de la salud, productividad y la utilidad personal. Por tal motivo, se discute el tema como relevante, toda vez, que se invita a la reflexión crítica del fenómeno, no solo desde los espacios sociales, familiares, e institucionales. También se invita a los docentes a reflexionar sobre la complejidad a la que se deben enfrentar más allá de una práctica docente innovadora en donde se incluya las TIC o más concretamente las Tecnologías del Aprendizaje y el conocimiento (TAC) con la finalidad de orientar a la ciudadanía y a los que van a formar parte ella hacia la sociedad del conocimiento.

Referencias

- Méndez Jiménez, E. M., Figueredo Álvarez, C., Goyo Arellano, A. J. y Chirinos Gutiérrez, E. (2013). Cosmovisión de la Gestión Universitaria en la Sociedad de la Información. *Negotium*, 9 (26), 70-85. Dialnet-CosmovisionDeLaGestionUniversitariaEnLaSociedadDeLaInformacionDeLaGestionUniversitariaEnLaSociedadDeLaInformacion(1).pdf
- Pérez-Zúñiga, Ricardo & Lozano, Paola & Martínez, Mario & Hernández, Ernesto. (2018). La sociedad del conocimiento y la sociedad de la información como la piedra angular en la innovación tecnológica educativa. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. 8,10.23913/ride.v8i16.371. www.scielo.org.mx/pdf/ride/v8n16/20077467-ride-8-16-00847.pdf.
- Pescador, V. (2014). ¿Hacia una sociedad del conocimiento? *Scielo México*, vol.22(n.2), pp.6-7. ISSN0121-5256.v22n2a01.pdf (scielo.org.co)
- Poggi, F., Frigerio, D., y Tiramonti, G. (1992). Las Instituciones Educativas y el Contrato Histórico. *España, cara y Seca*. Las instituciones educativas y el contrato histórico [klzz2ly0pylg] (idoc.pub)
- Tubella, I. (2012). *Comprender los media en la sociedad de la información*. Universidad Oberta de Catalunya.
- UAMVIDEOS. (13 de septiembre de 2019). *La innovación tecnológica aplicada al desarrollo educativo*. [Archivo de Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-3tenx-h4Ew>

Reflexiones sobre el uso de las TIC para el acompañamiento tutorial

Alma Janet Reyes Zepeda
Universidad Autónoma de Chiapas
Doctorado en Estudios Regionales

Introducción

En la Declaración Mundial sobre Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción que realiza la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2019), se establece que la educación debe ser para todos a lo largo de la vida de manera transformadora, pertinente en constante mejora y resuelva las principales dificultades que se presenten, además, considera a los docentes como uno de los principales protagonistas de la educación superior estableciendo que las instituciones educativas deben mantener una rigurosa política "de actualización y mejora de sus competencias pedagógicas mediante programas adecuados de formación del personal" (p. 107). Así también establece que se deben aprovechar las ventajas y el potencial de las herramientas tecnológicas para la formación de recursos humanos, implementar redes, elaborar material didáctico y crear nuevos entornos pedagógicos que coadyuven en la mejora y calidad educativa de los estudiantes.

En el devenir histórico de la humanidad, se han presentado cambios sustanciales que exigen al hombre dar pasos agigantados sobre la forma de aprender, comunicarse e interactuar; en la búsqueda de mejores y más rápidas vías para procesar la información que el contexto establece, los seres humanos han logrado implementar mecanismos exitosos combinando la tecnología con el arte de la comunicación, dando surgimiento a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Las TIC son el prefacio para la denominada sociedad de la información, concepto que exige que todas las personas tengan el derecho a la libertad de expresión y cuenten con los medios necesarios para acceder a la información;

no obstante, la realidad objetiva marca un proceso de exclusiones en diversas regiones del mundo y propicia la brecha digital, teniendo factores multiformes: recursos económicos, geografía, edad, sexo, lengua, educación y la procedencia sociológica o cultural, empleo e integridad física, haciendo más evidente la brecha cognitiva.

La crisis que se presentó a nivel mundial derivado de la contingencia sanitaria del virus del sars cov-2 y la enfermedad del covid-19, desencadenó nuevas formas de relacionarse entre los seres humanos en los diferentes escenarios de la vida, uno de ellos fue el sector educativo que tuvo que detener sus actividades con el propósito de establecer una barrera de contención a la ola de contagios vertiginosa que se desencadenó.

En la realidad objetiva de México, la instrucción a nivel federal fue mantener las puertas cerradas para la comunidad escolar, tanto estudiantes como el personal docente y administrativo enfrentaron circunstancias desafiantes, en mayor medida lo fue para Profesores de Tiempo Completo (PTC), la normativa institucional les asigna actividades de acompañamiento tutorial que los dirige a mantener comunicación con los estudiantes tutorados, generando estados de incertidumbre sobre el uso de las TIC para desarrollar sus funciones, en cuanto, los lleva a reflexionar sobre el grado de experiencia y habilidad para utilizar las diferentes herramientas tecnológicas para la tutoría en una modalidad emergente.

Desarrollo

La educación superior exige grandes retos y desafíos para todos los agentes del proceso educativo, formar profesionales que cuenten con las capacidades, habilidades, destrezas y valores para contribuir al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la sociedad con responsabilidad y compromiso, representa una tarea compleja, dejando el peso de esta formación al docente como facilitador de experiencias que lleven a los estudiantes a la reflexión del conocimiento a partir

de sus propias dimensiones sociales, políticas, culturales, económicas, científicas, tecnológicas, familiares y personales; así las Instituciones de Educación Superior (IES) coadyuvan en la formación de seres pensantes, que se involucran en el proceso de transformación de sí mismos y de su sociedad. Es aquí donde la figura del docente se reestructura bajo la investidura del tutor.

Los cambios estructurales en las políticas internacionales establecidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), incluyendo aquellas agencias u organismos nacionales de planificación y desarrollo, han provocado un aceleramiento en la modificación de las políticas educativas en México, a fin que los acuerdos establecidos sean aplicados de manera inmediata y se encuentren a la vanguardia de los procesos de investigación, desarrollo e innovación que conlleva la globalización.

Entre los gobiernos neoliberales y conservadores de América Latina, el fenómeno de la globalización y el auge de la conectividad, impactan en las políticas educativas nacionales, regionales y locales de los países. Un modelo educativo universitario atiende las exigencias del contexto político, económico y sociocultural, dando respuesta con la formación de sus estudiantes, la generación y aplicación del conocimiento, el fortalecimiento del profesorado, la vinculación con el sector productivo y la pertinencia de sus programas de estudio; se establece por expertos de distintas disciplinas, quienes en su mayoría se encuentran alejados de la noble tarea de enseñar en los territorios con dificultades de acceso, desconociendo las múltiples realidades que viven dos de los principales agentes educativos: estudiantes y docentes, pero que deciden el rumbo que debe tomar la educación; una minoría que dirige hacia prácticas complejas, mediante políticas públicas que impulsan la calidad de la educación en vías de asegurar que los estudiantes incursionen en el campo laboral acorde al libre mercado.

La política pública en las tendencias neoliberales de la educación, concibe el conocimiento como una mercancía, como un bien de consumo, que adquiere su valor en el intercambio entre la oferta y la demanda (Pérez Gómez, 1998). Se habla de calidad de la educación, dirigida a medir la productividad, las competencias de los agentes educativos y de los que administran la educación, que si bien empieza como lo marca el artículo 3º. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por ser laica, gratuita y obligatoria, y por ende buscadora de la igualdad de oportunidades, de igualdad de derechos, de igualdad de conocimiento, surge un punto de la escalada: demostrar la certificación mediante estándares normativos internacionales que regulan los aspectos cualitativos y cuantitativos de la calidad de la educación.

Foto: Freepik



Esta realidad, al mismo tiempo, va trastocando los principios fundamentales de la práctica docente; una buena parte del profesorado está más preocupado en el ingreso, ascenso, condiciones salariales, retiros del personal, en estímulos al desempeño, en medir la productividad, más que ocuparse del papel central de la educación en el periodo neoliberal: formar seres con las competencias que les permita desenvolverse en el mundo globalizado de la ciencia, la tecnología y la información, en el que se socializa.

Para respaldar la urgente y necesaria transformación del docente hacia el rol de tutor, la política educativa promueve el “perfil deseable” del profesor universitario con el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), estableciendo que los profesores además de contar con un posgrado para ejercer la docencia, realizan actividades de investigación, tutorías, gestión académica y vinculación (SEP, 2022).

La Secretaría General de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) tiene un papel fundamental en el impulso de la tutoría. A principios del siglo XXI, convoca a un grupo interinstitucional con amplia experiencia en programas de atención estudiantil, análisis de causas de deserción y rezago educativo, programas de capacitación, tutoría, rendimiento académico, trayectorias escolares, así como planeación y evaluación de la educación superior de distintas universidades del país y de la propia asociación, con el propósito de diseñar una propuesta de atención a la comunidad estudiantil en el marco de los compromisos del PROMEP; el resultado, un documento que describe el mecanismo de implementación del Programa Institucional de Tutorías para las Instituciones de Educación Superior, además se conceptualiza la tutoría, al tutorado y al tutor -integrando el perfil y sus funciones sustantivas-, así como las principales estrategias y líneas de acción (ANUIES, 2001).

Lo anterior, obliga a pensar que al docente-tutor se le reviste con un alto nivel de compromiso y responsabilidad para el servicio educativo, siendo fundamental su participación en programas de formación que les permita desarrollar las competencias para satisfacer las necesidades de la acción tutorial.

Estar a la vanguardia de los avances científicos y tecnológicos es otro de los retos que los docentes tienen que vencer, ya que, con el crecimiento acelerado de los mismos, los estudiantes se encuentran ansiosos por descubrir nuevos recursos tecnológicos para mejorar su proceso de aprendizaje. En las aulas se encuentra un alto número de estudiantes que hacen uso de nuevas herramientas tecnológicas y esperan que el docente domine estos recursos. Durante el tiempo de contingencia sanitaria en Chiapas, las actividades de atención tutorial disminuyeron por el desconocimiento de herramientas digitales que limitó la continuidad de la comunicación, y por otro, debido a que los

estudiantes tuvieron que trasladarse a su lugar de origen, encontrándose ante la dificultad de ubicarse en zonas sin cobertura de internet, haciendo patente la brecha digital.

En la medida en que los profesores se interesen por las innovaciones en las TIC, establecerán relaciones más productivas e integradoras con sus estudiantes, o como reflexiona Escobar (2014): “Es claro que la tecnología tiene que jugar un papel central en la reconstitución de mundos en los cuales los humanos y los no-humanos puedan coexistir de formas mutuamente enriquecedoras” (p. 61).

Postpandemia, el docente-tutor reflexiona sobre las competencias que necesita para abordar el proceso tutorial, en una sociedad sistémica, dinámica y digital, construyendo una percepción de sí mismo en constante evaluación; la dinámica del uso de plataformas como recurso indispensable en la modalidad presencial ha quedado registrada. Autores como Olea y Garduño (2011), Peinado (2022), Zambrano y Cerna (2018) han identificado y reconocido que para el adecuado acompañamiento tutorial, los tutores deben desarrollar competencias de investigación y de uso de las tecnologías de la información y la comunicación, adicional a las competencias didácticas, pedagógicas, metodológicas, de gestión, de seguimiento, orientadoras, motivadoras y conocimientos en valores, afirmando que el manejo de las TIC son fundamentales al formar parte del diario vivir de los estudiantes.

Romper paradigmas en la subjetividad del tutor, representa un proceso de análisis sociocultural e histórico en lo individual y lo colectivo; los tutores construyen y deconstruyen su realidad en estricta relación con los intercambios con otros seres en un espacio multidimensional, es decir, se involucran con los demás agentes escolares en distintos niveles de realidad histórica, cultural, política, económica, tecnológica y psicoemocional, que le van enseñando el camino para descubrir su posición en el mundo para comprender y resignificar su rol como tutor.

Los tutores van identificando sus funciones en el acompañamiento tutorial a partir de la relación dialéctica con los estudiantes en estricta vinculación con el entramado social, cultural y su propia historia, es decir van “estableciendo un intercambio de significados objetivados a través del lenguaje verbal y no verbal, que lo determinan de alguna manera y lo diferencian de un individuo a otro” (Reyes, 2022, p.19). Es en ese bagaje de construcción social que el docente va estableciendo sus propios juicios acerca de las capacidades que tiene para asumir todas las funciones que el perfil del profesor de tiempo completo les exige, dentro de ellas: brindar el acompañamiento tutorial de forma individual o grupal a estudiantes, denominados en esta relación: tutorados.

Conclusiones

En el escenario de la formación superior, se encuentran un conjunto de matices que se interrelacionan entre sí, basta mencionar la políticas para el financiamiento de la educación, la igualdad de oportunidades de acceso a la formación superior, las modificaciones curriculares y actualización de los planes de estudio acorde a las demandas de la globalización, así como la diversidad de capacidades de los estudiantes en el aula y por supuesto los avances en la ciencia y la tecnología, especialmente el uso de las TIC en el servicio educativo, que exigen modificar nuestra manera de conceptualizar la forma de brindar el acompañamiento tutorial en las universidades, con miras a garantizar que este proceso sea significativo y cumplir con los objetivos de cada Programa Institucional de Tutoría, pieza fundamental para las instituciones de educación superior.

Si bien, los hacedores de las políticas educativas, sientan las bases para dirigir el rumbo de la educación, en la planeación del proceso es necesario visibilizar las múltiples realidades de nuestro Estado, diseñar estrategias que permitan acotar la brecha digital, fortalecer la infraestructura, impulsar el acceso a la sociedad de la información, brindar capacitación constante al profesorado en materia de herramientas tecnopedagógicas que le permitan establecer el intercambio de información y comunicación entre usuarios activos en el mundo digital, asumiendo que los procesos de conectividad representan una forma creativa e innovadora para que la educación continúe a lo largo de la vida.

Ante un contexto socio-histórico viciado de prácticas educativas limitadas, se deben promover mejores oportunidades de colaboración entre docentes y estudiantes, donde se establezcan canales de comunicación eficaces, exista un trabajo de cooperación mutua en la construcción social del conocimiento y satisfaga las demandas de la globalización sin olvidarse del valor supremo del hombre: su sentido humano.

Establecer una educación que permita recuperar la subjetividad del estudiante y al mismo tiempo del docente; una educación que permita a ese ser humano -docente- formar desde la razón, guiar con valor, reflexionar, buscar su propio orden social y re-estructurar su intervención de acuerdo a los cambios sociales, económicos y tecnológicos de la historia.

Referencias

- ANUIES. (2001). *Programas Institucionales de Tutoría: Una propuesta de la ANUIES para su organización y funcionamiento en las instituciones de educación superior*. ANUIES.
- Escobar, A. (2014). *Sentipensar con la tierra: nuevas lecturas sobre desarrollo, territorio y diferencia*. Universidad Autónoma Latinoamericana.
- Olea, E. y Garduño, C. (2011). Función tutorial del profesor en programas de educación superior a distancia: una propuesta de modelo. *Revista Apertura Vol. 3 No. 1*. Universidad de Guadalajara. <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/192/207#cinco>
- Peinado, J. (2022). Funciones, roles y competencias de los(as) tutores(as) en la educación a distancia en el Instituto Politécnico Nacional. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 27(93),537-556. ISSN: 1405-8666. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14071512009>
- Pérez, Gómez A. I. (1998). *La cultura escolar en la sociedad neoliberal*. Morata. Pp. 128-148
- Reyes, A. (2022). Aproximación al estudio de los factores psicopedagógicos vinculados con la reprobación en cálculo diferencial en educación superior. El caso del Instituto Tecnológico Superior de Cintalapa [Tesis de Maestría Universidad Autónoma de Chiapas]. <https://repositorio.unach.mx/jspui/handle/123456789/3607>
- SEP (2022). Anexo del acuerdo 40/12/22 por el que se emiten las Reglas de Operación del Programa para el Desarrollo Profesional Docente para el ejercicio fiscal 2023. https://dgesui.ses.sep.gob.mx/sites/default/files/2023-01/ANEXO_DEL_ACUERDO.pdf
- UNESCO. (2019). Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: *Visión y Acción*. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 9(2), 97-113. <https://www.iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/article/view/171>
- Zambrano, R. y Cerna, N. (2018). Las competencias del docente tutor en la nueva era pedagógica. *Revista de Educación Superior Año XVII No. 25*. Universidad Católica de Guayaquil. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6945219>

Estudio dancístico del Parachico: aportes de la corporalidad danzada de Chiapa de Corzo, Chiapas (parte 1)

Rita del Carmen Cifuentes González
Danza Estudio Tuxtla

Resumen

Este trabajo analiza al danzante en el espacio activo de la colectividad de Parachicos de Chiapa de Corzo, se explican las cartografías e imágenes de la corporalidad danzada, la relación proxémica causante de la delimitación y fluidez misma del movimiento.

Palabras claves: Proxemia, coréutica, pisadas tradicionales, danza de parachicos, patrimonio cultural inmaterial.

Abstract

This work analyzes the dancer in the active space of the Parachicos collective of Chiapa de Corzo. It explains the cartography and images of the dancing body within the relation of proxemics from the delimitation and actual fluidity of movement.

Keywords: Proxemics, choreutics, traditional steps, Parachicos dance, immaterial cultural patrimony

Introducción

El presente trabajo parte de la memoria etnográfica (Cifuentes, 1998) de la observación directa y participante (Gómez Nigenda, 16 de mayo de 2018) que he tenido desde 1996 hasta 2019, al estar presente en la fiesta tradicional de enero como en los momentos preparatorios y consecutivos de dicha fiesta de la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas.

El trato, la convivencia directa con las personas originarias de Chiapa de Corzo que se visten y danza de Parachicos que, desde esa fecha han contribuido con información vasta y diversa enriqueciendo el mismo, desde la perspectiva émica, académica de personas que son y no son de Chiapa, desde su misma experiencia como observadores, desde la cotidianidad, desde otra formación profesional, en la vivencia directa en la fiesta o desde la mirada de grupos e instancias educativas; el patrón Guadalupe Rubisel Gómez Nigenda lo comenta: "A los chamacos les dejan actividades sobre esto. Vienen grupos completos de niños a preguntar e involucrarse en todo lo que sucede durante esos días. Relacionan sus estudios con el entorno social que están viviendo y eso para nosotros es muy importante" (Manzanos, R. 2000, p. 42), culturales o de promotoría de la fiesta y de la danza.

Martí (1961) afirmó lo siguiente: La historia universal y la de nuestros días nos demuestran que se pueden destruir o falsear los documentos escritos, mas no la tradición oral de un pueblo, que perdura en la memoria de sus viejos y descendientes.

Es tan fuerte el arraigo de ideas y conocimientos tradicionales, que hay muchos poblados indígenas que hoy en día conservan sus costumbres y tradiciones prehispánicas... Urge estimular el conocimiento de las lenguas indígenas y trasladar las investigaciones de gabinete y biblioteca al campo. Recoger el documento viviente y palpitante en cinta y película, antes de que se pierda su pureza (p. 26).

Comenzando el trazo...

La danza del Parachico o de los Parachicos a partir de la tradición oral, se expresa y explora de diversas maneras en los lenguajes hablados, bailados, del movimiento, sonoros, musicales y desde los quehaceres cotidianos desembocando en los elementos materiales mismos de la danza, como de la fiesta, como lo expresa en otro sentido Jesús Morales Bermudez (2021): "Desde la mediación del cine, cada vez más explorado como recurso para el estudio de obras artísticas, musicales y literarias sobre todo, se amplía el horizonte de mirada para comprender 'la huella' de la oralidad y los relatos (p. 9).

Estos lenguajes que se han hecho desde la época prehispánica han quedado de alguna forma vigentes y establecidos en el transitar durante el recorrido de la danza por las calles, por los espacios públicos y privados de Chiapa de Corzo, dichos espacios cotidianos se transmutan convirtiéndose en la escenografía viva que alberga a personas para después ser grupos 'entes' (Real Academia de la Lengua Española, 2014, definiciones 1 y 2) del Ser y Estar del Parachico que se unen al grupo principal y generan lo que nosotros conocemos como la Danza de los Parachicos o Danza del Parachico de la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas; importante mencionar porque existen otras danzas con similares personajes, pero con otros contextos culturales y fenomenología dancística diferente.

Los conocimientos de los parachicos desde la tradición oral en los procesos históricos de Chiapa de Corzo, han ido fusionándose y permaneciendo en el tiempo, en las negociaciones entre los mismos líderes comunitarios, con grupos de poder legislativo, religioso, económico y administrativo, interno o externo a la comunidad; por lo que su conservación, sostén y afirmación identitaria es una constante búsqueda-resiliencia entre lo local a través de lo tradicional, lo popular y, lo global con las influencias de los factores socio-políticos-económicos, según lo planteó el sociólogo Nereo Nigenda Fernández (2005, pp. 13-16).

Los imaginarios persistentes en el colectivo, se permean en versiones orales remontadas a tiempos prehispánicos (Rosas, 2015, pp. 17, 20-25), sobreviviendo en lo popular y en la constante renovación (Rosas, 2015, pp. 26-27) que se acelera a pasos agigantados con las influencias externas de estandarización de lo es una tradición validada en el marco global (Nettl, B. 2005, pp-299-318).

En ese sentido, las percepciones marcadas desde el yo académico como profesional de la danza y mirando por fuera y, desde "en" habiéndome convertido en danzante, generan que el conocimiento parta desde el mismo análisis del movimiento, del ser personaje, desde las percepciones vividas a través del estar dentro de la Máscara y mirar a través de la misma, así como la percepción de la otredad "fuera" que se percibe de mí y desde los otros Detrás de la Máscara, en el transitar en los espacios tiempo-espaciales.

El análisis no es fácil ni ha llevado a un sólo camino, sino que permite ampliar las perspectivas de estudio, sobre todo aquellas que son obvias y que por ende se omiten, como "lo inmaterial de la danza: el movimiento" (Cifuentes, 2018), los momentos históricos retratados a través de la escritura del movimiento, gesto, pisada individual y colectiva, el sentir anatómico y perceptivo del ser que lleva la máscara, su posible ligación a través del movimiento al pasado ancestral, la connotación ligada a la tradición oral que se vive y su relación al sentir como danzante la biomecánica del movimiento, como lo menciona Manzanos (2000) "Conocedor e intérprete del baile desde que era pequeño a Rubisel ya no se le hace difícil. Sin embargo, cualquier persona que quiera incorporarse al festejo tiene que ensayar una y otra vez para entender la dinámica de movimiento y su desplazamiento en el espacio" (p. 44); el análisis del proceso psicomotriz durante el tiempo de ejecución de la danza, la vinculación de la 'sanación del niño' en la tradición oral con las actuales técnicas hidroterapéuticas, las resultantes observadas en el sentir colectivo y el aceleramiento, como lo comenta Rubisel Gómez Nigenda "Cada vez hay más gente, ha aumentado la cantidad de participantes y ha bajado la calidad del baile. (...) No se baila como se bailaba antes, la multitud ha generado un desorden y un poco de descontrol" (Manzanos, R. 2000, p. 47) "Venía hasta un japonés y me pidieron permiso para vestirse de parachicos (...) bailaron y se olvidaron del cansancio y de todo (...) Por eso le decía que todo evoluciona, todo en la vida es en base a cambios dependientes de las circunstancias" (Manzanos, R. 2000, p. 46) de procesos materiales e inmateriales por consignas ajenas a la tradición, así también como la mirada desde ser danzante mujer en un personaje masculino dentro de la tradición, la experiencia misma y las causales para definir la fertilidad de la danza a partir del movimiento mismo.

La perspectiva tiene que ver con los momentos históricos retratados en el cotidiano danzar de enero de 1996 hasta la actualidad que he participado, a partir de la notación o escritura dancística de los pasos y zapateados como parte de los conocimientos explícitos e implícitos y de las memorias utilizadas en los procesos de aprendizaje (Jiménez, M. 2013, pp.13-15); así como las formas coreológicas del colectivo y las afecciones de aceleración que ha generado la Declaratoria como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad al movimiento individual y colectivo de la danza.



Cartografías de la ritualidad danzada chiapacorcesa

Las formas coreológicas (Rosas, 2015, pp. 10-14) que se desarrollan dentro de las casas, ermitas, Iglesias visitadas durante los días del recorrido, varían en duración, así como en la forma natural del espacio donde se desarrolla la danza. En la parte social-ritual el maestro Nereo Nigenda Fernández observó que la estructura ceremonial constituía 17 apartados con una duración de aproximadamente diez minutos en los años 1940 a 1977 y, a partir de 1980 dicha estructura se disminuyó hasta los tres minutos (Nigenda, N. 2005, p. 43).

En relación al espacio cotidiano utilizado puedo describir que, al entrar en alguno de éstos, normalmente se encuentran las áreas de uso común como la sala o el comedor, incluso la antesala donde se encuentran sillas o sillones y el altar, con las imágenes veneradas en esa casa; en cuanto a las ermitas o Iglesias se encuentran las bancas destinadas para los allegados a las mismas. Cuando es el tiempo y espacio de la fiesta tradicional de enero, en los días de recorrido, el espacio se transforma escenificando, quedando sin sillas, sillones o bancas, dejando el espacio libre, los altares se encuentran adornados, los santos con toda su vestimenta limpia y parafernalia reluciente, las enramas se encuentran presentes y frescas, el ambiente de los anfitriones es de esperanza como lo sugiere Gladys del S. García (2015).

De ahí que el verbo esperar, alimentado por la esperanza, sea el que marque el pulso de los sueños humanos y el indicador permanente de la calidad de esa espera que, aunque sea de manera temporal, le permite creer al hombre que su ser, en tanto el proyecto que le fue encomendado, está siendo realidad; así la sensación del ser siendo lo acompaña hasta el final de sus días y la realidad de completitud solo sea percibida como horizonte. (pp. 121,122).

Los danzantes van entrando en grupo, poco a poco, ordenadamente, a su vez abriéndole paso al Patrón de la Danza para que se encuentre con los anfitriones y se conducen todos al altar, donde se sigue el la estructura ceremonial del ritual en espacios cerrados.

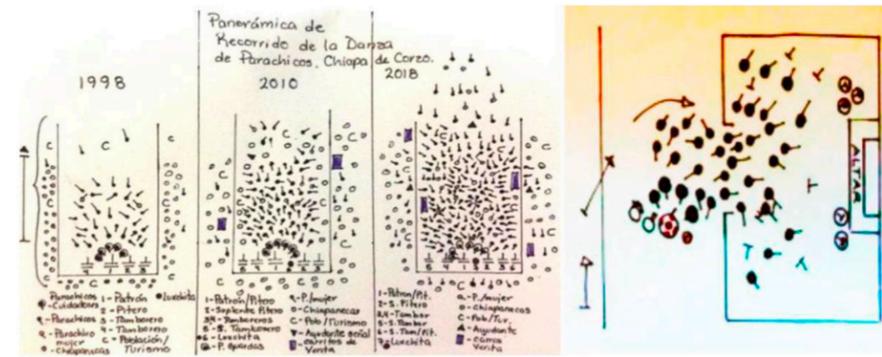


Ilustración 1. Casa del Barrio San Jacinto. Formación del recorrido en una línea temporal en Chiapa de Corzo y entrada a un espacio con altar. Rita Cifuentes, 2019.

Los parachicos no dejan de bailar, incluso si el carrizo deja de sonar por cambio de carrizo delgado a grueso o por cambio de son a zapateado; la continuidad es demarcada con la rítmica del tambor; los danzantes llegan a los espacios cerrados con la pisada de camino o del son de calle, después de la estructura ritual, los parachicos continúan bailando y para finalizar se concluye con los zapateados, cada salida lo inicia el son de María de Angulo. Al salir del espacio sagrado visitado, se recupera el espacio social: las calles de Chiapa, que también son sagradas, el grupo es delimitado por los parachicos laterales, así como las Luxchitas y la población que cordona con su andar la misma formación danzaria.

Los sones son mayormente de camino, se ejecutan principalmente en los espacios transitados de las calles durante todo el recorrido, como el son del Parachico, Cofradía de Puerco con Arroz, son de las Chuntá, son de Camisa de Contado, a excepción del son del Pendón o de la hincada como así le refiero por ser el único en el cuál la corporalidad cambia completamente, como lo mencionaré en el apartado siguiente. Los sones zapateados en cambio se realizan en los espacios visitados como el zapateado Chicote Planta o zapateado del Parachico o Bayaxhando, el Nacachumbí, Jabalí, El Torito, La Vaca o Vaquita (Cifuentes, R. 1998, p 38).

Las cartografías de los espacios varían de acuerdo al día celebrado 15, 17, 18, 20 y 23; son recorridos distintos que tienen como inicio la Casa del Patrón, las casas del barrio a visitar de la imagen del día conmemorado, más las del santo patrón de Chiapa y, el retorno a la casa donde dio inicio; existe un planteamiento general que procede con el inicio del recorrido, antes de la pasada de banderas, exclusivamente la pasada de banderas, después de la pasada de banderas, recorrido por la ciudad y finalizar (Nigenda, N. 2005, p. 65) así también pueden verse modificados por cuestiones naturales como el sismo en 2017 (SSN, 2017. Reporte especial) como también sucedió en 1975 donde muchas casas fueron cerradas por los terremotos sucedidos y eran un peligro para la población y la danza (Nigenda, N. 2005. p. 61).

Personajes que intervienen en la danza



Ilustración 2. Casa de los Madrigal. Personajes que intervienen en la danza y distribución de danzantes que varía en relación al espacio, células o pandillas-calpules; con luxchita, danzantes solos; población-turismo, anfitriones, músicos y patrón. Rita Cifuentes, 2019.

Cartografías corporales en el fenómeno

Los pies dentro de la pisada corporal señalan el tiempo rítmico, dejando que la acentuación del cambio de peso recaiga en la lateralidad derecha, esta situación principalmente porque la mayoría se mueve diestramente; la sonaja también es llevada principalmente del lado derecho y coincide con la acentuación de la pisada; el muelle, la colocación, la fuerza y la respiración por lo tanto generarán el impulso de movimiento dentro del fraseo rítmico musical, que origina una constancia visual del movimiento colectivo dentro del trayecto de los danzantes; el gesto corporal del brazo que lleva el chinchín, lo denominó "ven ven" porque acentúa lo remarcado de la rítmica de los sones, es aparentemente un movimiento semicircular del brazo y consecución del antebrazo, sin embargo le constituyen movimientos de alargamiento y acortamiento en forma de palanca que parte del impulso del muelle corporal.

El mismo colectivo delimita el movimiento coreutico de cada danzante en relación a su espacio de acción, por lo que el avance y el cambio de frentes se verán afectados en el recorrido, también esa situación, es condicionada por los distintos espacios escénicos que va recorriendo y donde se acciona la ritualidad danzada: dialogada en movimiento, en postura y sonoridades. Las condicionantes espaciales, proximales del colectivo proporcionan una formación flexible de los danzantes en la estructura general del grupo, que también se articulará en función de condicionantes propias y sociales como: la condición física para permanecer en la danza, si participan en grupo o pandilla, si están acompañados por Luxchita o familiar, si van cuidando a sus hijos, sobrinos, si se encuentran probándose en el grupo principal.

Dichas condicionantes nos muestran claramente las zonas de estructura organizacional propia de la danza, como las pisadas corporales tradicionales de los sones y zapateados, la distinción de los danzantes de acuerdo a la zona en la que se encuentran ubicados, las variantes y los elementos que se han ido integrando a la línea temporal desde 1998 hasta el 2020. La información generada ha sido en notación estructural Laban de las siguientes estructuras:

Parachico delantero o puntero, Parachicos laterales, Parachico cuidador.

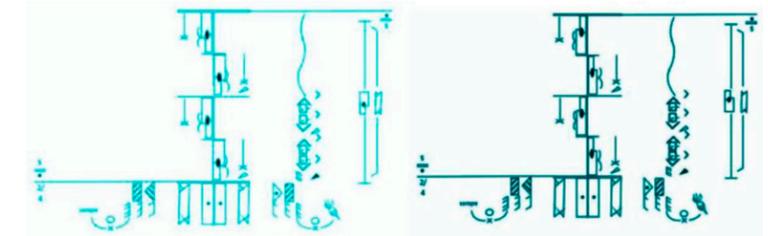


Ilustración 3. Pisada tradicional, correspondiente a los sones de camino. Zonas: Cuidadores del patrón y Punteros de la Danza. Elaboración: Mtra. Itzel del Valle Castañeda y Mtra. Rita Cifuentes, Ciudad de México, 2019.

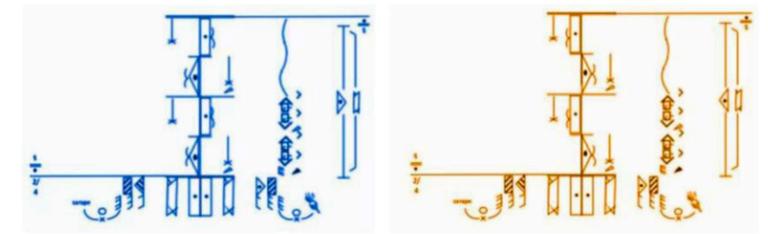


Ilustración 4. Pisada tradicional, correspondiente a los sones de camino. Zonas: Lateral derecha e izquierda del grupo. Elaboración: Mtra. Itzel del Valle Castañeda y Mtra. Rita Cifuentes, Ciudad de México, 2019.



Foto: México Desconocido

Los que denomino Parachicos punteros su frente mayormente está dirigido hacia adelante, pueden apoyar a comandar todo el colectivo porque son también adultos que ya saben la mayoría de los recorridos y van con sus hijos o nietos, a los que van ayudando a integrarse en la danza; los danzantes que se encuentran a los costados, son los laterales, su frente espacial está dirigido mayormente hacia los extremos de afuera y, los que se encuentran hacia dentro del grupo van en torno al patrón la mayoría del tiempo y, que por la proximidad sus frentes van rotando así como su estar en el grupo mayor de la danza; los parachicos cuidadores son los únicos que no cambian de frente porque van en relación directa al patrón y lo que produce es, que el mismo patrón continúe en un espacio para ejercer su propio transitar; solamente al entrar a un espacio por el hecho mismo de las condicionantes de cada uno, alteran su frente. Aún así cada danzante de Parachico es un agente único (Citro, 2004) que se desenvuelve particularmente (Mora, 2010) (Baez, C. y Gutiérrez, G. 2011) en torno a su pandilla, al grupo general y, conforme al entorno social y sacro que lo hace Ser.

Desde la declaratoria de los Parachicos en la fiesta tradicional de enero como patrimonio cultural inmaterial de la humanidad (UNESCO, 2010) la proximidad se ha visto más acentuada por el aglomeramiento, la intromisión de puestos móviles con venta de todo tipo, que incluso se intercalan durante el recorrido, denotado más después de la hora de la comida.

Las pisadas de muchos parachicos que se encuentran en las zonas laterales o punteras más visibles al exterior de la danza se han transformado, llegando a ser: cambios de peso solamente, incluso caminata corta, cambiando también en muchos casos la postura amplia de los brazos a una más postura cerrada para evitar golpear o afectar al público que observa la danza o ser afectados; en cambio, los parachicos que se encuentran concentrados hacia el patrón, la postura es lo que más les afecta, llevando a una pérdida de equilibrio, incluso a dejar de bailar o dejarse arrastrar por el colectivo; con lo cual se estaría cambiando o alterando el sentido de la danza: desde una percepción amplia de sanidad a una percepción de posición más cerrada con incomodidad de movimiento, introspección e inestabilidad, volviéndola peregrinación (Evans, S. 2015).

Los movimientos, el estar bailando y las posturas no se encuentran asimiladas conscientemente sino en la acción consecuente del movimiento conjunto dentro de la danza, como lo comentan (Escobar Vidal, G., Suárez, J.I., y Cruz Santiago, C. 2019 [conversación personal]) la sobreprotección de la máscara debido a los golpes, la pérdida del equilibrio y el abandono en un tiempo y tramo más corto.

Las pisadas tradicionales tanto del son de camino como de los zapateados, quedarían denominadas Pisadas Antiguas, transmitidas por los parachicos antiguos como Don Tomás de Jesús Cruz Escobar, Don Asunción Gómez Nigenda, Don Jorge Aguilar de León, Don Lorenzo Hernández Gómez, Don Jesús Aguilar Pérez; las variantes son aquellas pisadas que a partir del primer registro (Cifuentes, R. 1998) mutan, se transforman o evolucionan y surgen a partir de la observación en 2008 y las pisadas nuevas son las variaciones a

partir de la declaratoria. Las pisadas zapateadas que se detallan a continuación, son de acuerdo a la rítmica que proporcionan la música de los sonos zapateados y que dependerá en mucho, de la percepción consciente del danzante, como del espacio para la acción corporal y del pitero tradicional que las interprete para que se logre el sonido adecuado y la corporalidad requerida en la tradición, es importante mencionar que en los zapateados no se utiliza el chin chin.

El primer zapateado tiene un sonido profundo, es pausado y se acentúa principalmente la planta, con un sonido primario del tacón. Su rítmica es: ta-tá- ^caa taá que corresponde a **Pierna Derecha** en corchea= **Tacón**, corchea=**PL**anta del pie; **Pierna Izquierda** en negra=**PL**anta del pie y **Pierna Derecha** en negra=**PL**anta del pie. El muelleo es más pronunciado en el segundo tiempo de la pisada, permitiendo que, en el tercer tiempo de la pisada, la acentuación final se genere fuerte y se realice el cambio de peso para alternar el inicio del zapateado con el otro pie.

El movimiento coreutico es lateral o semi diagonal, permite un avance, la postura es holgada y amplia, la postura de las piernas es de compás (Bravo, F. 2015, p.42). Se continúa realizando por los mismos parachicos antiguos y sus discípulos.

Este primer zapateado tiene dos variantes generadas a partir del aglomeramiento permisivo causado por la Declaratoria como Patrimonio Cultural Intangible de la Humanidad y , también debido a los estilos que los carriceros o piteros proponen en la armonía musical.

Primera variante (Cifuentes, R. 2008, Archivo personal Foescsa). La rítmica es: taa- ^ta taá. En esta primera variante zapateada, la primer y segunda parte se unen a través de una sesquiáltera; por lo que la primera nota negra lleva un asentamiento intenso y el acento al comienzo de la segunda pisada es un contratiempo, para aterrizar en el acento en la tercer parte con el cambio de peso respectivo y, dar continuidad a la pisada con el otro pie. Esta pisada es muy fácilmente de aprender y de llevar durante el recorrido porque permite ir más descansado en el trayecto. **P.D.** en negra= **PL**, **P.I.** sesquiáltera en negra= **PL**; **P.D.** en negra= **PL**. La segunda variación o pisada nueva por los nuevos estilos armónicos, lleva la rítmica: ta-tá -^caa ta-tá.

Aquí a diferencia del zapateado antiguo, es la acentuación más débil, la postura y el espacio coreutico es más estrecho para realizar el zapateado. **P.D.** en corchea= **T**, corchea=**PL**; **P.I.** en negra= **PL**; **P.D.** en corchea= **T**, corchea=**PL**.

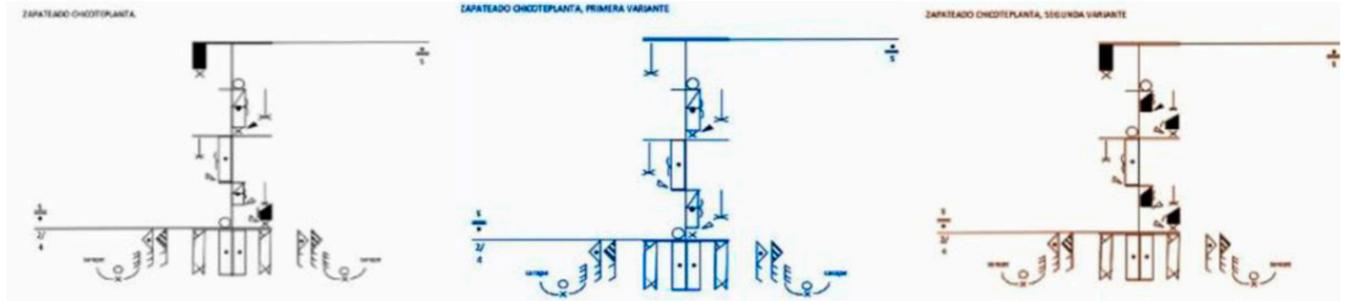


Ilustración 5. Pisada tradicional, correspondiente al primer zapateado y a sus dos variantes. Elaboración: Mtra. Itzel del Valle Castañeda y Mtra. Rita Cifuentes, Ciudad de México, 2019.

El segundo zapateado también es antiguo, estos zapateados los aprendí del parachico Tomás de Jesús Cruz Santiago; los danzantes que sabían ambos zapateados eran reconocidos como buenos Parachicos a través del concurso que se realizaba los días 20 de cada enero, hasta el año de 1999, que se dejó de efectuar dicho concurso.

A éste le denomino Pirinola, porque comienza partiendo del desplazamiento leve de cadera para apoyar el tacón y el metatarso, le continúa un paso seguido en lateral con apoyo de metatarso del pie contrario y un remate de tacón junto con el pie que inició, alternando los pies, nunca se apoya completamente la planta del pie; la rítmica generada es ^taa-ti -^kaa-a-tí (^1,2' ^3-4, 5,6') y se leería así: **Cadera-P.D.** en corchea= **Tacón/ metatarso (Pta.)**, **P.I.** en negra sostenida= paso seguido con apoyo al final en Tacón de **P.D./P.I. en Pta.** y remate en metatarso con **P.D.**

El desplazamiento es circular, la dinámica del movimiento es muy amplio que propicia que el sarape se extienda y en el colectivo se visualice la forma de vuelta de pirinola, por lo que el grupo se desplaza conjuntamente en círculos que se entrelazan; es muy cansado por lo que su variante más deslizada: el apoyo del pie es casi con toda la planta del pie en la segunda y tercera parte que lo componen, permite conforme avanza el recorrido del día, menos agotamiento.

Para aguantar el recorrido influyen también la edad, la condición física para aguantar, realizar adecuadamente las pisadas de camino y los zapateados, conocer las dinámicas de movimiento y códigos dancísticos.

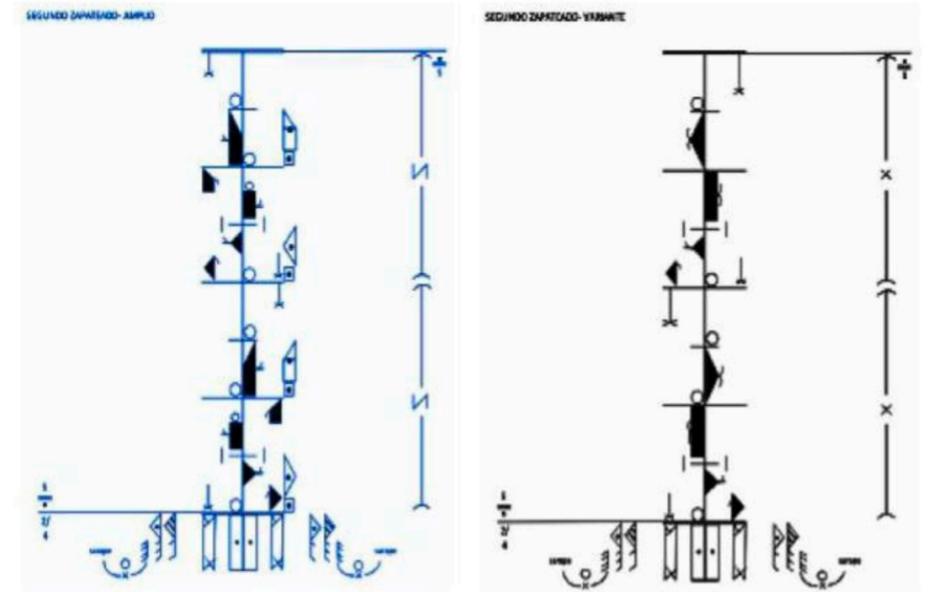


Ilustración 6. Pisada tradicional, correspondiente al segundo zapateado y variante. Elaboración: Mtra. Itzel del Valle Castañeda y Mtra. Rita Cifuentes, Ciudad de México, 2019.

Sin embargo, en la esperanza de una nueva oportunidad de bailar, de completar el ciclo, los danzantes Parachicos realizan una postura, sonoridad y corporalidad al son del Pendón o de despedida (Nigenda, N. 2005. pp 30-33) o son de la Hincada como le denomino, en este sentido, la dinámica del movimiento de hincarse es distinta en cada danzante, la rodilla izquierda se apoya en el piso y el pie derecho queda de soporte, la gesticulación se realiza con la mano que tiene el Chin chin con la siguiente rítmica de 2/4: Tu ru rún-tu ru rún- Tun Tún/ movimiento alternado arriba, hacia abajo y rematando en la última frase como en el movimiento del "ven- ven"; la mano que no carga el Chinchín va reposada en la rodilla derecha.

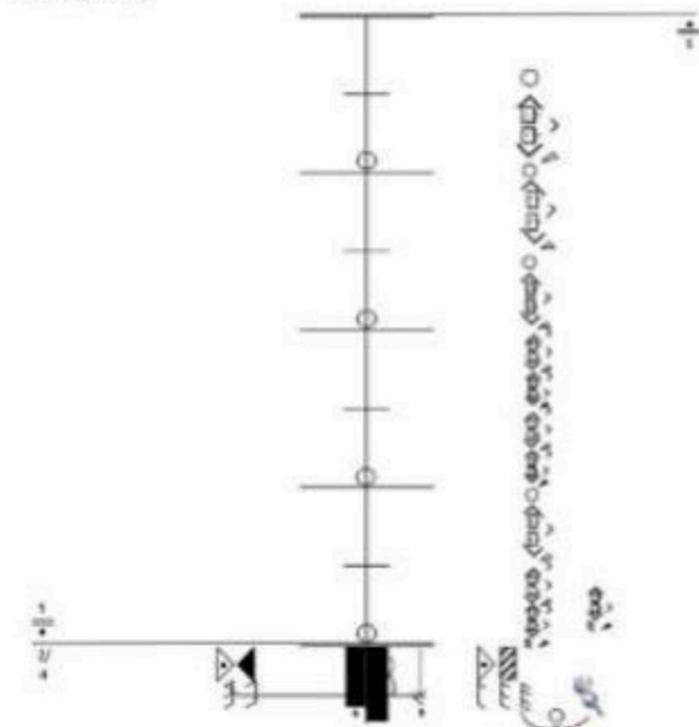


Ilustración 7. Pisada tradicional, correspondiente al Son de la Hincada, Despedida o Pendón. Elaboración: Mtra. Itzel del Valle Castañeda y Mtra. Rita Cifuentes, Ciudad de México, 2019.

Cartografías anatómicas y concluyendo el movimiento

En relación a la descripción anatómica del movimiento en la ejecución de la danza, la postura es amplia, de acuerdo a la Mtra. Amabela Ramírez Quintero (2019). Los brazos son en media abducción con flexión de codos, con los antebrazos en pronación y las manos en flexión; la pelvis tiende a una ligera retroversión con una contracción auxotónica, los isquiotibiales están en contracción concéntrica y los cuádriceps están excéntricos o alargando dependiendo de la extensión ([Entrevista], Escuela Nacional de Danza folklórica-INBAL).

En cuanto a la ejecución del danzante tradicional, si pudiese generar la postura adecuada considerando el siguiente ejercicio en el muelleo, pasa por la postura de "plié" (Calais-Germain, B y Lamotte, A. 2011, p. 279), con piernas separadas a la altura de la articulación coxofemoral, la realización del movimiento tiende o se encamina a la retroversión. Según mi experiencia como mujer en la práctica de la danza en esa postura se fija el trabajo de los abdomenes dando lugar a liberación de una rotación externa de la cadera, sensación de apertura sostenida, sujeta por los glúteos o una retroversión del glúteo mayor (Cifuentes, R. 2018). Es la tendencia de las espinas ilíacas hacia atrás y la pelvis hacia dentro.

Las conjeturas acerca de esta danza como fenómeno de fertilidad, en los sentidos anatómicos del sexo y del movimiento, se correlacionan con lo expuesto en (Calais-Germain, B. 2004) La forma y las proporciones de la pelvis varían de una persona a otra. En el hombre es más estrecha y en la mujer más ancha; estas diferencias están en relación con el papel que desempeña la pelvis femenina en la gestación y el parto (p. 48), las capacidades de movimiento de la misma, así

como de la articulación sacroilíaca donde (Calais-Germain, B., 2004) menciona que las variaciones de dimensión entre el estrecho superior e inferior, se producen, en particular en el momento del parto: al principio del encajamiento le corresponde una contranutación y en el periodo final (llamado expulsión) se produce una nutación (pp. 52, 53), dicha descripción corresponde al movimiento individual dentro del colectivo de danzantes, al género que danza el recorrido entrando y saliendo de los espacios sagrados, así como en la continuidad de los recorridos y esperanza del nuevo ciclo festivo, la constante resignificación de la leyenda para la curación y sanación del pueblo que le danza.

En el sentido de lo proximal, la disminución del espacio de acción, produce que la postura de la cadera se tienda en anteverción y ocasione que la postura adecuada se pierda, por lo que muchos danzantes salgan de la continuidad del recorrido y que exista un pronto cansancio en el quehacer dancístico.

El realizar una radiografía en el interior del cuerpo danzario como materia, esencial, identidad, colectividad, creatividad, es destacar la corporeidad consciente o estructurada en el tiempo a partir de los imaginarios, sus capacidades de adaptación en un tiempo y espacio transfigurado, interactuado y habitado. Sin embargo, hace falta analizar la velocidad del ritmo con el que se suscitan estos cambios a partir del siglo XXI, en los contenidos materiales parafernáticos de apoyo al movimiento corporal y de valor comunitario en los momentos cotidianos y de danza en la fiesta tradicional.



Foto: México Desconocido

Referencias

- Báez González, C. y González Gutiérrez, G. (2011). *Más que un atuendo de gala. El Parachica como patrimonio cultural de la humanidad*. [Tesis] UNACH. <https://bit.ly/3ylyZlk>
- Bravo Puebla, F. (2015). *Terminología y técnica básica para el aprendizaje de la danza folklórica mexicana*. Las Reyes.
- Calais-Germain, B. (2004). *Anatomía para el Movimiento, Tomo I. Introducción al análisis de las técnicas corporales*. La liebre de marzo.
- Calais-Germain, B. y Lamotte, A. (2011). *Anatomía para el movimiento, tomo II. Bases de ejercicios*. La Liebre de marzo.
- Cifuentes González, R. (1998). *La fiesta de enero y la danza de parachicos, Chiapa de Corzo, Chiapas, México*. [Tesis] ENDF-INBA.
- Cifuentes González, R. (06 de Octubre de 2018). *La danza de Parachicos de la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas*. [ponencia] XIV Foro Internacional de Música Tradicional. Danzas, indumentarias y bufones sagrados.
- Citro, S. (2004). *La construcción de una antropología del cuerpo: propuestas para un abordaje dialéctico*. <https://bit.ly/3JlJEs6>
- Evans, Susan. T. (2015). Implorar con los pies: Procesiones en Mesoamérica. *Arqueología mexicana* (131), pp. 34-39.
- García Restrepo, G del S. (2015). Una aproximación al sentido de la esperanza en María Zambrano. *Discusiones filosóficas* (26), pp. 119-128. <https://bit.ly/3lypGHM>
- Gómez Nigenda, R. (16 de mayo de 2018). [Carta Aval a Rita Cifuentes para el Comité de Selección del Fonca, Creadores Escénicos B] Documentos históricos (FONCA 2018-2019). Biblioteca Danza Estudio Tuxtla. 21
- Jiménez Naharro, M. (2013). *El Pensamiento de George Steiner sobre las lenguas y el lenguaje*. [Memoria final]. Universidad Pablo Olavide. <https://bit.ly/3JvSOYp>
- Manzanos, R. (2000). Danza, tradiciones contemporáneas. En R. Sepúlveda, *Arte moderno y contemporáneo de Chiapas*. pp. 22-59. Conculca Chiapas.
- Martí, S. (1961). *Canto, Danza y Música Precolombianas*. Fondo de Cultura Económica.
- Mora, A. (2011). *El cuerpo en la danza, desde la antropología: prácticas, representaciones y experiencias durante la formación en danzas clásicas, danza contemporánea y expresión corporal* [Tesis]. UNLP
- Morales Bermudez, J. (2021). Entre miradas, palabras y tradiciones. *LiminaR. Estudios sociales y humanísticos* 19(2), pp. 7-17. <https://bit.ly/3FyEAEH>
- Nettl, B. (2005). The continuity of Change: on people Changing their music. En B. Nettl (2a) *The study of ethnomusicology: thirty-one issues and concepts*. (pp. 299-318) University of Illinois Press. <https://bit.ly/3FusPiL>
- Nigenda Fernández, N. (2005). *Parachicos ¡Tradición Viva!* [Tesis] Ecosur.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2010). *Parachicos en la tradicional fiesta de enero de Chiapa de Corzo*. <https://bit.ly/3Ftat1p>
- Real Academia Española (2014). En *Diccionario de la lengua española* (23a ed.). Recuperado en 17 de abril de 2023, de <https://dle.rae.es/>
- Rosas Armenta, A. (2015). *Análisis semiótico del Ritual de los Parachicos. La acción de la danza desde la memoria y el culto en Chiapa de Corzo, Chiapas*. [Tesis]. CONACYT <https://bit.ly/3ZTEVdy>
- Servicio Sismológico Nacional (2017) *Reporte especial: Sismo de Tehuantepec, (2017-09-07 22 23:49 Mw 8.2)*, UNAM. <https://bit.ly/408Qlvf>

Reflexiones sobre las fronteras socioambientales en San Cristóbal de las Casas, Chiapas

Carlos Manuel Girón Guzmán
Universidad Autónoma de Chiapas

Resumen

Desde mediados del siglo XX, las fronteras como construcciones sociales, que son producidas, definidas por los seres humanos, ayudan a entender el potencial que tiene el confrontar, reaccionar y vincular dos entidades diferenciadas que pueden relacionarse. Es decir, mirar a las fronteras como lugares de encuentro, interacción y contacto, donde “se crean nuevos espacios híbridos o áreas de fusión, donde lo diferente se encuentra y produce algo nuevo” (Porcaro, 2017, pág. 96). En este sentido, se generan nuevas maneras de entender la realidad, algunas relacionadas con la vinculación naturaleza sociedad, donde se reconoce una dicotomía heredada de la modernidad, pero se intenta superar y problematizar.

Uno de los acercamientos es la frontera socioambiental que en este documento es entendida como el territorio donde convergen las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza. Esta mirada permite abonar a la explicación de los procesos sociales que se relacionan con los conflictos socioambientales, es decir, debe reconocerse como un recurso epistemológico para el estudio de los territorios en su vertiente ambiental (Ochoa y Llanos, 2020) que busca comprender la relación entre la naturaleza y la sociedad en el contexto de crisis ambiental. Esto se permite mediante la revisión de los actores, sus prácticas productivas, culturales, jurídicas, económicas y las transformaciones históricas como la sociedad construye el territorio en diálogo constante con la naturaleza.

El objetivo de este ensayo es presentar una reflexión sobre el estudio de las diversas concepciones de fronteras socioambientales aplicables en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. En este sentido, se realiza un ejercicio exploratorio guiado por las siguientes cuestiones: ¿qué tipo de fronteras socioambientales emergen entre el territorio a partir de la interacción de fronteras objetivas y subjetivas? ¿Quiénes son los actores y las expresiones que indican la existencia de fronteras socioambientales y dan cuenta de algunos intersticios? A partir de ello, se realiza la revisión de fuentes bibliográficas que proporcionan un breve acercamiento a las fronteras y su vinculación con el ambiente;

con la revisión hemerográfica y de webgrafía se plantea el reconocimiento de las fronteras objetivas y subjetivas que construyen el abordaje e ilustran con ejemplos algunas de las fronteras socioambientales y sus intersticios en San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Acercamiento a las fronteras y su relación con el ambiente

Durante mucho tiempo, la idea de frontera ha sido utilizada para establecer límites, frecuentemente relacionados con fronteras nacionales, estatales, objetivas, como la delimitación material a gran escala, fronteras horizontales y verticales (Rodríguez, 2015), fronteras agrarias (Salizzi, 2017) y fronteras como frente (Castellanos Navarrete, 2022). Sin embargo, los estudios sobre las fronteras se han diversificado; encontramos investigaciones con matices y propuestas, como las fronteras subjetivas o metafóricas, fronteras filosóficas (Rodríguez, 2020), fronteras entre disciplinas o esferas, las fronteras cotidianas y otros tipos de frontera. De acuerdo con Porcaro (2017), los que hacen referencia a las delimitaciones físicas son estudios sobre fronteras y los que abordan la diversidad de temas novedosos y emergentes son teoría de fronteras. Por lo tanto, en las ciencias sociales existen otras formas de mirar y entender las fronteras cuya discusión ha sido fértil en las últimas décadas.

Asimismo, las fronteras pueden comprenderse como espacios donde las relaciones sociales se tejen y, en consecuencia, existen en movimiento y en contradicción¹. Es decir, pasamos de una mirada exclusivamente geográfica y político-administrativa (regulaciones, leyes, protocolos) a entender la frontera como un espacio complejo y a veces fragmentado, que requiere de la interdisciplinariedad y, en consecuencia, el diálogo entre distintas maneras de acercamiento, dimensiones de análisis y categorías en los estudios de las fronteras.

¹En palabras de Grimmon (2000), las fronteras como “interfases tangibles de los Estados nacionales unen y separan de modos diversos, tanto en términos materiales como simbólicos” (pág. 3).

Asimismo, los retos en el ambiente han acentuado la idea de crisis en varios temas como el agua, el bosque, los ecosistemas terrestres y marítimos. Para este ensayo, el ambiente es entendido como “el sistema global de elementos heterogéneos e interactivos de carácter físico, biótico, social y cultural que configura el espacio donde ocurre todo” (Folch y Bru, 2017, pág. 54), es decir, son los componentes naturales², sociales y culturales del entorno en que se vive. La naturaleza y el ambiente están estrechamente interrelacionados y se parte del acercamiento desde la ecología política como campo de estudio que busca entender cómo las políticas, las instituciones y las prácticas sociales impactan el mundo natural y viceversa. La generación de problemáticas y fenómenos conflictivos cada vez más profundos, por ejemplo, los relacionados con el acceso desigual al agua, la contaminación ambiental y otros contribuyen a repensar los territorios, las identidades, percepciones y narrativas que se han incorporado al estudio de las fronteras.

El reconocimiento de fronteras objetivas y subjetivas

Chiapas es un estado del sureste mexicano, que se caracteriza por su diversidad ambiental, cultural, lingüística y étnica. Sin embargo, esta misma diversidad ha llevado a conflictos sociales, políticos y económicos recurrentes. Las fronteras objetivas al interior del estado son tan diversas, como las fronteras productivas, las fronteras político-administrativas o las fronteras naturales. Una de las fronteras subjetivas más relevantes en Chiapas es la que separa a las comunidades indígenas de las no indígenas; esta frontera se ha construido a lo largo del tiempo y se ha profundizado con las desigualdades y discriminación hacia los pueblos originarios. Otra es la que divide a las zonas urbanas de las rurales; mientras que en las ciudades existe una población más grande y se tiene acceso a servicios básicos como el agua potable, la electricidad y servicios de salud, muchas comunidades rurales no tienen acceso a estos servicios públicos, lo que imita su calidad de vida y genera presiones adicionales con la intervención de empresas extractivas y el turismo acentuado en las últimas décadas.

En el municipio de San Cristóbal de las Casas existen fronteras objetivas y subjetivas (Sánchez, 2008), donde en palabras de Benedetti “las ideas del pasado juegan en el presente”, el pasado está vigente y en contante diálogo con las políticas públicas, pero, sobre todo, con las prácticas sociales del presente. Asimismo, como ciudad multicultural, con relevancia turística en el estado y fluctuaciones poblacionales constantes, tiene límites (y sus matices) muchas veces vinculados y en diálogo. En términos de fronteras objetivas, la ciudad está delimitada por fronteras políticas, incluyendo límites barriales, municipales y

estatales. Asimismo, se pueden distinguir fronteras físicas, como calles, avenidas, zona norte, zona sur, espacios de consumo, de extracción de arena y grava³, de agua, construcciones para habitación y de comercio. En cuanto a las fronteras subjetivas, San Cristóbal de las Casas es un lugar con una visible diversidad cultural, étnica, lingüística, religiosa, económica, política o de orientación sexual y en el camino se encuentran nuevas propuestas de fronteras aplicables en el contexto de este pueblo mágico.

Estas fronteras convergen y se superponen en el territorio, generan un diálogo constante en distintas escalas y, por lo tanto, son necesarias para explicar las fronteras socioambientales, algunas visibles y objetivas con las menos claras y difusas.

Acercamiento a las fronteras socioambientales en el territorio

Las distintas formas de fronteras se pueden articular en torno al ambiente, se convierten en fronteras socioambientales, donde convergen las fronteras objetivas y subjetivas. La primera articulación se da porque la relación entre la sociedad y ambiente genera intercambios conflictivos y de cooperación entre los que tienen y los que no tienen acceso o se ven limitados; la segunda, porque los problemas ambientales, si bien afectan a toda la población, lo hacen de manera desigual; y la tercera, por la articulación de movimientos ambientales que trastocan las fronteras estudiadas.

Primero, la sociedad ha crecido de manera vertiginosa y desordenada en los últimos años, por lo que la necesidad de servicios públicos se ha incrementado, los nuevos asentamientos (algunos de ellos construidos en la irregularidad legal) necesitan agua, electricidad y ocupan nuevos espacios. La presencia de construcciones en la zona ha generado la pérdida del hábitat natural, la contaminación de la tierra y el agua, el manejo deficiente de los residuos inorgánicos y orgánicos, el incremento de desechos que afecta a la salud humana, causa enfermedades gastrointestinales, problemas renales y en la piel. Pero también tiene impacto en la biodiversidad.

Existen estudios sobre cómo se encuentran afectados o en peligro de extinción el “popoyote” o pez escamudo (*Profundulus hildebrandi*), el tecolote barbudo (*Otus barbarus*), la culebra acuática (*Thamnophis proximus*), la cerceta ala azul (*Anas discors*) y la garza grande (*Ardea alba*), entre otros. La naturaleza es supeditada y dominada a las decisiones e intervenciones humanas, incluso si estas acciones afectan su propio entorno.

En este territorio convergen acciones provenientes de empresas privadas, instancias gubernamentales, sociedad civil organizada, organizaciones internacionales, grupos armados, de los habitantes, los barrios organizados y visitantes temporales. Existe una lucha

continua por la apropiación del territorio, para la construcción de vivienda, el aprovechamiento del suelo y el uso del agua, a tal grado que se llevan a cabo diversas formas de extractivismo (Acosta, 2012), neoextractivismo (Svampa, 2019; Merchand, 2016) o incluso como hidroextrativismo⁴. Este último, puede verse ejemplificado en las manifestaciones que se han dado por la renovación de la concesión a FEMSA por parte de la Conagua. Pero también pueden surgir acciones de cooperación, derivado del contexto peculiar de San Cristóbal de las Casas donde existe intervención de los residentes extranjeros, que ha sido relevante y lo sigue siendo. Mariel nos recuerda en su tesis doctoral que “en 1973 se hizo la reforestación del Cerrito de San Cristóbal con la intervención del profesor José Weber, la etnógrafa Getrude Duby y el arqueólogo Frans Blom” (Cameras, 2020, pág. 50), y, actualmente, los extranjeros residentes o temporales se convierten en una fuente de creatividad y participación en los colectivos del municipio, se unen a las campañas y actividades con los pobladores locales e indígenas.

En este contexto, encontramos el segundo argumento donde se observan las fronteras socioambientales, que se dan en el sentido de que existe diversidad de habitantes y visitantes, migrantes, turistas temporales, estudiantes, investigadores, representantes de organizaciones internacionales, retirados, desplazados, comerciantes y algunos con proyectos de vida sujetos al territorio. En tal caso, en San Cristóbal de las Casas se pueden diferenciar de manera geográfica las desigualdades sociales en la vivienda, las actividades económicas y acceso a servicios públicos (Cruz Burquete y Beutelspacher, 2009), y las diferencias de acceso a recursos económicos, de educación, de espacio de trabajo, de oportunidades, espacio lúdico, recreación temporal, etc., que impactan en la violencia e investigación; por otro lado, factores como la adscripción étnica produce que cada habitante del lugar lo perciba de manera diferente. Por ello, la falta de agua, de disponibilidad de tierra, de un ambiente sano y alimentos de calidad dependen de la circunstancia de cada individuo. Quien se encuentre retirado entre el bosque de montaña en San Cristóbal de las Casas, con recursos para comprar agua mediante pipas, con internet y una casa segura, vivirá de manera menos desagradable la sequía, la contaminación, las olas de calor e incluso la violencia que las familias en situación de desplazamiento, migración forzada, con bajo nivel educativo, sin vivienda propia y con escasos recursos económicos que son producidos y reproducidos por los distintos actores en la arena de las interacciones sociales.

Tercero, ante las acciones de agentes locales o nacionales que buscan hacerse de un recurso para su explotación o uso en condiciones de desigualdad de poder, se ha dado el surgimiento de movilizaciones, manifestaciones y otras

formas de expresar la inconformidad por colectivos, organizaciones de la sociedad civil y organizaciones sociales en las colonias. Algunos de ellos son cercanos a la idea de la inapropiabilidad de la tierra (Campillo, 2020) y, por lo tanto, los humanos como meros transeúntes temporales debemos reconocer la importancia de nuestra relación con el resto de los seres vivientes. Sin embargo, estas formas ideológicas se contraponen con las ideas de desarrollo y crecimiento, es por ello que se generan conflictos, pues son fronteras ontológicas o fronteras ideológicas que están en constante negociación en las relaciones a distintas escalas en el territorio.

Las intersticios como elementos en las fronteras socioambientales

Existen intersticios que son espacios donde se observan fenómenos sociales o naturales, en el que distintos grupos, especies e individuos conviven, convergen y luego se retiran, pero que en la interacción han creado vínculos más o menos permanentes, son puntos de convergencia de distintas fronteras socioambientales.

Por principio, es importante tener en cuenta que estas fronteras objetivas o subjetivas pueden ser percibidas de manera diferente por los individuos. Estas limitaciones pueden ser influenciadas por la historia familiar, los prejuicios y experiencias personales. Desde las ciencias sociales, los intersticios se refieren a los espacios que se encuentran entre las estructuras sociales, políticas, económicas y culturales dominantes, donde las distintas “trazas de una ciudad, sus procesos económicos y relaciones sociales convergen” (Cárdenas, 2013, pág. 9). Estos espacios pueden ser físicos como lugares no utilizados o abandonados, pero también pueden ser simbólicos, como las prácticas culturales y sociales que desafían las normas y valores hegemónicos.

Los intersticios son lugares de resistencia y subversión, donde las personas, grupos marginados, colectivos organizados o grupos comunitarios encuentran formas de desafiar y transformar las estructuras dominantes. Por ejemplo, en San Cristóbal de las Casas son los espacios donde se llevan a cabo prácticas y discursos que desafían las normas y valores de la sociedad dominante o incluso si solo las cuestionan. Ejemplos claros son las ideas de consumo local, las formas alternativas de organización o de vida, como el uso de la bicicleta en lugar del automóvil, la bioconstrucción, comercio justo o slow food.

Asimismo, el papel de las mujeres ha sido central, se han generado movimientos feministas (en todo el país) relacionados con el ambiente frente a un sistema patriarcal que se renueva, reproduce y constriñe las acciones de las mujeres, pero también de la naturaleza. En este sentido, se han generado estudios que evidencian cómo los territorios se han (re)patriarcalizado promoviendo

la expansión del capital mediante megaproyectos y otras formas neocoloniales de despojo de los espacios de vida, mediante acciones extractivistas (Cruz-Hernández, 2020). El feminismo de frontera da cuenta de los sesgos de la desigualdad de géneros en los territorios (Núñez, 2018) de San Cristóbal de las Casas; estas reflexiones están presentes, han tenido acercamiento a la ecología política desde las redes de mujeres a favor del agua y la vida⁵. Molina (2018) propone que las narrativas subversivas de los barrios de Cuxtitali y Las Delicias son resultado de la herencia del movimiento del EZLN y que, en consecuencia, existe una transición paradigmática hacia nuevas racionalidades éticas que surgen ante las contradicciones de la modernidad. En relación con eso, Galán (2022) coincide en que fue este evento el que “influyó y empujó a un sector de jóvenes que heredaron ideas de protesta de las décadas anteriores y los llevaron a solidarizarse con los indígenas de Chiapas a partir de la irrupción del EZLN el 1 de enero de 1994” (Galán, 2022, pág. 1). Si bien fue el momento detonante, existen otros factores que han contribuido al surgimiento de grupos activos y con propuestas sobre las decisiones que se toman en sus territorios, muchas veces relacionadas con la transformación del ambiente, como la construcción del túnel, la discusión por la planta potabilizadora, la ocupación de los humedales, entre otras.

Asimismo, se ha observado que estos cambios y visibles afectaciones ambientales han potencializado un “giro ambientalista” (Cameras, 2020) del activismo urbano. En consecuencia, se han tenido resultados visibles de la intervención y participación de la sociedad civil, como en la arena legal, cuando el 7 de diciembre de 2010 se creó a nivel estatal la Ley para la adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el estado de Chiapas antes de la Ley General de Cambio Climático publicada hasta el 6 de junio de 2012.

Una de las problemáticas icónicas del municipio son los llamados humedales de montaña (La Kist con 110 hectáreas y María Eugenia con 115 hectáreas), que fueron declarados⁶ en 2008 como áreas naturales protegidas sujetas a conservación ecológica en el estado de Chiapas; también se nombraron sitios Ramsar ese mismo año. Recientemente –en 2022– estos humedales fueron nombrados Hábitat Crítico por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2022). Sin embargo, por un lado, están las declaraciones oficiales, y por otro, las acciones reales por detener urbanización de la zona. Este ejemplo de frontera socioambiental donde distintas visiones se superponen no logra avanzar hacia el cuidado de la naturaleza, pero tampoco del cuidado del ser humano.

Por lo tanto, surgen movimientos y redes alrededor de esta lucha, conformado por diversidad de hombres y mujeres de distinto origen y circunstancia, crean espacios en común,

² Se refiere a todos los seres vivos, los ecosistemas y los procesos físicos y químicos que los sostienen (montañas, ríos, lagos, humedales, plantas, clima y procesos geológicos).

³ Ávila realiza un acercamiento al proceso de extracción de arena y grava en San Cristóbal de las Casas mediante la teoría de la teleconexión urbana de la tierra, que se refiere a las relaciones y el flujo de materiales que se va experimentando entre el campo y la ciudad, para analizar la percepción ambiental de la población desde la ecología política y que abona a la discusión sobre el extractivismo (Ávila, Ávila y López, 2020).

⁴ Hace referencia a “las interrelaciones entre la extracción de recursos naturales y el agua en un escenario donde ambos son abundantes en la naturaleza” (Kauffer, 2021, pág. 13). La autora propone tres tipologías, hidráulico, energético y tradicional. Para este caso aplica el hidráulico ya que consiste entre otros elementos, en la evidencia de contradicciones con poblaciones que viven sin agua teniendo abundancia, la existencia de alianzas entre gobiernos y empresas para la extracción del recurso y el traslado de esta agua como un bien, por ejemplo, las bebidas azucaradas y gasificadas.

⁵ La Red de Defensoras del Agua y el Territorio ha creado la “Escuela de mujeres defensoras del agua y el territorio”, donde se han realizado recorridos a la cuenca del Valle de Jovel y se ha abordado el enfoque ecofeminista como herramienta para atender la realidad del municipio.

⁶ Las declaratorias tuvieron falencias que hasta la fecha se encuentran cuestionadas, como la falta de proceso de consultas ciudadanas, la ausencia de modificaciones al plan del ordenamiento ecológico territorial, no se expropiaron los terrenos ubicados dentro de las zonas protegidas y el surgimiento de amparos por parte de los propietarios –políticos locales– que lograron vender esos terrenos, generando su urbanización con el relleno acelerado de estos humedales.



Foto: Casa Lum

dialogan, se retroalimentan y generan nuevas posibilidades de lucha, mediante expresiones culturales, artísticas, las marchas, posicionamientos en ruedas de prensa e incluso denuncias legales. Esto puede ser un intersticio, pues sin la lucha en común por el ambiente sano (el agua y la vida), su interacción podría ser improbable.

Asimismo, los intersticios se han utilizado para referirse a las brechas o limitaciones dentro de las estructuras dominantes y surgen en respuesta a las ausencias, por ejemplo, si existen áreas donde las políticas públicas no llegan (organizaciones que buscan mejorar la condiciones de acceso al agua) –cualquiera que sea el motivo– o donde los derechos y necesidades de ciertos grupos no son atendidos adecuadamente (colectivos que promueven la visibilidad de las problemáticas socioambientales, falta de acceso a agua de calidad, el papel de las mujeres en la gestión del agua y la violencia). Ante estas problemáticas, las personas interactúan y ejecutan soluciones locales que pueden ser innovadoras o que promueven la transformación del contexto en estas fronteras socioambientales.

Reflexiones finales

En los estudios de fronteras socioambientales se pueden mirar propuestas innovadoras, vigentes y cada vez más relevantes en la comprensión de la relación sociedad-naturaleza. Algunos autores invitan a revivir a la naturaleza y no considerarla como externa al ámbito social. Finalmente, en el caso de San Cristóbal de las Casas, se pueden identificar distintos tipos de fronteras, como las fronteras productivas, las fronteras político-administrativas, las fronteras naturales, fronteras urbanas, fronteras feministas, fronteras sociales y fronteras ideológicas. Asimismo, en el municipio las fronteras objetivas y subjetivas se vinculan, se trastocan y convergen en entramados de fronteras socioambientales que se articulan generando intersticios. Estos entramados son contruados y controlados por distintos actores, donde el poder político y económico se encuentran en juego. Las poblaciones vulnerabilizadas son las que menos posibilidades tienen de acceso a agua y ambiente sanos, pero también de ahí surgen los agentes que desafían las fronteras y disrumpen con acciones que visibilizan sus problemáticas, y que, de acuerdo con la literatura revisada, fueron impulsadas primariamente por el movimiento del EZLN. Actualmente, los actores locales, incluyendo a los extranjeros residentes, estudiantes, investigadores y académicos, son quienes contribuyen a la discusión y producen intersticios de intercambio ideológico, de intercambio de saberes y recursos para la lucha socioambiental.

Referencias

- Acosta, A. (2012). Extractivismo y neoextractivismo: dos caras de la misma maldición. *Más allá del desarrollo*, 1, 83-118.
- Ávila, L. E., Ávila, Á., y López, J. L. (2020). Teleconexiones entre sistemas socioecológicos y percepción socioambiental ante la actividad extractiva en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. En R. P. Escobar Sandoval y J. Pohlenz Córdoba (Coords.), *Territorio, cultura y medio ambiente* Universidad Intercultural de Chiapas.
- Cameras, M. M. (2021). *Giro ambientalista de las organizaciones vecinales: sociedad civil, cooperativismo, infraestructura y territorio en San Cristóbal de las Casas, Chiapas* [Tesis de doctorado, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social]. <https://ciesas.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1015/1379/1/TE%20C.M.%2020%21%20Mariel%20Soledad%20Cameras%20Myers.pdf>
- Campillo, A. (2020). ¿Cómo habitar la Tierra? *Baja Palabra*, 23, 213-238. <https://doi.org/10.15366/bp.2020.23.008>
- Castellanos Navarrete, A. (2022). Un Monocultivo de Frontera: Historia de la Palma Africana como Proyecto de Modernidad Capitalista en el Sur de México. *Journal of Latin American Geography*, 22(1), 57-82. <https://digitalcommons.lsu.edu/jlag/>
- Cruz Burguete, J. L., y Beutelspacher, A. N. (2009). *Sociedad y desigualdad en Chiapas. Una mirada reciente*. ECOSUR.
- Cruz-Hernández, D.T. (2020). En un rincón de la frontera se teje insurgencia. Territorios encarnados ante la (re)patriarcalización. *Ecología Política*, 60, 16-23. doi.org/10.53368/EP60MACep01
- Folch, R. y Bru, J. (2017). *Ambiente, territorio y paisaje. Valores y valoraciones*. Editorial Barcino.
- Galán, F. J. (2022). Espacios contraculturales en San Cristóbal de las Casas alrededor del movimiento zapatista en 1994. *Revista CoPaLa*, 7(15). <https://doi.org/10.35600/25008870.2022.15.0208>
- Grimsson, A. (2000). Pensar fronteras desde las fronteras. *Nueva Sociedad*, 170, 1-5.
- Kauffer, E. (2021). Hidroextractivismo en la cuenca del Usumacinta: entre dinámicas transfronterizas y diferenciaciones fronterizas. *Trace*, 80, 171-199.
- Merchand, M. A. (2016). Neoextractivismo y conflictos ambientales en América Latina. *Espiral (Guadalajara)*, 23(66), 155-192.
- Molina, V. A. (2018). *Prácticas sociales frente a la modernidad en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. La experiencia de los barrios Cuxtitali y Las Delicias* [Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur]. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2077/1/58910_Documento.pdf
- Núñez, P. G. (2018). Feminismo de frontera. La construcción de lo femenino en territorios de integración tardía. *Feminismo/s*, 31, 205-230. <https://doi.org/10.14198/fem.2018.31.10>
- Ochoa, J. M y Llanos, L. (2020). ¿Por qué la frontera socio-ambiental es un concepto importante en los estudios territoriales? *Revista Boletín Redipe*, 9(7), 44-60. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1016>
- Porcaro, T. (2017). Perspectivas teóricas en el estudio de las fronteras estatales desde la geografía. En S. Braticevic, C. Tommei y A. Rascovan (Comps.), *Bordes, Límites, Frentes e Interfaces. Algunos aportes sobre la cuestión de las fronteras*. El Colegio de la Frontera Norte. https://www.academia.edu/37618880/Perspectivas_de_la_cuesti%C3%B3n_de_las_fronteras_estatales_desde_la_geograf%C3%ADa_Porcaro_2017
- Rodríguez, R. (2015). *¿Qué es la frontera?* Estudios Fronterizos Grupo de Investigación UACM. <https://estudiosfronterizos.org/2015/02/22/que-es-la-frontera-por-roxana-rodriguez-ortiz/>
- Rodríguez, R. (2020). Los estudios sobre fronteras desde una perspectiva comparativa. En R.
- Rodríguez, E. Coraza de los Santos y S. Lastra (Eds.), *Miradas a las migraciones, las fronteras y los exilios*. CLACSO. <https://roxanaVCazortiz.com/2020/04/07/los-estudios-sobre-fronteras-internacionales-desde-una-perspectiva-comparativa/>
- Salizzi, E. (2017). Notas para el estudio de la frontera agraria en Geografía: de la frontera del agricultor a la frontera agraria moderna. En S. Braticevic, C. Tommei y A. Rascovan (Comps.), *Bordes, Límites, Frentes e*

Interfaces. Algunos aportes sobre la cuestión de las fronteras. https://www.academia.edu/37627388/Notas_para_el_estudio_de_la_frontera_agraria_en_Geograf%C3%ADa_de_la_frontera_del_agricultor_a_la_frontera_agraria_moderna

Sánchez, L.V. (2008). *Fronteras subjetivas. Sujetos de la discursividad y sociabilidad en San Cristóbal de las Casas (el caso del andador eclesiástico)* [Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/806?locale-attribute=en>

SEMARNAT (2022, 1 de abril). Se establece el Hábitat Crítico en los Humedales de Montaña "La Kiss" y "María Eugenia", en San Cristóbal de las Casas, Chiapas [Comunicado de prensa]. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/se-establece-el-habitat-critico-en-los-humedales-de-montana-la-kisst-y-maria-eugenia-en-san-cristobal-de-las-casas-chiapas?idiom=es>

Svampa, M. (2019). *Las fronteras del neoextractivismo en América Latina: conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependencias*. Bielefeld University Press.

Desafíos y esfuerzos para cerrar la brecha digital en Chiapas, México:

acciones del Gobierno de Chiapas

Sheyla Karina Flores-Guirao y José Armando Fragoso-Mandujano
Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez

Introducción

Internet es una red global de computadoras que permite la transmisión e intercambio de información, datos y comunicación entre individuos y organizaciones. Se ha convertido en una herramienta esencial para fines personales, profesionales y educativos, y su uso ha crecido rápidamente en los últimos años. Según un informe de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, a partir de 2021, alrededor del 60 % de la población mundial tiene acceso a Internet, y algunos países tienen tasas de conectividad más altas que otros (UIT, 2021). En la Ilustración 1 se contrasta la posición de México ante el mundo donde aproximadamente en México, al 2020 el 70 % de la población tenía acceso a Internet, con disparidades significativas entre las zonas urbanas y rurales (INEGI, 2020).

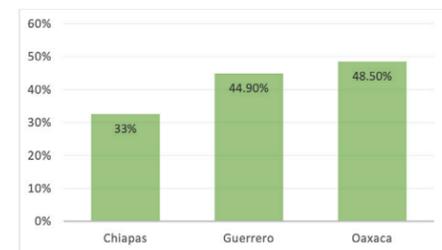


Ilustración 1. México ante el mundo. Comparación del porcentaje de población con acceso a Internet. Fuente: INEGI, 2020.

A pesar del crecimiento del acceso a Internet en México, persisten los desafíos, incluidas las limitaciones de infraestructura, el acceso desigual y los problemas de asequibilidad, particularmente en áreas marginadas (OCDE, 2019). El Gobierno y el sector privado han estado trabajando para abordar estos desafíos a través de varias iniciativas, como aumentar la inversión en infraestructura y otorgar subsidios a los hogares de bajos ingresos (OCDE, 2019). Sin embargo, según un informe del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), al 2021 solo el 38.2 % de los hogares en Chiapas tiene acceso a Internet, en comparación con el promedio nacional de 57.4 % y, de acuerdo con

la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) en zonas rurales, poco más del 30% de la población tiene acceso a Internet en contraste con estados vecinos; Oaxaca cuenta con un 48.5 % y Guerrero con 44.9 % (INEGI, 2020). Dicha información se ejemplifica en la Ilustración 2, esto destaca los importantes desafíos que enfrenta el Estado en términos de acceso a Internet y conectividad.

Además, un estudio de la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI) encontró que las principales barreras para la adopción de Internet en México son el alto costo de los dispositivos y servicios, la falta de alfabetización digital y la infraestructura limitada. Estos hallazgos sugieren que abordar los desafíos técnicos en Chiapas requerirá un enfoque multifacético que incluye abordar las limitaciones de infraestructura, mejorar la alfabetización y capacitación digital, y reducir el costo de los dispositivos y servicios. Particularmente entre las poblaciones indígenas, se presentan desafíos adicionales para aumentar la adopción y el uso de Internet.

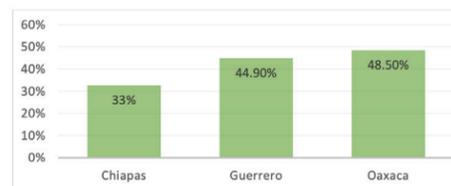


Ilustración 2. Acceso a internet en zonas rurales de Chiapas en contraste con estados vecinos. Fuente: INEGI, 2020.

Los directores de educación básica, media superior y superior en Chiapas enfrentan una variedad de problemas técnicos y logísticos que están afectando su capacidad para brindar las condiciones ideales para el desarrollo cognoscitivo de los alumnos en las escuelas. Uno de los principales problemas es la falta de acceso a tecnología moderna y conectividad a Internet en muchas partes de la región, lo que dificulta que los directores se comuniquen con maestros y estudiantes, accedan a recursos educativos y gestionan tareas administrativas. Además, a menudo hay escasez de libros de texto, materiales y suministros básicos, lo que puede obstaculizar el proceso de aprendizaje y crear desafíos adicionales para los directores. Asimismo, muchas escuelas en Chiapas están ubicadas en áreas rurales con infraestructura y opciones de transporte limitadas, lo que puede dificultar la atracción y retención de maestros calificados, así como la provisión de apoyo y supervisión adecuados a las escuelas. Estos desafíos técnicos y logísticos son obstáculos significativos para mejorar los resultados educativos en Chiapas y requerirán una inversión sostenida y soluciones innovadoras para abordarlos.

En este trabajo se explican algunas razones de la marginación digital del estado, algunas acciones pasadas del Gobierno federal y, de forma medular, las acciones presentes del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas.

El problema real

En Chiapas, un estado ubicado en el sur de México, la penetración de Internet sigue siendo relativamente baja en comparación con otros estados del país. A partir de 2021, sólo alrededor del 35 % de la población de Chiapas tenía acceso a Internet, según datos del INEGI. Esta brecha digital tiene implicaciones significativas para el desarrollo económico y social del estado, ya que limita las oportunidades para que las empresas y las personas se conecten con otros, accedan a la información y participen en la economía digital. Cerrar esta brecha requerirá inversiones en infraestructura, educación y políticas públicas para garantizar que todas las personas en Chiapas tengan acceso a las oportunidades que brinda Internet.

El acceso a Internet en Chiapas, México, es un gran desafío debido al terreno accidentado, las ubicaciones remotas y la infraestructura limitada de la región. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), sólo alrededor del 30 % de los hogares en Chiapas tienen acceso a

Internet, en comparación con el promedio nacional de 47 %. Esta brecha digital tiene implicaciones significativas para la educación, ya que muchos estudiantes no pueden acceder a los recursos en línea, comunicarse con los maestros o participar en oportunidades de aprendizaje virtual. También afecta el desarrollo económico, puesto que las empresas y los emprendedores en Chiapas no pueden aprovechar todo el potencial de las tecnologías digitales.

Para abordar este problema, el Gobierno mexicano y el sector privado han lanzado iniciativas para expandir la conectividad a Internet en la región, incluida la instalación de nueva infraestructura y la promoción de redes comunitarias de Internet. Sin embargo, queda mucho trabajo por hacer para cerrar la brecha digital en Chiapas y asegurar que todos los residentes tengan igual acceso a los beneficios de la era digital.

En Chiapas, un estado ubicado en el sur de México, la penetración de Internet sigue siendo relativamente baja en comparación con otros estados del país. A partir de 2021, según datos del Inegi, sólo alrededor del 35 % de la población de Chiapas tenía acceso a internet. Esta brecha digital tiene implicaciones significativas para el desarrollo económico y social del estado, ya que limita las oportunidades para que las empresas y las personas se conecten con otros, accedan a la información y participen en la economía digital. Cerrar esta brecha requerirá inversiones en infraestructura, educación y políticas públicas para garantizar que todas las personas en Chiapas tengan acceso a las oportunidades que brinda Internet.

Los esfuerzos del Gobierno mexicano para mejorar el acceso a Internet de la población estudiantil en Chiapas han sido significativos y demuestran el compromiso de cerrar la brecha digital en la región. El Programa México Conectado, lanzado en 2013, ha sido una iniciativa clave en este sentido, brindando acceso gratuito a Internet a instituciones públicas, incluidas escuelas, bibliotecas y hospitales. Como parte de este programa, el Gobierno ha instalado más de 9,000 puntos de acceso público en Chiapas, lo que ha ayudado a expandir la cobertura de Internet en áreas rurales y remotas.

Además de este programa, el Gobierno se ha asociado con empresas privadas para lanzar iniciativas destinadas a mejorar la conectividad en la región. Por ejemplo, en 2020, el Gobierno firmó un acuerdo con Telcel, un importante proveedor de telecomunicaciones, para brindar acceso gratuito a Internet a más de 300,000 estudiantes en Chiapas. Esta iniciativa ha sido especialmente crítica durante la pandemia de COVID-19, ya que muchas escuelas se han visto obligadas a cambiar al aprendizaje en línea.

A pesar de estos esfuerzos, aún existen desafíos importantes para expandir el acceso a Internet en Chiapas. El terreno accidentado, las ubicaciones remotas y la infraestructura limitada de la región presentan obstáculos significativos para mejorar la conectividad. Además, los recursos y la financiación limitados pueden dificultar la inversión en nueva infraestructura y ampliar la cobertura. Para abordar estos desafíos, será importante que el Gobierno continúe priorizando el acceso a Internet y trabaje para encontrar soluciones innovadoras para expandir

la cobertura en la región. Esto podría incluir explorar tecnologías alternativas, como Internet satelital o redes comunitarias, así como trabajar con empresas privadas para invertir en nueva infraestructura. Al adoptar un enfoque proactivo para abordar la brecha digital, el Gobierno puede ayudar a garantizar que todos los estudiantes de Chiapas tengan acceso a los recursos educativos que necesitan para tener éxito.

En última instancia, superar la resistencia social a la adopción de tecnología será fundamental para cerrar la brecha digital en Chiapas y garantizar que todos los residentes tengan el mismo acceso a los beneficios de la era digital. Al trabajar para generar confianza y comprensión, el Gobierno y otras partes interesadas pueden ayudar a garantizar que las nuevas tecnologías se adopten de una manera culturalmente sensible y que responda a las necesidades y preocupaciones de las comunidades locales.

Acciones del Gobierno de Chiapas

Para contrarrestar la brecha de acceso a Internet, en mayo de 2022, el Gobierno del estado de Chiapas, a través del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas (ICTIECH), lanzó el proyecto "Internet para Todos". En la primera fase del proyecto, el director del ICTIECH firmó convenios de colaboración con alcaldes de 36 municipios de la costa y Soconusco del estado para la instalación y operación de más de 2 mil dispositivos de acceso a Internet, tal como se muestra en la Ilustración 3. La buena planificación del programa estatal permitió la entrega de los primeros dispositivos en el mismo mes de mayo de 2022 (Ilustración 4).



Ilustración 3. Forma de convenio ICTIECH, con representantes de la región Costa-Soconusco. Fuente: Facebook oficial ICTIECH.



Ilustración 4. Entrega de puntos de acceso a Internet para representantes de la región Costa-Soconusco en las instalaciones del ICTIECH. Fuente: Facebook oficial del ICTIECH.

La iniciativa de la institución permitió en junio de 2022 la apertura de un formulario para que cada municipio con el que no había convenio firmado pudiera incorporarse al programa (ilustración 5). A pesar de que el acceso a internet es un tema prioritario en las zonas rurales, también hay deficiencias en las ciudades más grandes del estado. Por ello, universidades públicas del estado como la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) y la Universidad Politécnica de Chiapas (UPCh) lanzaron a mediados de 2022 el programa "Internet para Todos".



Ilustración 5. Publicidad para la anexión de municipios al programa "Internet para todos". Fuente: Facebook oficial ICTIECH.

La ampliación del programa propició la colaboración entre el ICTIECH y la Agencia Promotora de Inversiones en Telecomunicaciones (PROMTEL), CFE Telecomunicaciones Internet para Todos y funcionarios de American Tower para que, en una segunda fase, la estrategia "Internet para Todos" llegue a más zonas de Chiapas (Ilustración 6).



Ilustración 6. Reunión con colaboradores para la expansión del programa "Internet para todos". Fuente: Facebook oficial ICTIECH.

A la fecha de redacción de este documento, el último municipio en beneficiarse de la primera fase del programa de acceso a Internet en el estado es el municipio de La Concordia, específicamente en el punto de acceso ubicado en la Escuela Primaria República Mexicana en la colonia La Independencia (Ilustración 7).



Ilustración 7. Puesta en marcha del programa "Internet para todos" en el municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente: Facebook oficial del ICTIECH.

En cuanto a los convenios con municipios, se han cubierto 36 de los 125 municipios del estado, lo que representa una tasa de cobertura estatal del 29.8%, considerándose como altos índices de penetración del acceso a internet en el estado. Sin embargo, se instalaron puntos de acceso en escuelas, parques, centros de reunión comunales, entre otros, lo que significa que todavía no todos los hogares cuentan con un punto de acceso. En el mismo sentido, no existe información pública sobre el porcentaje y número de equipos entregados de los más de 2,000 dispositivos para acceso a internet.

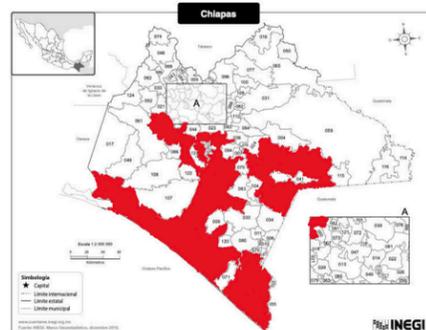


Ilustración 8. Mapa de distribución de los municipios beneficiados por el programa "Internet para todos".

Como se aprecia en la Ilustración 8, la distribución de cobertura del programa comienza a ser significativo en el estado, los municipios de la región Costa-Soconusco se encuentran virtualmente cubiertos al igual que diversos municipios fronterizos con Guatemala como Las Margaritas y Comitán de Domínguez, en el centro del estado, la mancha roja se expande a paso lento, se espera que en las siguientes etapas del programa sea prioridad los municipios con mayor población indígena como por ejemplo, San Juan Cancuc, Tenejapa, Bochil, entre otros, y en su momento la zona norte del estado.

Conclusión

Ampliar el acceso a Internet en Chiapas, México, es crucial para el crecimiento económico y el desarrollo de la región. El programa "Internet para Todos", implementado por el gobierno estatal, ha sido un paso significativo en la dirección correcta. A través del programa, el gobierno ha colaborado con varias instituciones y agencias para proporcionar puntos de acceso a internet en toda la región. La primera etapa del programa resultó en la instalación y operación de más de 2 mil puntos de acceso en 36 municipios, lo que representa casi el 30 % de cobertura de todo el estado. Este es un logro considerable y un paso positivo hacia la reducción de la brecha digital en Chiapas.

A pesar del éxito del programa, aún queda mucho trabajo por hacer para garantizar el acceso universal a internet en la región. Se debe llegar a los municipios restantes y se deben hacer esfuerzos para brindar acceso a los hogares individuales. Esto es particularmente crucial en áreas urbanas, donde el acceso a Internet es igualmente vital para el desarrollo económico, la educación y la conectividad social.

La expansión del programa a través de la colaboración con agencias adicionales como PROMTEL, CFE Telecomunicaciones Internet para Todos y American Tower es un paso en la dirección correcta. Al aunar recursos y experiencia, el programa puede aprovechar una gama más amplia de conocimientos y recursos para expandir su alcance.

En general, expandir el acceso a Internet en Chiapas es un desafío complejo que requiere la colaboración de varios actores, incluidos el gobierno, el sector privado, la sociedad civil y las organizaciones internacionales. Sin embargo, con iniciativas como "Internet para Todos", el gobierno estatal está dando pasos significativos para lograr el acceso universal y cerrar la brecha digital en la región.

Referencias

- AMIPCI. (2020). *Hábitos de los usuarios de internet en México 2020*. https://www.amipci.org.mx/images/estudios/2020/Habitos_Usuarios_Internet_2020.pdf
- Fernández, L. (2021). *Chiapas: la brecha digital en México*. El Herald de Chiapas. <https://www.elheraldodechiapas.com.mx/local/chiapas-la-brecha-digital-en-mexico-7525363.html>
- INEGI. (2020). *Estadísticas a propósito del Día Mundial del Internet* (17 de mayo). https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/Internet2020_Nal.pdf
- INEGI. (2021). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2021. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/endutih/endutih2021.06.pdf>
- ITU. (2021). *Measuring digital development: Facts and figures 2021*. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2021.pdf>
- López, S. (2021). Conectar a Chiapas, un reto de infraestructura y tecnología. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/negocios-conectar-a-chiapas-un-reto-de-infraestructura-y-tecnologia/>
- Medrano, E. (2020). *Internet en México, la brecha que persiste*. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/negocios-internet-en-mexico-la-brecha-que-persiste/>
- OECD. (2019). *OECD Digital Economy Outlook 2019*. <https://www.oecd.org/internet/oecd-digital-economy-outlook-2019-6e5b7cca-en.htm>
- Zamudio, L. (2021). *La falta de conectividad digital agudiza la marginación en Chiapas*. El País. <https://elpais.com/mexico/2021-01-30/la-falta-de-conectividad-digital-agudiza-la-marginacion-en-chiapas.html>

El largo y sinuoso camino para llegar a liberar un **enemigo natural de alta calidad**

Jorge Cancino y Amanda Ayala
Programa Nacional de Moscas SADER-IICA

Resumen

El control de poblaciones plaga mediante la utilización de enemigos naturales requiere desarrollo tecnológico que facilite la cría de organismos benéficos a gran escala, no obstante, mantener los parámetros de calidad en producción se convierte en un reto. Atributos como la longevidad, capacidad de vuelo, capacidad de búsqueda y fecundidad deben mantenerse dentro de los estándares de calidad. En México se producen millones de insectos de la especie parasitoide introducida *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), que ha sido utilizada para el control de moscas de la fruta de la familia Tephritidae mediante liberaciones aumentativas. La producción a nivel masivo considera estándares de calidad relacionados a la emergencia, la proporción sexual, la supervivencia, la fecundidad, la capacidad de vuelo y la capacidad de búsqueda; estos requisitos se deben cubrir satisfactoriamente ya que millones de pupas de este parasitoide son distribuidos por la Planta Moscafrut a diferentes puntos del país, para la liberación de adultos. Aunque se considera que *D. longicaudata* mantiene una alta capacidad de resistencia a diferentes medios, una vez liberado queda a expensas de los cambios ambientales, por esta razón es que se requiere de un proceso muy cuidadoso donde el personal con amplia experiencia juega un papel fundamental. Gracias a las exigencias constantes de mantener la cría dentro de niveles aceptables, el control biológico de moscas de la fruta con el uso del parasitoide *D. longicaudata* ha sido una actividad técnica exitosa.

Palabras clave: calidad, control biológico, parasitoides, *Diachasmimorpha longicaudata*, liberación

Abstract

The control of pest populations with natural enemies requires technological development that facilitates the rearing of large-scale beneficial organisms, however, maintaining quality parameters becomes a challenge. Attributes such as longevity, flight capacity, search capacity, and fecundity must be maintained within quality standards. Millions of insects of the introduced parasitoid species *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) are produced in Mexico, which has been used to control fruit flies of the Tephritidae family through augmentative releases. The mass production considers quality standards related to emergence, sex ratio, survival, fecundity, flight ability and search capability, these requirements must be covered satisfactorily, because millions of parasitoid pupae are distributed to different parts of the country by the Moscafrut Facility, for the release of adults. Even though *D. longicaudata* is considered to be resistant to different environments, once released is at the expense of environmental changes, for this reason is that it requires a very careful production process where staff with extensive experience play a fundamental role. Thanks to the constant demands of keeping the rearing within acceptable levels, the biological control of fruit flies with the parasitoid *D. longicaudata* has been a successful technical activity.

Keywords: quality, biological control, parasitoids, *Diachasmimorpha longicaudata*, release

Introducción

La liberación de un enemigo natural (insectos depredadores o avispas parasitoides), en el campo para la reducción de poblaciones plaga, es la meta final de un largo proceso en donde se involucran una gran cantidad de factores de diversa índole (como la cría masiva de insectos, las estrategias de liberación, entre otros) (González-Cabrera et al., 2014; Coelho et al., 2016). Sin embargo, cubrir de manera satisfactoria esta meta requiere que los individuos liberados mantengan una alta calidad. Cuando se libera un insecto como enemigo natural, éste debe encontrar a su hospedero o presa de una manera eficiente, lo que implica que tenga la capacidad de desplazarse al punto en donde se localiza el hospedero o presa y que además mantenga todas sus estructuras morfológicas para encontrar y ovipositar o depredar a su hospedero o presa, según sea el caso (Luck, 1990; Van Lenteren, 2003).

Con la liberación masiva de enemigos naturales, normalmente se logra obtener un control de la plaga, no obstante, la tarea de mantener los parámetros de calidad del insecto se dificulta debido a que el manejo a nivel masivo obliga a someter al insecto a condiciones o procesos en donde el daño mecánico y el estrés son comunes (Sørensen et al., 2012). La producción y el manejo masivo de enemigos naturales es un proceso en donde la calidad en cada paso se disminuye, teniendo mayores costos de producción o reducción de su efectividad (Huynh et al., 2021). El desarrollo tecnológico para la producción a gran escala de los insectos benéficos es una base para la aplicación masiva en la reducción de una población plaga, sin embargo, si a esta meta no se le agrega el factor de calidad, no se puede llegar al objetivo final de manera satisfactoria.

Un caso es la producción masiva del parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) especie introducida del sur de Asia y que es empleada en México para el control de poblaciones plaga de moscas de la fruta de la familia Tephritidae. Este parasitoide es producido de manera exitosa a nivel masivo en la Planta Moscafrut, millones de pupas cada semana son distribuidos a diferentes puntos para la liberación de adultos mediante la aplicación de una estrategia conocida como liberación aumentativa (Cancino y Montoya, 2006). La Planta Moscafrut es parte del Proyecto Moscas de la Dirección General de Sanidad Vegetal (SENASICA-SADER), se ubica en el municipio de Metapa de Domínguez, Chiapas.

A continuación, se describe de manera general el largo proceso de cría, marcando como eje el mantenimiento de la calidad para obtener un producto eficiente.

¿Quién es Diachasmimorpha longicaudata?

Este insecto es una avispa parasitoide, que oviposita en larvas de moscas de la fruta, y se dirige a especies que son consideradas plagas. La manera de controlar la plaga es mediante la liberación de adultos, de los cuales las hembras buscan a las larvas en fruta infestada, la ovipositan y utilizan como sustrato y alimento para que se desarrolle un parasitoide progenie.

De esta manera, la población de larvas plaga es disminuida. Esta especie parasitoide fue introducida en México en la década de los 50s, se estableció exitosamente y desde entonces se encuentra en diferentes partes del país (Ovruski et al., 2000). A partir de la década de los 90s se empezó a liberar de manera masiva, tuvo efecto de una reducción de poblaciones de moscas. Los porcentajes de parasitismo superiores al 50 % fueron obtenidos de forma común (Montoya et al., 2016). Actualmente se considera como el agente de control biológico más eficiente de poblaciones de moscas de la fruta. El desarrollo tecnológico que se ha logrado tiene una ventaja importante, su disponibilidad en grandes cantidades, debido a dos razones: primero se tiene una técnica efectiva de cría masiva y segundo, existe un proceso para su empaque y liberación masiva. En el Programa Moscafrut se producen 50 millones de pupas de *D. longicaudata* por semana, un número aproximado de 7 millones de pupas por día son distribuidos a diferentes partes cada día.

El problema de mantener la calidad

Las actividades de control de calidad se inician desde antes del inicio de la cría de los insectos y debe mantenerse en niveles altos hasta llegar finalmente al momento de la liberación.

Desarrollo de su hospedero

En México, *D. longicaudata* es reproducido empleando como hospedero larvas de *Anastrepha ludens* (Loew), una especie de mosca de la fruta (Diptera: Tephritidae) de importancia comercial. Inicialmente para criar el hospedero se debe tener una colonia de moscas con alta cantidad y calidad de producción, pero, para que pueda ser usada como hospedero se requieren que cumpla con dos condiciones importantes: mantener ingredientes de dieta larvaria en buenas condiciones y obtener un buen peso de larva (López et al., 2009). Los ingredientes de la dieta aportan nutrientes básicos (azúcares y proteínas) para obtener larvas saludables y de buena talla. El empleo de ingredientes con pequeñas trazas de contaminantes tiene efectos para el desarrollo del parasitoide debido a que son altamente susceptibles, más que las moscas. Por ello, se requiere constantemente de muestreos y evaluaciones químicas y físicas de los ingredientes empleados en la dieta. Por otra parte, el obtener un hospedero de talla adecuada es el resultado de una buena alimentación, esto obliga a un cuidado meticuloso de la temperatura, humedad relativa, donde el manejo del desarrollo es elemental para evitar mortalidad de larvas.

Preparación del hospedero

Se emplean larvas de 8 días de edad, de tercer estadio, las cuales son separadas e la dieta, después colocadas en charolas e irradiadas a 4.5 Krads para evitar el desarrollo de moscas, cuando el parasitoide no las parasita. En este proceso

se realiza un manipuleo masivo que implica alto riesgo de daño mecánico, además de evitar el sobrecalentamiento al mantener altas densidades de larvas en recipientes. Como parte del control de calidad del proceso se lleva a cabo una prueba de mortalidad 72 h después de la parasitación. El porcentaje debe ser menor de 5 %, si la cifra de mortalidad excede el porcentaje considerado, el manejo se dificulta por la excesiva presencia de sustancias amoniacales en el ambiente como resultado de la alta mortalidad.

La exposición de hospederos

Las larvas hospederas son expuestas a parasitación empleando sustratos adecuados en jaulas especiales. En esta parte las hembras parasitoides buscan, encuentran e insertan sus huevos al interior de las larvas. *Diachasmimorpha longicaudata* es un parasitoide solitario que debería oviponer un huevo por larva, sin embargo, es frecuente observar superparasitismo (más de un huevo por larva), por lo que buscar el equilibrio adecuado en el proceso de exposición es una táctica diaria que personal altamente calificado lleva a cabo.

Para determinar el tiempo de exposición larvaria se requiere de un conocimiento de la edad del hospedero y de los parasitoides, las densidades, la proporción sexual de los parentales y otros factores biológicos importantes, además de un dominio del efecto de las condiciones ambientales, principalmente la temperatura.

El parámetro indicativo de una exposición larvaria adecuada se mide quince días después con la emergencia y la proporción sexual de la progenie. Normalmente es exigente obtener un 50 % o más de emergencia de parasitoides con una proporción mayor a 2 hembras por macho.

Mantener una proporción mayor de hembras es conveniente, porque son las que finalmente ovipositan sobre las larvas de la plaga.

El desarrollo de pupa

Las condiciones de temperatura y humedad son determinantes en esta etapa. Después de la exposición, las larvas se colocan en un sustrato de pupación y se mantienen a 26 °C y entre 60-80 % de humedad relativa. La temperatura juega un papel importante en la secuencia adecuada del desarrollo, un desajuste repercute en el adelanto (temperatura más alta) o atraso (temperatura más baja) de la emergencia, con repercusiones negativas en la programación del empaque posterior. La secuencia de la emergencia debe ser muy acorde al cronograma establecido, la emergencia alta y la proporción sexual de la progenie inclinada a hembras son los tres parámetros que miden la efectividad de esta fase. Ingenieros especialistas, altamente calificados, son los responsables de mantener las condiciones ambientales en los rangos óptimos.

Empacado para liberación

Un día antes de la emergencia de adultos, las pupas son colocadas en jaulas apilables para cubrir la emergencia, alimentarse y copular.

El manejo de densidades y el mantenimiento de temperatura y condiciones ambientales adecuadas es fundamental. Se debe obtener la alta emergencia y la proporción sexual inclinada a hembras, además de hembras con cupuladas con capacidad de volar y buscar hospederos. En esta



Foto: Jorge Cancino y Amanda Ayala

parte el parasitoide es sometido a una condición de alto estrés, ya que se mantiene confinado a alta densidad durante siete días. El manejo de temperaturas y de sustratos como área de descanso al interior de la jaula son fundamentales para evitar la mortalidad. Entre 15-20 mil adultos son mantenidos en jaula durante siete días.

Aletargamiento y liberación

Cuando las hembras empacadas cumplen cinco días de edad se considera que se cumplió en gran proporción la emergencia y que además las hembras cupularon, considerando que la emergencia de los machos se presenta dos días antes que la emergencia de las hembras, con lo cual se tiene un total de siete días acumulados, este periodo es de sumo cuidado para lograr obtener el mayor número de hembras cupuladas para la liberación. Para llevar a cabo la liberación, es necesario someter los parasitoides a una temperatura de 2 °C durante 40 min. Con este proceso los parásitoides entran en un estado de aletargamiento, pierden movilidad y es fácil manejarlos para meterlos en cajas liberadoras que serán colocadas en aviones. Sin embargo, son insectos frágiles que fácilmente pueden sufrir daño ante el manipuleo, por ello los recipientes deben ser adecuados para reducir al máximo este efecto. Se puede decir que el largo camino se termina con la liberación de parasitoides en forma aérea los cuales se “despiertan” una vez que entran en contacto con la temperatura ambiental y comienzan su descenso hacia la tierra.

Las pérdidas obligadas

Si partimos de 100 larvas hospederas disponibles para ser ovipositadas para el inicio de la reproducción del parasitoide y considerando que por razones biológicas no se obtiene el 100% de parasitismo, esto implica que alrededor de un 20% de las larvas no serán ovipositadas.

Durante los 15 días del desarrollo inmaduro del parasitoide también se presenta un 20 % de mortalidad natural. Por lo tanto, en esta parte inicial se llega a obtener hasta un 60 % de parasitoides emergidos. No obstante, cualquier problema en la alimentación del hospedero, en las tácticas para la exposición o salir del rango de las temperaturas recomendadas afecta negativamente el número de parasitoides desarrollados.

Durante el proceso de empaque existe otra reducción en el número de individuos que se reporta en un 20 % de mortalidad y un 5 % de daño por el manejo masivo durante la liberación. Con esto se puede decir que de cada 100 larvas hospederas se desarrollan y se logran liberar entre 35 y 40 hembras parasitoides, lo que representa aproximadamente un 60% de pérdida.

El requerimiento final

Las hembras liberadas, preferentemente, deben cumplir con tres requisitos para que se cubra el objetivo completo: deben tener una alta capacidad de vuelo, supervivencia adecuada y buena capacidad de búsqueda (Cancino y Montoya, 2004). Se considera que un 80 % de parasitoides son voladores, siguiendo con el cálculo de pérdidas, en

términos conservadores, 30 hembras (si partimos de los 100 hospederos disponibles) estarían en capacidad de desplazarse para buscar hospederos en campo. Sobre la capacidad de supervivencia y de encontrar y ovipositar hospederos no se tienen referencias fuertes. Aunque *D. longicaudata* es considerado como un parasitoide con alta capacidad de resistencia a diferentes medios, una vez liberado queda a expensas de los cambios ambientales para mantener sus mejores aptitudes,por lo que el personal de campo debe tener alta experiencia para diseñar la estrategia de liberación más adecuada con el objetivo de obtener el mejor parasitismo de la plaga.

Sin embargo, suprimen plagas

Retomando el cálculo inicial, que de 100 larvas hospederas sólo 30 hembras tiene mayores posibilidades para ovipositar, el panorama parece poco optimista. Sin embargo, con la adecuada liberación de estos parasitoides se logran obtener comúnmente parasitismos en campo que rondan en el 50 %. Esto implica que una mitad de la población de larvas son parasitadas y suprimidas en el desarrollo de la población plaga. Diferentes estudios han concluido que esta supresión es significativa, es decir, tangiblemente infringe

Conclusiones

La producción masiva del parasitoide *D. longicaudata* requiere de un proceso muy cuidadoso y del empleo de tácticas propuestas por personal de alta experiencia. Cualquier error implica una caída irrecuperable de la calidad y pérdidas inmediatas.

Son al menos seis pasos que se deben cubrir con mucho cuidado para evitar el decremento de la calidad. Afortunadamente, este programa se ha mantenido por más de 20 años, gracias a la exigencia constante de estar dentro de los niveles aceptables establecidos. El control biológico de moscas de la fruta en México es una actividad técnica aplicada exitosamente y con alcances únicos a nivel mundial.

Dedicatoria especial

Desde muy temprano, hay que irrumpir el sueño para empezar todos los días del año la ardua labor de preparar los materiales para iniciar la cría de los parasitoides, de igual manera, para empacarlos, liberarlos y realizar las actividades en campo. De no ser por la alta responsabilidad y ánimos del personal técnico involucrado en la aplicación de esta técnica, gran parte del desarrollo tecnológico y teórico logrado hubiera fracasado. Este escrito es un reconocimiento a este personal que, no obstante las condiciones laborales adversas, mantienen la calidad gracias al esfuerzo animoso invertido y poco reconocido.



Foto: Jorge Cancino y Amanda Ayala

Referencias

- Cancino, J. & Montoya, P. (2004). Desirable attributes of mass reared parasitoids for fruit fly control: A comment. *Vedalia*, 11, 53-58.
- Cancino, J. & Montoya, P. (2006). Advances and perspectives in the mass rearing of fruit fly parasitoids in Mexico. En R. Sagayama, R. A. Zucchi, S. M. Ovruski, y J. Sivinski (Eds.), *Fruit flies of economic importance: From basic to applied knowledge, Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Salvador, Brazil* (pp. 133-142). Press Color, Salvador, Bahia, Brazil.
- Cancino, J., Bello-Rivera, A., Cárdenas-Lozano, J., Gálvez-Cárdenas, F., García-Pérez, V., Camacho-Bojórquez, E., Segura-Bailon, E., Leyva-Castro, M. & Ramírez y Ramírez, F. (2019). Biological control of *Anastrepha* populations in wild areas to strengthen the commercial status of mango production along the Pacific Coast of Mexico. En D. Perez-Staples, F. Diaz-Fleischer, P. Montoya y M. Vera (Eds.), *Area-Wide Management of Fruit Fly Pests* (pp. 236-249). CRC Press, Boca Raton, FLA, USA. <https://doi.org/10.1201/9780429355738>
- Coelho, Jr. A., Rugman-Jones, P. F., Reigada, C., Stouthamer, R. & Parra, J. R. P. (2016). Laboratory performance predicts the success of field releases in inbred lines of the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *PLoS One*, 11(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146153>
- González-Cabrera, J., Arredondo-Bernal, H. C. y Stouthamer, R. (2014). Evaluación de calidad del parasitoide Tricograma (*Trichogramma* spp.) proveniente de seis insectarios mexicanos. *Agrociencia*, 48(3), 321-329.
- Huynh, M. P., Shelby, K. S. & Coudron, T. A. (2021). Recent advances in insect rearing methodology to promote scientific research and mass production. *Insects*, 12(11), 961. <https://doi.org/10.3390/insects12110961>
- López, O. P., Hénaut, Y., Cancino, J., Lambin, M., Cruz-López, L. & Rojas, J. G. (2009). Is host size an indicator of quality in the mass-reared parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)? *The Florida Entomologist*, 92(3), 441-449. <https://doi.org/10.1653/024.092.0305>
- López, O. P., Rosales, D., Flores, S. & Montoya, P. (2021). Mutual interference in the mass-reared fruit fly parasitoid, *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *BioControl*, 66, 649-658. <https://doi.org/10.1007/s10526-021-10102-w>
- Luck, R. F. (1990). Evaluation of natural enemies for biological control: A behavioral approach. *Trends in Ecology & Evolution*, 5(6), 196-199. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(90\)90210-5](https://doi.org/10.1016/0169-5347(90)90210-5).
- Montoya, P., Liedo, P., Benrey, B., Cancino, J., Barrera J. F., Sivinski, J. & Aluja, M. (2000). Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 18(3), 216-224. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0819>
- Montoya, P., López, O. P., Cruz, J., López, F., Cadena, C., Cancino, P. & Liedo, P. (2016). Effect of *Diachasmimorpha longicaudata* releases on the native parasitoid guild attacking *Anastrepha* spp. larvae in disturbed zones of Chiapas, Mexico. *Biocontrol*, 62(5), 581-593. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9826-8>
- Ovruski, S., Aluja, M., Sivinski, J. & Wharton, R. (2000). Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: Diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Reviews*, 5(2), 81-107. <https://doi.org/10.1023/A:1009652431251>
- Sørensen, J. G., Matthew, J., Addison, F. & Terblanche, J. S. (2012). Mass-rearing of insects for pest management: Challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. *Crop Protection*, 38, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.023>
- Van Lenteren, J. C. (2003). Quality control of natural enemies: where are we and where do we go? *IOBC WPRS Bulletin*, 26(10), 171-175.

Fitorremediación:

una alternativa amigable con el medio ambiente para la remoción de hidrocarburos

Valentín Pérez-Hernández¹,
Isidro Pérez-Hernández² y
EMario Hernández-Guzmán³

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

²Universidad Politécnica del Golfo de México

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California

Resumen

La contaminación por hidrocarburos ha causado daños a la flora y fauna nativa. En Chiapas se han reportado diversos derrumbes en las zonas cercanas al río Mezcalapa y en municipios como Reforma o Juárez. Para remediar estos suelos contaminados se han propuesto tecnologías verdes o amigables con el medio ambiente como la fitorremediación. Ésta consiste en el uso de especies vegetales para la remoción o degradación de los contaminantes orgánicos. Esta tecnología se podría emplear para la descontaminación de los sitios contaminados con hidrocarburos en el estado de Chiapas, y a nivel nacional.

Introducción

La actividad petrolera es una de las principales fuentes económicas de México. Esta aporta un 3.5% del producto interno bruto (PIB) nacional. Sin embargo, debido a la actividad petrolera se han provocado derrames de hidrocarburos ocasionados por accidentes durante la explotación, conducción y/o almacenamiento del crudo. Estos derrames causan un efecto nocivo al suelo, a los cuerpos de agua, y a la fauna y flora que éstos albergan (Ossai et al., 2020).

En Chiapas, diversos derrames se han reportado en los municipios de Reforma, Juárez, Pichucalco y Ostucacán, dañando principalmente a la fauna nativa de la región como son quelonios, peces (mojarra del Petén, cacomixtle), aves y mamíferos. Así como a las especies arbóreas (macuilis, tatúan, caoba, entre otros), pastos y otras especies consideradas como maleza. De acuerdo con cifras de la empresa mexicana "Petróleos Mexicanos" (PEMEX[®]), se reportaron 1163 eventos relacionados con fugas y derrames de crudo en México sólo en 2021 (PEMEX, 2020, 2021).

El efecto de los hidrocarburos sobre las especies es diversa. Sobre las plantas, el efecto de los hidrocarburos inicia en el suelo alterando su pH, su conductividad y textura. Los cambios en las características físicas y químicas del suelo causan un déficit de nutrientes y humedad a la planta (Adams et al., 2008). Dado que son agentes fitotóxicos, ocasionan la muerte celular vegetal de aquellas especies que carecen de mecanismos metabólicos para soportar la presencia de los contaminantes. Por su parte, los animales sufren daños en su sistema respiratorio, gastrointestinal y sobre su piel o plumaje. Esto ocasiona la muerte de diferentes especies en el área contaminada y circundante (Pandolfo et al., 2023).

El petróleo crudo es el principal contaminante durante los derrames. El componente principal del petróleo son los "hidrocarburos totales del petróleo" (HTPs). Un grupo que sobresale dentro de los HTPs, por ser considerado potencialmente tóxico, son los "hidrocarburos aromáticos policíclicos" (HAPs); éstos, conforman una fracción de hasta el 7% de los HTPs. Los HAPs presentan alta persistencia, toxicidad, carcinogenicidad, teratogenicidad

y mutagenicidad; por ello que se requiere de métodos de remediación efectivos que pueda ser aplicados in situ y sean efectivos sobre este tipo de compuestos (ATSDR & CDC, 2023).

Para la recuperación ecológica de suelos contaminados se han aplicado métodos físicos y químicos que oxidan o volatilizan el contaminante (p. ej., la desorción térmica, lavado de suelos, incineración y landfilling), sin embargo, presentan altos costos y limitada eficacia. Contrario a esto, la biorremediación presenta ventajas únicas como bajo costo, nula o limitada contaminación secundaria, y con amplia zona de aplicación (Alori et al., 2022). La biorremediación se refiere al uso de bacterias, hongos y plantas para remediar suelo o agua a las condiciones previas a la contaminación. En este sentido, la fitorremediación ha surgido como una tecnología eficiente para la restauración de suelos contaminados (Tripathi et al., 2020). Esta tecnología tiene la ventaja de ser un tratamiento de remediación in situ de suelos, sedimentos y aguas superficiales contaminados. Este proceso reduce la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y los microorganismos asociados a éstas (Tripathi et al., 2020).

Se considera que existe una variedad de especies de plantas que tienen la capacidad de establecerse en suelos contaminados, y de degradar hidrocarburos del petróleo. En la actualidad se ha experimentado con especies vegetales nativas para probar su capacidad de degradación y tolerancia a los hidrocarburos del petróleo. En el sureste del país existen especies nativas como el cedro (*Cedrela odorata*), maculis (*Tabebuia rosea*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*) que se sabe poseen la capacidad de tolerar y remover hidrocarburos del suelo (Pérez-Hernández et al., 2017). Estas especies vegetales pueden ser empleadas para remediar los suelos contaminados en las zonas afectadas por la actividad petrolera en Chiapas.

Foto: Pixabay



Nociones generales de la fitorremediación

La participación de las plantas durante la degradación de los hidrocarburos varía con la variedad vegetal, el tipo y concentración del contaminante, y las condiciones ambientales. Los mecanismos de la planta para remover o degradar los contaminantes orgánicos incluyen la fitovolatilización, fitoacumulación-fitodegradación y la rizodegradación (ITRC 2009) (Fig. 1).

Fitovolatilización

Durante el proceso de fitovolatilización (Fig. 1a), la planta absorbe el contaminante por medio de las raíces, seguido de la translocación de éstas a las zonas superiores para su posterior liberación durante el proceso de transpiración, sin causar modificación alguna del contaminante. Para que el contaminante pueda ser extraído por las plantas, éste debe ser soluble y tener contacto con las raíces. Este mecanismo funciona en contaminantes con baja polaridad como los hidrocarburos alifáticos de bajo peso molecular y ciertos compuestos aromáticos. Es un proceso interesante para su uso en sitios con alto contenido de humedad.

Fitoacumulación y fitodegradación

Durante la fitoacumulación y fitodegradación (Fig. 1b) los compuestos son absorbidos por las raíces, y acumulado en las células. Éstos pueden ser degradados (fitodegradación ó fitotransformación) ó acumularse (fitoacumulación/bioacumulación). La fitoacumulación está enfocada, principalmente, a tratar contaminantes inorgánicos, p. ej., metales como Zn y Cu. La bioacumulación ocurre por acción de quelantes: el glutatión y fitoquelatina. Éstos se unen al contaminante y son transportados al interior de las células (vacuola o en la pared celular) del epidermis o tricomas. Las especies que bioacumulan estos compuestos deben de ser cosechadas para recibir un tratamiento en instalaciones adecuadas con la capacidad de la disposición final.

En la fitodegradación, el compuesto es degradado a compuestos con menor complejidad química mediante acción enzimática, p. ej., enzima glutatión (GSH) y enzimas oxigenasas. Así, la fitodegradación se refiere a la captación de contaminantes y su posterior descomposición, mineralización, o la metabolización por la planta (ITRC, 2009; PilonSmits & Freeman, 2006). Las plantas sometidas a estrés por hidrocarburos catalizan varias reacciones internas para la producción de enzimas. Entre estas, las deshalogenasas, mono- y dioxigenasas, peroxidasas, peroxigenasas y nitrorreductasas son quienes fungen como herramientas en la eliminación de compuestos alifáticos y aromáticos. Esta técnica está enfocada a aplicarse a la contaminación por compuestos de origen orgánico (Newman & Reynolds, 2004).

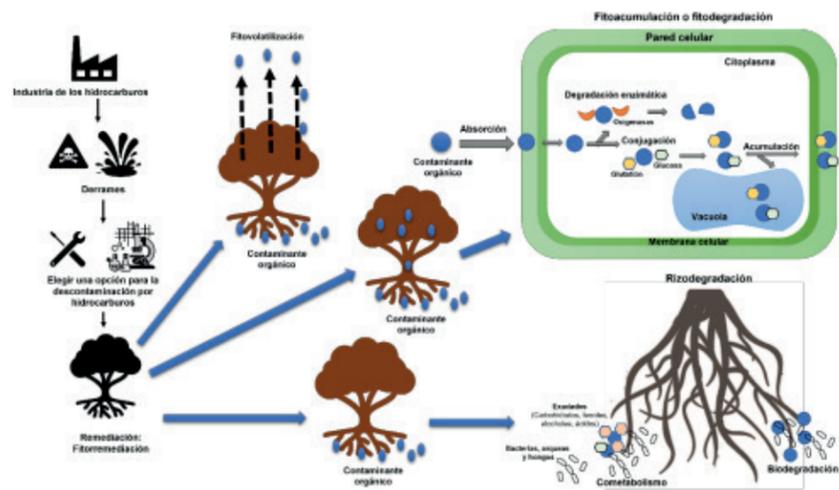


Figura 1. Mecanismos de acción para la degradación, remoción o acumulación de hidrocarburos: a) fitovolatilización, b) fitoacumulación o fitodegradación, y c) rizodegradación.

Rizodegradación

Este proceso se lleva a cabo en la rizosfera. El proceso de descomposición del contaminante orgánico ocurre por acción de los microorganismos presentes en el área. Sin embargo, la planta libera exudados a través de la rizosfera (Fig. 1c). Los exudados contienen azúcares, aminoácidos, enzimas, y otros compuestos que estimulan las poblaciones microbianas (p. ej. bacterias, arqueas y hongos) en la rizosfera (ITRC, 2009).

Además, las raíces modifican la estructura del suelo, evitan la erosión y moderan el contenido de humedad creando condiciones propicias para la remoción de compuestos derivados del hidrocarburo. A su vez, favorecen el desarrollo de bacterias que podrían poseer la capacidad de degradar hidrocarburos. Dentro de los principales géneros bacterianos que tienen la capacidad de degradar diversos contaminantes orgánicos se encuentran: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Mycobacterium*, *Rhodococcus* y *Sphingomonas*.

Con lo anterior, la fitorremediación surge como una tecnología confiable y eficiente para la remediación de ambientes contaminados con hidrocarburos. En nuestro estado, plantas nativas podrían usarse para descontaminar sitios afectados por derrames de petróleo.

Conclusión

El empleo de tecnologías verdes para remediar suelos contaminados con hidrocarburos es una alternativa económica y amigable con el medio ambiente. Con el uso de especies nativas de Chiapas como macuilis, palo de tinte, caoba o cedro para remediar suelos contaminados se promoverá la recuperación de áreas contaminadas,

siendo estas además nicho ecológico para diversas especies de aves, insectos y artrópodos nativos de la región.

Referencias

- Adams, R. H., Zavala-Cruz, J., & Morales-García, F. (2008). Concentración residual de hidrocarburos en suelo del trópico. ii: afectación a la fertilidad y su recuperación. *Interciencia*, 33(7), 483-489.
- Alori, E. T., Gabasawa, A. I., & Agbeyegbe, O. O. (2022). Bioremediation techniques as affected by limiting factors in soil environment. *Frontiers in Soil Science*, 2.
- ATSDR, & CDC. (2023). *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) | Public Health Statement | ATSDR*. <https://www.cdc.gov/TSP/PHS/PHS.aspx?phsid=120&toxid=25>
- PEMEX (2020). Informe de sustentabilidad Petróleos Mexicanos (PEMEX) - 2020. https://www.pemex.com/etica_y_transparencia/transparencia/informes/Paginas/informes.aspx
- PEMEX (2021). Informe de sustentabilidad Petróleos Mexicanos (PEMEX) - 2021. https://www.pemex.com/etica_y_transparencia/transparencia/informes/Paginas/informes.aspx
- ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2009. Phytotechnology technical and regulatory guidance and decision trees. PHYTO-3. Washington, D.C.
- Ossai, I. C., Ahmed, A., Hassan, A., & Hamid, F. S. (2020). Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 17, 100526.
- Pandolfo, E., Barra Caracciolo, A., & Rolando, L. (2023). Recent Advances in Bacterial Degradation of Hydrocarbons. *Water*, 15(2), Article 2.
- Pérez-Hernández, I., Ochoa-Gaona, S., Adams, R. H., Geissen, V., & MartínezZurimendi, P. (2017). Growth of four tropical tree species in petroleumcontaminated soil and effects of crude oil contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(2), 1769-1783.
- Tripathi, S., Singh, V. K., Srivastava, P., Singh, R., Devi, R. S., Kumar, A., & Bhadouria, R. (2020). Phytoremediation of organic pollutants: Current status and future directions. In P. Singh, A. Kumar, & A. Borthakur (Eds.), *Abatement of Environmental Pollutants* (pp. 81-105). Elsevier.

Foto: Freepik



Mi enemigo, mi amigo: salud forestal y manejo de descortezadores de pino en Chiapas

Alicia Niño-Domínguez¹ Jorge Enrique Macías-Sámano²

¹Universidad Politécnica de Tapachula, UPTAPACHULA, Chiapas, México.

²Consultor de Salud Forestal y Semioquímicos, Vancouver, Canadá

Introducción

En México, la cubierta forestal está conformada por manglares, selvas y bosques que representan alrededor del 50% de la cobertura vegetal total del territorio nacional. Aunado a gran papel ecológico que representan las comunidades forestales y su importancia como recurso natural para el hombre en los sectores productivos incluyendo el de energía (La Cal Herrera, 2020), en nuestro país y principalmente en los estados del sureste de mexicano como lo son Oaxaca, Campeche, Veracruz y Chiapas se desarrolla gran parte de la riqueza de flora y fauna. En Chiapas esta riqueza se concentra en el bosque mesófilo de montaña, bosque de pino y bosque de pino-encino, los cuales cubren alrededor del 20% del territorio estatal (73 mil km²) (SEMARNAT, 2018). No obstante, a nivel nacional, se reporta una pérdida de cobertura forestal de 212,834 ha/año. Los factores que ocasionan esta pérdida tiene origen principalmente antropogénico

y son estos los que mayor perturbación ocasionan y dañan la salud forestal, es decir, las actividades principalmente como la deforestación selectiva, los incendios provocados y el cambio de uso de suelo alteran la dinámica que el ecosistema mantiene (Kolb et al., 1994; Trigueros et al., 2014), lo que se convierte en una oportunidad para la invasión de agentes biológicos como lo son los insectos descortezadores del género *Dendroctonus*, los cuales actualmente son de los principales factores de mortalidad de pinos en México y varias partes de América (Berner et al., 2017; Morris et al., 2018).

Palabras clave: descortezadores, salud forestal, infestaciones por descortezadores, *Dendroctonus*

La mortandad forestal es algo natural

Cuando un ecosistema forestal sufre pérdidas individuales por muerte arbórea pero también surgen renuevos se dice que hay un equilibrio lo cual es parte natural de la dinámica ecológica y refleja un ecosistema saludable. La muerte individual puede ser explicada por las condiciones particulares del sitio como pobre disponibilidad de nutrientes, fuertes pendientes, alta insolación, poca humedad del suelo, etc., lo que conlleva al desarrollo de estructura y tamaño arbóreo deficiente y susceptible de ser atacado por agentes de disturbio por no producir suficientes sustancias defensivas (Waring y Pitman, 1985) lo que conlleva a la muerte. Por lo que, en una comunidad forestal la mortandad de árboles es un proceso natural que ocurre en equilibrio con la regeneración, permitiendo el desarrollo del proceso de sucesión dentro del ecosistema características que confieren resiliencia ante perturbaciones naturales como las sequías prolongadas o infestaciones severas de fitopatógenos, plantas parásitas o insectos floofagos como los descortezadores de pino (Novais, 2022).



Foto: Freepik

Los insectos descortezadores de pino un agente de causal de disturbio

Los descortezadores de pino del género *Dendroctonus* Erichson cuya clasificación taxonómica los ubica en el orden Coleoptera, en la Familia Curculionidae y Subfamilia Scolytinae, son agentes biológicos que forman parte del ecosistema forestal de coníferas de los bosques templados (Zúñiga et al., 2002), cuyas especies hospederas son principalmente del género *Pinus* L. El conocimiento bio- ecológico de este grupo de descortezadores se ha estudiado por más de 40 años y por un grupo basto de investigadores de diferentes disciplinas en todo el mundo, siendo las poblaciones de descortezadores del sureste de estados unidos las más estudiadas (Six y Bracewell, 2014). Por lo que ahora podemos explicar que estos insectos colonizan a sus hospederos de forma masiva, ocasionando la resinación excesiva del hospedero debilitando así su mecanismo de defensa tanto mecánico como químico (Byers y Zhang, 2011), los adultos que logran penetrar la corteza y llegar al floema inoculan hongos simbios (Skelton et al., 2018) que facilitan el establecimiento de su progenie, el hospedero muere por falta de nutrientes, los descortezadores cumplen su ciclo de vida en el hospedero hasta su madurez que es cuando emergen para dispersarse e iniciar otro ciclo de infestaciones. Este es el proceso natural, sin embargo, en la actualidad los insectos descortezadores de pino son un factor muy importante de mortalidad de coníferas en varias partes del país como Oaxaca, Durango o Nuevo León y en varias partes del continente Americano, Europa y Asia (Hlásny et al., 2021; Lin et al., 2021, Gómez-Pineda y Ramírez, 2023).

El estudio de la ecología química de estos insectos ha permitido conocer los mecanismos de comunicación entre conespecíficos y los mecanismos de aislamiento reproductivo entre las especies que coexisten en simpatria (Niño-Domínguez et al., 2015, 2016), a través de

producir feromonas que son sustancias químicas volátiles que liberan los mismos insectos, y que al combinarse con las kairomonas que son sustancias química volátiles que libera el árbol de pino sirve para identificar los sitios de colonización y apareamiento sin mezclarse entre las especies (Moreno et al., 2008; Symonds y Elgar, 2004; Niño-Domínguez et al., 2018). Este conocimiento básico es lo que hasta ahora se aplica para la liberación de feromonas sintéticas en trampas multiembudo que simulan arboles con presencia de hembras y es lo que se utiliza para conocer la fluctuación poblacional en periodos anuales para establecer planes de manejo preventivo, es incluso parte de la NMX-019-SEMARNAT-2017.

Mi enemigo, mi amigo: del agente causal de daño a un indicador de salud forestal

Actualmente en Chiapas las coníferas del género *Pinus* son severamente afectadas año tras año por las infestaciones de los descortezadores *D. frontalis* y *D. adjunctus* entre las cuales se encuentra coexistiendo con la especie de recién identificación, *D. mesoamericanus* (Sullivan et al., 2012; Armendáriz-Toledano et al., 2015). Las actividades de monitoreo y saneamientos reportados por la CONAFOR (2023) señalan que las afectaciones de descortezadores en Chiapas se encuentran en nivel de riesgo muy alto, sugiriendo que, a pesar de los esfuerzos de sanidad forestal para reducir las poblaciones de descortezadores, no han sido acciones suficientes de manejo forestal para mitigar su impacto sobre la comunidad de pino.

Factores específicos como un periodo de sequía prolongada puede favorecer la infestación de insectos descortezadores, sin embargo, no hay que olvidar que la falta de humedad y grosor en el floema también impactara en la calidad de la progenie de descortezadores que resulte de esa infestación, siendo esto un factor que regula de manera natural la población de descortezadores

Foto: TNC México

aunado a la proliferación de depredadores y otros enemigos naturales. Otro factor que favorece las infestaciones de descortezadores es el relacionado en las últimas décadas con las condiciones que propicia el actual cambio climático. Por lo que aunado a los esfuerzos de sanidad forestal para mitigar el efecto de los insectos descortezadores primarios se debe incluir actividades silvícolas. La presencia consistente y en incremento de los insectos descortezadores es visto de manera automática como "enemigos" que se deben abatir mediante el procedimiento protocolario de saneamiento, sin embargo la presencia de los descortezadores primarios del género *Dendroctonus* como insectos oportunistas revelan la condición debilitada del arbolado como un indicador "amigo" de salud forestal, es probable que esto también refleje que los umbrales bajo los que se desarrolla la dinámica de las interacciones entre hospedero y descortezador de pino están siendo superados (Raffa, et al., 2008), lo que actualmente es un desafío para el manejo forestal de bosque de pino.

Una forma de manejo forestal con más alcance sobre el manejo de descortezadores de pino es la aplicación de técnicas silvícolas que incluye regular la diversidad y la densidad forestal (Tamarit-Urias, et al., 2020), debido a que se ha observado en el manejo de las densidades arbóreas, el grosor del floema se incrementa y con ello el vigor del hospedero, lo que tiene un efecto directo sobre la capacidad disminuida de los descortezadores en abatir las defensas de un árbol vigoroso. Aunado al manejo de densidades está el manejo de la diversidad de pinos ya que se ha demostrado en comunidades con alta diversidad de especies forestales se dificulta a los agentes de daño su localización y éxito reproductivo (Marini et al., 2022).



Foto: México Desconocido

Conclusiones

El manejo de los bosques desde un enfoque de ecosistema de salud forestal es hacia donde tanto las autoridades gubernamentales como la comunidad científica debe orientar sus esfuerzos para verdaderamente reducir el efecto de los agentes de disturbio forestal, sin olvidar el hecho de que las comunidades indígenas deben ser incluidas en dichos planes ya que representan en la mayoría de los casos el éxito o no de los planes de manejo forestal. Por otro lado, el manejo forestal desde la perspectiva de salud permitiría incrementar el efecto de la mitigación del cambio climático, al reducir la pérdida de áreas forestales por infestaciones de descortezadores de pino del género *Dendroctonus*.

Referencias

- Armendáriz Toledano, F., Niño Domínguez, A., Sullivan, B. T., Kirkendall, L., y Zúñiga Bermúdez, G. (2015). A New Species of Bark Beetle, *Dendroctonus mesoamericanus* sp. nov. (Curculionidae: Scolytinae), in Southern Mexico and Central America. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 1-12. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav020>
- Berner, L. T., Law, B. E., Meddens, A. J. H., y Hicke, J. A. (2017). Tree mortality from fires, bark beetles, and timber harvest during a hot and dry decade in the western United States (2003–2012). *Environ. Res. Lett.* 12, 065005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6f94>
- Byers, J. A. y Zhang, Q. (2011). Chemical Ecology of Bark Beetles in Regard to Search and Selection of Host Trees. En T. Liu and L. Kang (Eds), Beijing: *Recent Advances in Entomological Research* (pp. 132-150). Higher Education Press.
- Comisión Nacional Forestal. (s. f.). *Reporte mensual de descortezadores de pino*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/802877/Alerta_Temprana_Descortezador_Febrero_2023.pdf
- Gómez Pineda, E. y Ramírez, M.I. (2023). Descortezadores y cambio climático: una relación preocupante. *Revista Digital Universitaria*, 24(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.2.15>
- Hlásny, T., Zimová, S., Merganičová, K., Štěpánek, P., Modlinger, R., y Turčáni, M. (2021). Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *Forest Ecol. Management*, 490. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119075>
- Kolb, T. E., Wagner, M. R., y Covington, W. W. (1994). Concepts of forest health: Utilitarian and ecosystem perspectives. *Journal of Forestry*, 92, 10-15.
- La Cal Herrera, J. A. (2020). *Energía de la biomasa y el agua*. Elearning, <https://latam.casadellibro.com/ebook-energia-de-la-biomasa-y-el-agua-ebook/cdle0000111/11736077>
- Lin, W., Xu, M., Gao, L., Ruan, Y., Lai, S., Xu, Y., y Li, Y. (2021). New records of two invasive ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini) to mainland China. *BiolInvasions Records*, 10(1), 74-80. <https://doi.org/10.3391/bir.2021.10.1.09>
- Marini, L., Ayres, M. P., y Jactel, H. (2022). Impact of Stand and Landscape Management on Forest Pest Damage. *Annu. Rev. Entomol.* 67,181-99. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-062321-065511>
- Moreno, B., Macías-Sámamo, J. E., Sullivan, B. T., y Clarke, S. (2008) Field Response of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytinae) to Synthetic Semiochemicals in Chiapas, Mexico. *J. Econ. Entomol.* 101(6),1821-1825. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-101.6.1821>
- Morris, J. L., Cottrell, S., Fettig, C. J., DeRose, R. J., Mattor, K. M., Carter, V. A., Clear, J., Clement, J., Hansen, W. D., Hicke, J. A., Higuera, F. E., Seddon, A. W. R., Seppä, H., Sherriff, R. L., Stednick, J. D., y Seybold, S. J. (2018). *Front Ecol Environ*, 16(S1), S34-S43. <https://doi.org/10.1002/fee.1754>
- Niño Domínguez, A., Sullivan, B.T., López Urbina, J.H., y Macías Sámamo, J.E. (2015). Pheromones-Mediated Mate Location and Discrimination by Two Syntopic Sibling Species of *Dendroctonus* Bark Beetles in Chiapas, Mexico. *J. Chem. Ecol.* 41(8),746-56. <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0608-4>
- Niño Domínguez, A., Sullivan, B.T., López Urbina, J.H., y Macías Sámamo, J.E. (2016). Responses by *Dendroctonus frontalis* and *Dendroctonus mesoamericanus* (Coleoptera: Curculionidae) to Semiochemical Lures in Chiapas, Mexico: Possible Roles of Pheromones During Joint Host Attacks. *J. Econ. Entomol.* 109(2), 724-731. <https://doi.org/10.1093/jee/tov406>
- Niño Domínguez, A., Sullivan, B.T., López Urbina, J.H., y Macías Sámamo, J. E. (2018). Discrimination of Odors Associated With Conspecific and Heterospecific Frass by Sibling Species *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and *Dendroctonus mesoamericanus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Environmental Entomology*, 47(6), 1532-1540. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy146>
- Novais, S. (2022). *Árboles muertos: Hoteles de biodiversidad*. *Portal Comunicación Veracruzana*, 24 de febrero, (24 febrero 2022). Recuperado de: <https://elportal.mx/princ/arboles-muertos-hoteles-de-biodiversidad/>
- Nolasco, A. M. (2008). *Los Pueblos Indígenas de Chiapas: Atlas Etnográfico*. INHA ed. México. <https://medioteca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/libro%3A476>
- Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. C., Hicke, J., Turner, M.G., y Romme, W. H. (2008). Cross-scale Drivers of Natural Disturbances Prone to Anthropogenic Amplification: The Dynamics of Bark Beetle Eruptions. *BioScene*, 58(6), 501-517. <http://doi.org/10.1641/B580607>
- Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales. (2018). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. 220-228.file:///C:/Users/urbin/OneDrive/Documentos/Alis/UPTAP/Linea%20de%20Investigaci%C3%B3n%20SF/Papers/Literatura/Informe2018GMX_web.pdf
- Six, D. y Bracewell, R. (2014). *Dendroctonus*. En Vega, F. E. y Hofstetter, R. (Eds.). *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. (pp. 305-339). Academic Press.
- Skelton, J., Jusino, M. A., Li, Y., Bateman, C., Thai, P. H., Wu, C. X., Lindner, D. L., y Hulcr, J. (2018). Detecting symbioses in complex communities: The Fungal Symbionts of Bark and Ambrosia Beetles Within Asian Pines. *Microb. Ecol.* 76, 839-850. <http://doi.org/10.1007/s00248-018-1154-8>
- Sullivan, B. T., Niño Domínguez, A., Moreno, B., Brownie, C., Macías Sámamo, J. E., Clarke, S. R., Kirdendall, L. K., y Zúñiga, G. (2012). Biochemical evidence that *D. frontalis* consist in two sibling species in Belize and Chiapas México. *An. Entomol. Soc. Am.* 105, 817-831. <http://doi.org/10.1603/AN12026>
- Symonds, R.E. y Elgar, M. A. (2004). The mode of pheromone evolution: evidence from bark beetles. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 271(1541), 839-846. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2647>
- Tamarit Urias, J. C., Quiñonez Barraza, G., y Hernández Ramos, J. (2020). Aspectos metodológicos para generar diagramas de manejo de la densidad de rodales con base en el índice de Reineke. *Rev. Mex. de Cien. Forestales*, 11(61), 4-26. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.728>
- Trigueros, B. A. G., Villavicencio, G. R., y Santiago, P. A. L. (2014). Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque templado de pino-encino en Jalisco, México. *Rev. Mex. Cien. Forestales*, 5 (24), 60-183. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v5n24/v5n24a13.pdf>
- Waring, R. H. y Pitman, G. B. (1985). Modifying Lodgepole Pine Stands to Change to Susceptibility to Mountain Pine Beetle Attack. *Ecology*, 66(3), 889-897. <https://doi.org/10.2307/1940551>
- Zúñiga, G., Cisneros, R., Hayes, J. L., y Macías Sámamo, J. E. (2002). Karyology, Geographic Distribution and Origin of the Genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95 (3), 267-275. <https://doi.org/10.1603/0013-8746>



Foto: Genesalenergy

Metodología para dimensionado de generadores eléctricos de flujo axial de imanes permanentes para aerogeneradores de baja potencia

Jesús Antonio Enriquez Santiago¹, Antonio Verde Añorve², Orlando Lastres Danguillecourt², Javier Alonso Ramírez Torres² y Roberto Adrián González Domínguez²

¹División de estudios de posgrado-Universidad del Istmo

²Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Resumen

Se presenta una metodología para el dimensionado de un generador eléctrico de imanes permanentes para aerogeneradores, el diseño está enfocado a reducir su peso y mantener una alta eficiencia, sus parámetros se calculan utilizando el circuito magnético equivalente; se realizan simulaciones de acoplamiento entre el rotor eólico con el generador dimensionado y se realiza una comparación el prototipo construido.

Palabras clave: Generador eléctrico, energía eólica

Abstract

A methodology is presented for the sizing of an electric generator of permanent magnets for wind turbines, the design is focused on reducing its weight and maintaining high efficiency, its parameters are calculated using the equivalent magnetic circuit; simulations of coupling between the wind rotor and the dimensioned generator are performed and a comparison of the built prototype is made.

Keywords: Generador eléctrico, energía eólica

Introducción

El uso del viento se ha aprovechado desde los molinos de granos hasta la producción de energía eléctrica en pequeña y gran escala por medio de aerogeneradores. Un aerogenerador transforma la energía del viento en energía mecánica mediante un rotor eólico, esta energía mecánica es transmitida por medio de un eje (algunas ocasiones usando cajas multiplicadoras) al generador eléctrico donde se convierte en energía eléctrica y posteriormente se envía a un convertidor de potencia para adecuar la energía eléctrica producida a las condiciones existentes en la red eléctrica.

Uno de los componentes más importantes, pesados y de gran volumen dentro de un aerogenerador de baja potencia es el generador eléctrico ya que su diseño convencional en el mercado está enfocado a su máxima eficiencia sin tener en cuenta otros criterios, por lo tanto al tratar de incorporar un generador eléctrico convencional dentro de un aerogenerador lo vuelve muy pesado ocasionando que se vea obligado reforzar el resto de su estructura para poder soportar todos sus componentes a grandes alturas (Bang et al., n.d.; Leung & Yang, 2012).

En los últimos años se han diseñado GEFAIP de diferentes tipologías, como por ejemplo un GEFAIP de doble capa sin núcleo ferromagnético (Hosseini et al., 2008) fue construido con el fin de reducir las fuerzas magnéticas de los imanes. Otro generador de doble capa sin ranuras, sin núcleo ferromagnético (armadura de plástico) se diseña obteniendo resultados agradables (Bumby et al., 2004) Se han diseñado generadores sin núcleo ferromagnético para facilitar la construcción (Bumby & Martin, 2005) donde de igual manera se obtienen eficiencias altas. Los parámetros de entrada para el dimensionado del generador eléctrico se obtienen de los parámetros de salida del diseño de un rotor eólico, (de Paula Machado Bazzo et al., 2017; Faiz & Zareh, 2011) los cuales se obtienen mediante softwares especializados.

Los diseños ya mencionados dan buenos resultados, sin embargo, se necesitan una cantidad grande de imanes para poder producir un campo magnético tan fuerte como para poder despreciar el núcleo ferromagnético lo cual nos provoca un costo grande y un elevado peso. Una máquina al no contar con ranuras se descarta el torque cogging de la máquina facilitando el arranque, al mismo tiempo se reduce el costo de manufactura, el cual es uno de los factores importantes en los aerogeneradores de baja potencia, esto viene directamente ligado a la parte del generador eléctrico ya que es la parte de mayor peso por su eficiencia, es decir, cuanto mayor sea la eficiencia de un generador mayor tiende a ser su peso y su costo debido al mayor uso de materiales.

Se desarrolla una metodología para dimensionar un generador eléctrico optimizando, reduciendo su peso y manteniendo una eficiencia alta. Se parte de datos de un rotor eólico para poder saber las características en las cuales estará trabajando (Torque, RPM, potencia mecánica, etc.) para lo cual también se optimiza el rotor eólico con el software Harp.

Desarrollo

La potencia de un aerogenerador depende de las eficiencias de cada componente, para maximizar la eficiencia de todo el sistema es necesario analizar y diseñar los componentes de forma individual para que posterior a ello realizar un acoplamiento de todo el sistema. Al analizar el GEFAIP se utilizó el modelo magnético para los cálculos de los parámetros del generador eléctrico (Eriksson et al., 2008; He & Wu, 2019; Santiago et al., 2021; Yuanyuan Xu et al., 2015) los cuales se ajustaron para lograr el objetivo deseado, mientras que en la parte del diseño del rotor eólico se utilizó el software Harp con ayuda de Xfoil para obtener las características de un rotor eólico optimizado.

La potencia mecánica que aprovecha el rotor eólico del viento disponible se expresa como.

$$P_{mec} = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$$

Donde C_p es el coeficiente de potencia, ρ es la densidad del aire, A es el área de la sección transversal del rotor eólico y V es la velocidad del viento. El coeficiente la eficiencia del rotor eólico está en relación con λ óptimo, por lo cual es considerable operar el rotor eólico a una λ óptimo para obtener la máxima absorción de potencia (Li et al., 2009; Sang-Yong Jung et al., 2008; Santiago et al., 2021; Verde et al., 2018).

Las ecuaciones básicas para el diseño del GEFAIP se obtuvieron del libro de Duane C. (Duane Hanselman, 2006) las cuales se obtienen de un análisis analítico del circuito magnético del motor síncrono de imán permanente.

La eficiencia (η) de un PMGS depende de las pérdidas que se presenta durante el proceso de transformación de la potencia mecánica a eléctrica (Faiz & Zareh, 2011; Madescu et al., 2007; Tapia-Hernandez et al., 2016).

$$\eta = \frac{P_{elec}}{P_{mec}} = \frac{P_{mec} - P_{Cu} - P_{Fe}}{P_{mec}}$$

Donde P_{mec} es la potencia mecánica que aporta el rotor eólico y P_{elec} es la potencia eléctrica la cual depende de las pérdidas en el cobre P_{Cu} y las pérdidas en el núcleo P_{Fe} .

Las pérdidas del cobre dependen de la resistencia de fase (R_{ph}), de la corriente de fase (I_{ph}) y del número de fases (N_{ph}) del GESIP (Eriksson & Bernhoff, 2011; Tapia-Hernandez et al., 2016; Verde et al., 2018).

$$P_{Cu} = N_{ph} I_{ph}^2 R_{ph}$$

Las pérdidas en el hierro dependen de las propiedades eléctricas y del volumen del estator (Vol_{est}) Kowal et al., 2013; Santiago et al., 2021; Verde et al., 2018) según la ecuación (4).

$$P_{Fe} = ((K_h f_e B_m^2) + (k_e f_e^2 B_m^2) + (K_c f_e^{1.5} B_m^{1.5})) Vol_{est}$$

Donde f_e es la frecuencia eléctrica, B_m es la máxima densidad de flujo del hierro; K_h , k_e y K_c son constantes de pérdidas debido a las propiedades de la aleación del núcleo del hierro del estator, (Jassal et al., 2011; Tovar-Barranco et al., 2016) El Vol_{est} para el GEFAIP de flujo radial se obtiene con la siguiente ecuación.

$$Vol_{est} = (\pi(R_{so}^2 - R_{si}^2) - N_s A_s) L K_{st}$$

Donde R_{so} es el radio exterior del estator, R_{si} es el radio interior del estator, N_s es el número de ranuras, A_s es el área de una ranura, K_{st} es el factor de apilamiento L es la longitud axial del GEFAIP.

Considerando que la superficie de los polos magnéticos es paralela a la superficie del rotor y estator, la forma de onda de la señal eléctrica que genera es cuadrada, por lo que la fuerza electromotriz (E_{rms}) es igual a la máxima o pico (E_{max}) y se puede determinar la siguiente ecuación.

$$E_{max} = N_m K_d K_p K_s B_g L R_{ro} N_{spp} n_s \omega_m$$

Donde L es la longitud axial del GEFAIP, R_{ro} es el radio exterior del rotor, B_g es la densidad de campo del entrehierro, N_m es el número de polos magnéticos, n_s el número de espiras por ranura, N_{spp} el número de ranuras por polos por fase y $K_d K_p$ y K_s son las constantes que caracterizan la máquina (Duane Hanselman, 2006; Santiago et al., 2021).

La corriente eléctrica de fase (I_{ph}) es la relación que existe entre la densidad de corriente (I_s) y el número de ranuras (N_s) y del número de fases (N_{ph}) del PMGS según (Eriksson & Bernhoff, 2011; Santiago et al., 2021).

$$I_{ph} = \frac{I_s}{N_{ph} N_s}$$

Parámetros	Resultados
FEM (V)	38
Frecuencia (Hz)	49
Entrehierro (mm)	5
Máxima densidad del acero (T)	1.2
Coefficiente de pérdidas por histéresis (w/m ³)	211.6
Coefficiente de pérdidas por saturación (w/m ³)	1.51
Coefficiente de pérdidas por Eddy (w/m ³)	1.14
Densidad de flujo del imán (T)	1.17
Alto del imán (mm)	12.5
Ancho del imán (mm)	50.4
Largo del imán (mm)	12.5

Tabla 2. Parámetros de entrada del GEFAIP.

Resultados

La optimización del rotor eólico fue enfocada en la obtención de la máxima potencia extraída del viento, se optó por utilizar el perfil S2048 los resultados se muestran la tabla 1:

Parámetros	Resultados
Velocidad del viento (m/s)	11
Velocidad angular (RPM)	735.3
Potencia mecánica (kW)	1.18
Coefficiente de potencia (-)	0.4
Torque (N.m)	15.3

Tabla 1. Resultados de la optimización del rotor eólico.

La tabla 2 presenta los parámetros de entrada para el dimensionado del GEFAIP de simple capa con núcleo ferromagnético sin ranuras.

En la tabla 3 se presentan algunos resultados de los cálculos realizados en el dimensionado del GEFAIP de simple capa con núcleo ferromagnético sin ranuras.

Parámetros	Resultados
Potencia eléctrica (kW)	1.02
FEM (V)	37.02
Corriente de fase (A)	9.5
Resistencia de fase (Ohm)	0.56
Número de bobinas (-)	24
Numero de polos (-)	8
Eficiencia (%)	86.4
Peso (kg)	10.5

Tabla 3. Resultados del dimensionado del GEFAIP.

Los resultados medidos al realizar el prototipo del GEFAIP se asemejan a los calculados, teniendo una resistencia de fase de 0.6 Ohm, la FEM de fase obtenidas a diferentes RPM se aprecian en la figura 1, la FEM de línea obtenidas a las mismas RPM se observan en la figura 2. Los resultados teóricos corresponden al acoplamiento del GEFAIP con un rotor eólico, mientras que los resultados medidos fueron obtenidos al acoplar el prototipo del GEFAIP con un torno, y de esta manera hacer la comparación.

Previo a la fabricación del prototipo se realizó una simulación al encapsulado del estator que se observa en la figura 4 con las fuerzas magnéticas del rotor eléctrico, para conocer las posibles deformaciones que podrían haber. Los resultados de las simulaciones son aceptables y de poca deformación en las piezas que van de 1.7 μ m hasta 5 μ m en el estator, estas medidas son las máximas en condiciones de trabajo nominal como se observa en la siguiente figura.

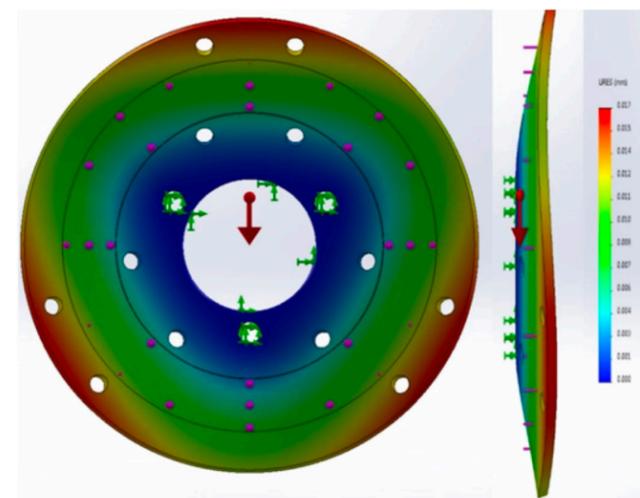


Figura 1. Resultados de la simulación del disco del rotor eléctrico.

En la figura 2-a) se observa el disco rotor del generador eléctrico construido con 8 polos magnéticos; y en la figura 2-b) se observa el estator del generador eléctrico, que fue construido con láminas de acero, sin ranuras y el devanado tiene la forma toroidal bañado en resina de cristal para formar el armazón del mismo.



Figura 2. Rotor y estator construido del GEFAIP.

En la figura 3 se observa el comportamiento de la eficiencia del generador eléctrico acoplado al rotor eólico, donde se observa que el aerogenerador contará con una eficiencia del 90% desde el arranque, sin embargo, al llegar a su velocidad de diseño este tiende a disminuir a 86.3% debido al comportamiento del rotor eólico y que posteriormente vuelve a aumentar hasta 90.2% manteniéndose constante hasta llegar a su velocidad de paro.

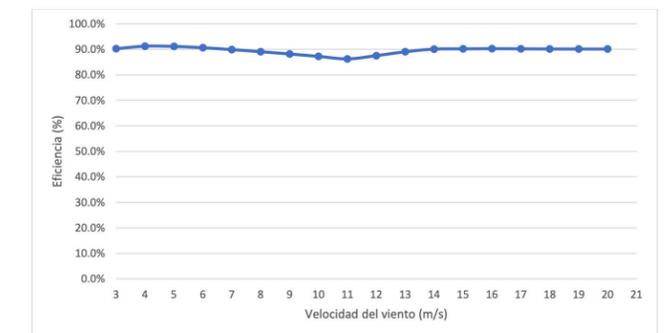


Figura 3. Curva de eficiencia del acoplamiento entre rotor eólico y generador eléctrico.

En la figura 4 muestra la curva de potencia del acoplamiento entre el rotor eólico y el generador eléctrico en la cual se observa que a su velocidad de diseño la potencia llega a 900 W mientras que a 14 m/s llega a la potencia de 1 kW.

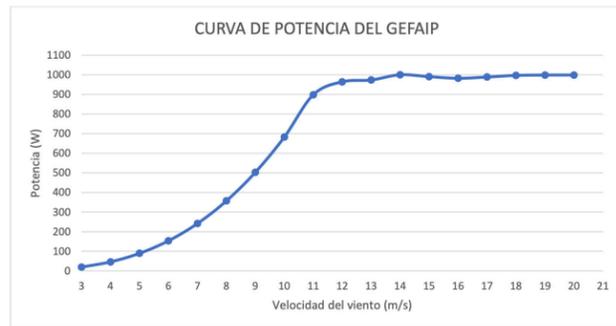


Figura 4. Curva de potencia del acoplamiento entre rotor eólico y generador eléctrico.

Las pruebas experimentales se llevaron a cabo hasta una velocidad angular de 628 RPM que es la velocidad que nos permitía evaluar las condiciones del taller; en la figura 5 se observa el resultado de la prueba en vacío del GEFAIP en donde la FEM teórica vs experimental se desprenden ligeramente conforme la velocidad angular va incrementado hasta llegar a una velocidad de 628 RPM en el cual alcanzó un valor de 29.3 V la curva experimental teniendo en este punto un margen de error del 4% con respecto a la teórica de 30.58 V.

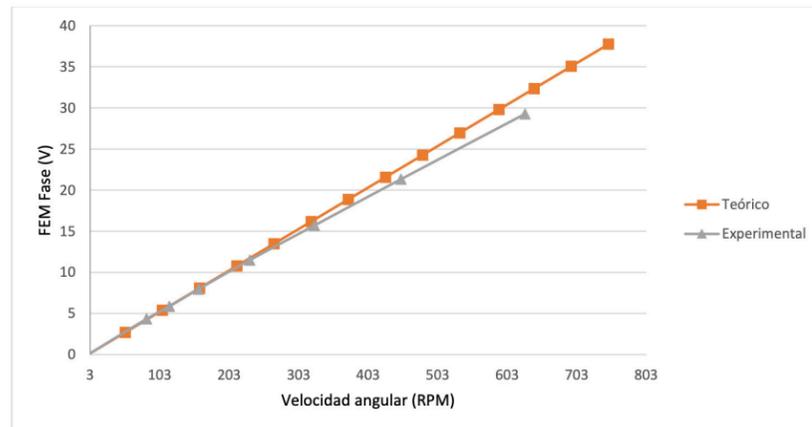


Figura 5. Curva de la FEM teórica vs medida del GEFAIP.

La prueba de la curva de potencia se realizó solamente con 3 puntos dentro de su rango de operación debido que el equipo con el cual se contaba; al comparar las curvas se observa que la potencia experimental (840 W) es menor a la teórica (895 W) para el último punto evaluado (628 RPM) se obtuvo un margen de error del 6% como se observa en la figura 6, este margen de error se debe al proceso de manufactura del prototipo (fiabilidad humana) ya que el prototipo como se observan en las imágenes no se tuvo la adecuada construcción.

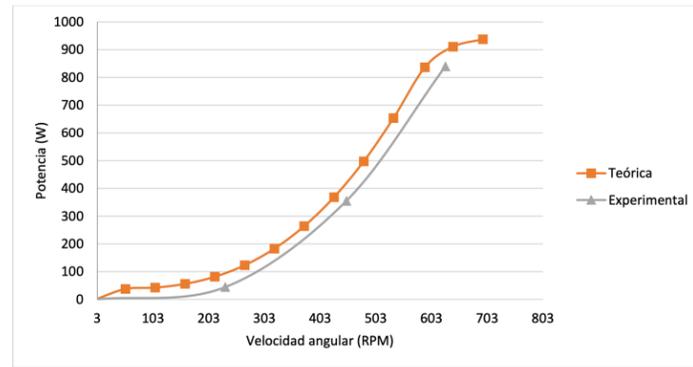


Figura 6.

Conclusión

En la investigación se diseñó una metodología y se construyó un prototipo de un GEFAIP de una capa y sin ranuras, después de realizar pruebas y comparar los cálculos teóricos con los prácticos, las simulaciones realizadas del acoplamiento entre el generador eléctrico con un rotor eólico arrojaron resultados muy importantes, el generador se comportó como se había previsto a cada variación dentro de su rango de velocidad angular, las cuales favorecen al desempeño del generador eléctrico manteniéndolo en una producción de energía con una eficiencia alta en la mayoría de los rangos de velocidades de trabajo.

El generador eléctrico puede ser acoplado a un rotor eólico y producir energía eléctrica arrancando desde una velocidad inicial de 3.5 m/s hasta llegar a su velocidad nominal de 11 m/s alcanzando una potencia máxima de 1 kW.

La metodología implementada indica que es posible reducir peso-costo de un GEFAIP para aerogeneradores de baja potencia manteniendo una eficiencia alta, ya que en la actualidad un generador eléctrico convencional de 1 kW oscila entre los 12 y 14 kg con una eficiencia del 80% al 90%; el prototipo desarrollado de 1 kW tiene una eficiencia del 86.4% y un peso de 10.5 kg.

Las simulaciones realizadas con SolidWorks para las deformaciones por las fuerzas magnéticas del imán tanto para el rotor como al estator fueron acertadas al momento de la fabricación del generador eléctrico.

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas del prototipo y compararlas con las simulaciones realizadas, se observa que los valores teóricos vs medidos tienen un margen de error por debajo del 6%.

Referencias

- Bang, D., Polinder, H., Shrestha, G., & Ferreira, J. (n.d.). *Review of Generator Systems for Direct-Drive Wind Turbines*.
- Bumby, J. R., & Martin, R. (2005). Axial-flux permanent-magnet air-cored generator for small-scale wind turbines. *IEEE Proceedings - Electric Power Applications*, 152(5), 1065. <https://doi.org/10.1049/ip-epa:20050094>
- Bumby, J. R., Martin, R., Mueller, M. A., Spooner, E., Brown, N. L., & Chalmers, B. J. (2004). Electromagnetic design of axial-flux permanent magnet machines. *IEEE Proceedings - Electric Power Applications*, 151(2), 151. <https://doi.org/10.1049/ip-epa:20031063>
- de Paula Machado Bazzo, T., Kolzer, J. F., Carlson, R., Wurtz, F., & Gerbaud, L. (2017). Multiphysics Design Optimization of a Permanent Magnet Synchronous Generator. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 64(12), 9815–9823. <https://doi.org/10.1109/TIE.2017.2726983>
- Duane Hanselman. (2006). *Brushless Permanent-Magnet Motor Design* (2nd ed.).
- Eriksson, S., & Bernhoff, H. (2011). Loss evaluation and design optimisation for direct driven permanent magnet synchronous generators for wind power. *Applied Energy*, 88(1), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.06.010>
- Eriksson, S., Solum, A., Leijon, M., & Bernhoff, H. (2008). Simulations and experiments on a 12kW direct driven PM synchronous generator for wind power. *Renewable Energy*, 33(4), 674–681. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.03.027>
- Faiz, J., & Zareh, N. (2011). *Optimal Design of a Small Permanent Magnet Wind Generator for Rectified Loads*. 4193–4200. <https://doi.org/10.3384/ecp110574193>
- He, C., & Wu, T. (2019). Analysis and design of surface permanent magnet synchronous motor and generator. *CES Transactions on Electrical Machines and Systems*, 3(1), 94–100. <https://doi.org/10.30941/CESTEMS.2019.00013>
- Hosseini, S. M., Agha-Mirsalim, M., & Mirzaei, M. (2008). Design, Prototyping, and Analysis of a Low Cost Axial-Flux Coreless Permanent-Magnet Generator. *IEEE Transactions on Magnetics*, 44(1), 75–80. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2007.909563>
- Jassal, A., Polinder, H., Lahaye, D., & Ferreira, J. A. (2011). Analytical and FE calculation of eddy-current losses in PM concentrated winding machines for wind turbines. *2011 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, 717–722. <https://doi.org/10.1109/IEMDC.2011.5994899>
- Kowal, D., Sergeant, P., Dupre, L., & Vandenbossche, L. (2013). The Effect of the Electrical Steel Properties on the Temperature Distribution in Direct-Drive PM Synchronous Generators for 5 MW Wind Turbines. *IEEE Transactions on Magnetics*, 49(10), 5371–5377. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2013.2260553>
- Leung, D. Y. C., & Yang, Y. (2012). Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 1031–1039. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.024>
- Li, H., Chen, Z., & Polinder, H. (2009). Optimization of Multibrid Permanent-Magnet Wind Generator Systems. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 24(1), 82–92. <https://doi.org/10.1109/TEC.2008.2005279>
- Madescu, G., Trica, A., Budisan, N., Prostean, O., Biriescu, M., & Mot, M. (2007). Performance optimization of low-speed induction generators for direct drive wind turbines. *2007 IEEE Canada Electrical Power Conference*, 166–171. <https://doi.org/10.1109/EPC.2007.4520324>
- Sang-Yong Jung, Hochang Jung, Sung-Chin Hahn, Hyun-Kyo Jung, & Cheol-Gyun Lee. (2008). Optimal Design of Direct-Driven PM Wind Generator for Maximum Annual Energy Production. *IEEE Transactions on Magnetics*, 44(6), 1062–1065. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2007.916250>
- Santiago, J. A. E., Danguillecourt, O. L., Duharte, G. I., Díaz, J. E. C., Añorve, A. V., Hernandez Escobedo, Q., Enríquez, J. P., Vereá, L., Galvez, G. H., Portela, R. D., & Perea-Moreno, A.-J. (2021). Dimensioning Optimization of the Permanent Magnet Synchronous Generator for Direct Drive Wind Turbines. *Energies*, 14(21), 7106. <https://doi.org/10.3390/en14217106>
- Tapia-Hernandez, A., Ponce-Silva, M., Mastache-Mastache, J. E., & Hernandez-Gonzalez, L. (2016). Efficiency optimization for radial permanent magnets electric generators. *2016 13th International Conference on Power Electronics (CIEP)*, 23–28. <https://doi.org/10.1109/>

- CIEP.2016.7530725
- Tovar-Barranco, A., Gomez, D. J., Lopez-de-Heredia, A., & Villar, I. (2016). High torque density transverse flux permanent magnet machine design for wind power generation. *2016 XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 782–788. <https://doi.org/10.1109/ICELMACH.2016.7732615>
- Verde, A., Lastres, O., Hernández, G., Ibañez, G., Vereá, L., & Sebastian, P. J. (2018). A new method for characterization of small capacity wind turbines with permanent magnet 18 synchronous generator: An experimental study. *Heliyon*, 4(8), e00732. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00732>
- Yuanxuan Xu, Maki, N., & Izumi, M. (2015). Performance Comparison of 10-MW Win Turbine Generators With HTS, Copper, and PM Excitation. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 25(6), 1–6. <https://doi.org/10.1109/TASC.2015.2493120>

Estrategia de control activo para aerogeneradores de baja potencia

Roberto Adrián González Domínguez¹, Orlando Lastres Danguillecourt¹, Antonio Verde Anorve¹, Javier Alonso Ramírez Torres¹, Jesús Antonio Enríquez Santiago² y Emmanuel Garmendia Figueroa¹

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas-Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, Ciudad Universitaria

²División de estudios de posgrado-Universidad del Istmo, Ciudad Universitaria

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo diseñar y evaluar en condiciones de laboratorio una estrategia de control implementando un circuito electrónico en aerogeneradores de baja potencia los cuales permiten generar energía a partir del recurso eólico del estado de Chiapas, principalmente la zona de Arriaga. La estrategia de control se desarrolló mediante tres metodologías, las cuales incluyen el estudio y comprensión de los sistemas de control activos. La implementación del circuito electrónico se basó en una tarjeta de control existente adaptada a las nuevas especificaciones del aerogenerador RTO Energy.

Las evaluaciones de la estrategia de control se realizaron en condiciones de laboratorio y se verificó el funcionamiento mecánico del sistema, se realizaron pruebas de paro de emergencia, pruebas de sensores y prueba de regulación, obteniendo las características del sistema de control y generando gráficas para su interpretación. Los resultados obtenidos incluyen el código de control que permite detectar fallos del aerogenerador con un tiempo de respuesta de 24 ms, el correcto funcionamiento de los sensores evaluados y la observación del comportamiento de la veleta activa en diferentes circunstancias.

Además, se elaboró un manual de fallos soluciones relacionado con las evaluaciones realizadas para emergencias presentadas ante cualquier anomalía que muestre el aerogenerador.

En resumen, la estrategia de control diseñada y evaluada en este trabajo permite tener un mayor control, seguridad y monitoreo de las emergencias presentadas en aerogeneradores de baja potencia debido a diferentes aspectos, como fenómenos naturales, físicos, ubicación, errores humanos y vida útil de los componentes, entre otros.

Palabras clave: Estrés académico, labores del hogar y desigualdad de género.

Abstract

This job aims to design and evaluate in laboratory conditions a control strategy implementing an electronic circuit in low-power wind turbines that allow generating of energy from the wind resource of Chiapas, mainly the Arriaga area. The control strategy was developed through three methodologies: studying and understanding active control systems, using Boolean algebra, and evaluating sensors to establish the plan. The implementation of the electronic circuit was based on an existing control card adapted to the new specifications of the RTO Energy wind turbine.

The evaluations of the control strategy were carried out under laboratory conditions, and the mechanical operation of the system was verified; emergency stop tests, sensor tests, and regulation tests were carried out, obtaining

the characteristics of the control system and generating graphs for its interpretation. The results obtained include the control code that allows the detection of wind turbine failures with a response time of 24 milliseconds, the correct functioning of the evaluated sensors, and the observation of the behavior of the active vane in different circumstances.

In addition, a failure-solutions manual was prepared related to the evaluations carried out for emergencies presented in the event of any anomaly that the wind turbine shows. In summary, the control strategy designed and evaluated in this work allows for greater control, safety, and monitoring of emergencies in low-power wind turbines due to different aspects, such as natural and physical phenomena, location, human errors, and the useful life of components, among others.

Foto: Freepik



Introducción

Los aerogeneradores o torres eólicas se encargan de generar energía eléctrica con las velocidades del viento a través de la energía cinética generada en las corrientes de aire, donde se proporciona energía mecánica a sus dispositivos de captación (U. Sustentable, 2011).

De la definición se establecen las partes fundamentales de este sistema de conversión de energía, su clasificación va de acuerdo con la potencia del aerogenerador la cual está determinada de la siguiente forma (T.I.E.Commission, 2006).

- Baja potencia <100kW
- Media potencia 100kW – 1000kW
- Alta potencia >1MW

Estos sistemas están conformados generalmente de los siguientes elementos, que son necesarios para la generación de energía:

- Torre
- Góndola (Generador, Caja multiplicadora, Freno mecánico, sistema de medición)
- Rotor (Palas, Buje)

Los sistemas de adquisición de datos en los aerogeneradores se utilizan para medir y registrar información sobre el rendimiento de los equipos, como la velocidad del viento, la potencia generada, la temperatura y la vibración. Esta información es utilizada por los operadores y técnicos para programar el mantenimiento preventivo, optimizar la eficiencia de los aerogeneradores y evitar interrupciones costosas en la producción de energía.

Los algoritmos son utilizados en los sistemas de adquisición de datos para procesar la información recopilada de los aerogeneradores y convertirla en información útil y fácilmente interpretable. Estos algoritmos son diseñados para identificar patrones y tendencias en los datos, lo que permite a los operadores y técnicos tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la eficiencia de los equipos. Los algoritmos también son utilizados para predecir fallos en los aerogeneradores y programar el mantenimiento preventivo antes de que se produzcan problemas costosos.

Los sistemas de control activos y pasivos son utilizados en los aerogeneradores para mejorar su rendimiento y eficiencia. Un algoritmo es utilizado para ajustar automáticamente la posición de las palas y la velocidad de rotación del rotor, lo que permite una producción de energía más constante y fiable. Los sistemas de control activos utilizan sensores y actuadores, mientras que los sistemas de control pasivos utilizan dispositivos mecánicos como frenos y amortiguadores.

Los sistemas de control en los aerogeneradores se clasifican en activos y pasivos, los sistemas activos están compuestos por uno o más actuadores, mientras que los sistemas pasivos no cuentan con ninguno (Roberto González,2020).

Sistemas activos

- Control por variación
- Control activo por pérdida aerodinámica
- Control yaw activo
- Veleta activa

Sistemas pasivos

- Control por orientación
- Control por pérdida aerodinámica
- Control Yaw pasivo

La fuerza axial ejercida sobre el rotor del aerogenerador tiende a desalinearse del viento, por ende, estas máquinas deben de tener un dispositivo el cual lo mantenga siempre de cara al viento. La principal ventaja del rotor barlovento

es evitar el viento detrás de la torre, se debe tener en consideración la distancia necesaria entre la torre y las palas, esto con el fin de evitar posibles accidentes como colisiones entre estos dos mecanismos (M.F.Voneschen, 2009).

Análisis de fallos en aerogeneradores

Los aerogeneradores por su ubicación, componentes y otros aspectos de sus instalaciones suelen presentar problemas, derivando a grandes pérdidas de energía por el mantenimiento, por consecuencia es indispensable conocer cuáles son los fallos más frecuentes a lo largo de su vida útil.

En la Figura 1 se presentan los sistemas de control y los sistemas eléctricos con un mayor índice de fallo en aerogeneradores debido a que son componentes principales susceptibles a los cambios externos, estos se suelen solucionar de manera muy acelerada, en comparación de los otros casos mostrados que suelen generar grandes pérdidas en energía debido al tiempo que tardan en resolverse (C. A. J. Pariente, 2016).

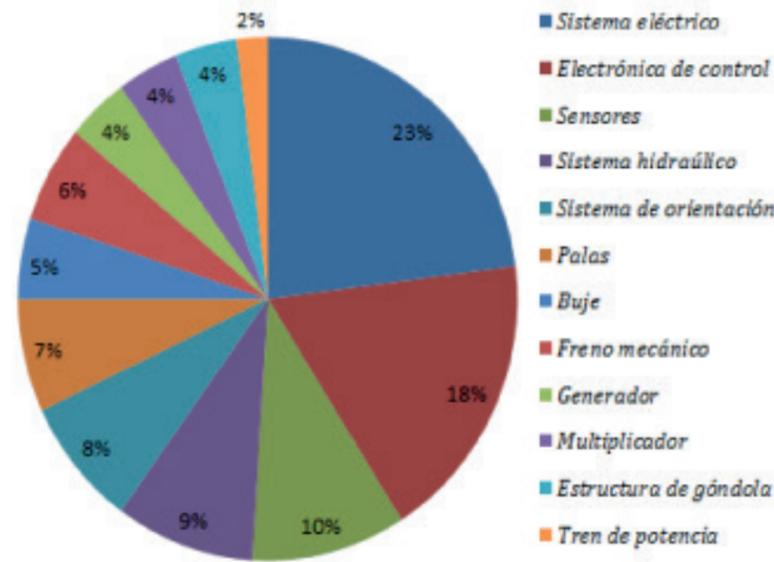


Figura 1. Fallos comunes reportados en aerogeneradores.

Desarrollo

El trabajo está dividido en 3 secciones: diseño, implementación y evaluación de la estrategia de control para aerogeneradores de baja potencia, que fueron realizadas en el laboratorio para un aerogenerador de 1kW en el Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables perteneciente a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Diseño de estrategia de control

El diseño de la estrategia de control se realizó a través de investigación, desarrollo y codificación de una nueva estrategia para mejorar la vida útil de los componentes del aerogenerador.

Determinación de variables de entrada

Para detectar fallos en aerogeneradores, es necesario monitorear múltiples variables, tales como la velocidad del viento, temperatura, vibraciones, corriente eléctrica, voltaje, potencia, dirección de viento, ángulo de las palas del rotor u orientación. Estas variables proporcionan información importante sobre el rendimiento y el estado del equipo. También se utilizan tecnologías avanzadas de monitoreo y diagnóstico, como la monitorización de la condición y control de estos sistemas.

Diseño de tablas de verdad

Se desarrollaron tablas de verdad utilizando combinaciones de uno y cero para relacionar los valores con la estrategia de control diseñada para el sistema de seguridad en un aerogenerador. Se obtuvieron 16 combinaciones para 4 variables de entrada en la tabla de seguridad, y 64 combinaciones en la segunda tabla para alertar posibles daños en los equipos electrónicos. La tabla de seguridad cuenta con una variable de salida llamada "Paro Veleta", la cual activa el sistema de seguridad en caso de detectar datos anormales para proteger el aerogenerador y sus componentes electrónicos. La segunda tabla cuenta con una columna "No." para representar el número de combinación y activar la alerta en el código de control para corregir errores y elaborar el manual de seguridad.

Reducción de tablas por el método de Karnaugh

La reducción de mapas de Karnaugh simplifica expresiones lógicas booleanas en algoritmos de control. Esto permite simplificar el circuito lógico y reducir el número de puertas lógicas necesarias, lo que puede mejorar la eficiencia y velocidad de procesamiento del sistema de control. Además, la simplificación mejora el procesamiento debido

a la disminución de código necesarios para la implementación del algoritmo. En resumen, esta técnica es valiosa para una implementación más eficiente y rentable del algoritmo de control.

Evaluación de sensores

Evaluar y detectar fallas en los sensores es esencial para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas que dependen de ellos. Los sensores miden y monitorean variables críticas y pueden fallar por diversas razones, lo que puede provocar resultados incorrectos o peligrosos. Por tanto, es importante realizar pruebas y comprobaciones regulares para verificar su precisión y rango de operación. También se pueden implementar técnicas de detección de fallas, como la comparación con sensores redundantes o el monitoreo constante de las señales para detectar comportamientos anómalos y tomar medidas preventivas tempranas para evitar errores y problemas en el sistema.

Sensor temperatura

- Se desconectó el cable de tierra y la temperatura del sensor se fue a los 100°C.
- Se desconectó el cable del sensor analógico la temperatura fue superior a los 100°C.
- En la prueba de incendio el sensor entró en corto y su máxima temperatura fue de 110°C además de bajar drásticamente las temperaturas con irregularidades.

Sensor inductivo

- Se desconectó el cable a tierra dando unvalor de 25 Volts.
- Se desconectó el cable de la fuente y marcó en el rango de -2 a 0 Volts.
- Se desconectó el cable pin e informó el valor de 0 Volts.
- En la prueba de incendio soportó hasta los 25 Volts para después no marcar ninguna señal.

Puente de diodos

- Se desconectó las fases de entrada y dando un valor de cero.
- El límite alcanzado en el puente de diodos es de 1000 bits.
- Se desconectó el sensor Im358 (parte del puente de diodos) y el valor mostrado fue cero.
- En la prueba de incendio después de unos segundos mostró un cortó circuito.

Sensor de corriente no invasivo

- Se desconectó el cable de alimentación dando un valor de 0 A.
- Se desconectó el cable de tierra y mostró la corriente correcta del equipo.
- Se desconectó el cable analógico y mostró el valor de 0 A.
- En la prueba de incendio la corriente se mantuvo hasta cierto momento el cual cayó drásticamente a 0 A.

Anemómetro de copa

- Se desconectó el cable de alimentación dando una señal de 0 m/s.
- Se desconectó el cable de tierra y la señal es normal sin ningún inconveniente.
- Se desconectó el cable analógico y no muestra ninguna señal al equipo de control.
- En la prueba de incendio dejó de mostrar las velocidades después de 3 minutos.

Implementación del código

En un sistema de control, es esencial detectar fallas en los sensores para garantizar un correcto funcionamiento. Una forma de lograr esto es mediante la reducción de mapas de Karnaugh en un código de Arduino.

Primero, se deben identificar las variables medidas por los sensores y asignarles una nomenclatura que represente cada una de ellas. Luego, se utiliza la técnica de reducción de mapas de Karnaugh para simplificar la expresión lógica booleana que representa la detección de fallas. Esto permite reducir el número de puertas lógicas necesarias para implementar el algoritmo de detección.

Una vez que se tiene la expresión simplificada, se puede programar en el código de Arduino utilizando la sintaxis adecuada para las operaciones booleanas. El código incluye una rutina que se encargue de evaluar continuamente las variables medidas y compararlas con los valores preestablecidos en la expresión lógica. Si se detecta una falla, se activa una alerta o se toman medidas para corregir el problema.

Las pruebas de laboratorio se realizaron en el IIIER de la UNICACH ubicado en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Estas pruebas fueron realizadas en un entorno controlado mediante los siguientes elementos importantes:

- **Banco de pruebas:** encargado de simular la velocidad de viento en un entorno controlado como se observa en la figura 2 inciso A). Este motor permite variar las RPM enviando los datos para la regulación de potencia.



Figura 2. Banco de pruebas para aerogeneradores de baja potencia.

- **Tarjeta de control:** se encarga de obtener todos los datos generados por el sistema y sensores para la estrategia de control como se observa en la figura 3 inciso A), dicho componente va dentro de la góndola. A la estrategia de control se le implementó un setpoint, el cual permite tener un límite u objetivo para el funcionamiento de la veleta.

- **Veleta activa:** este sistema activo regula la potencia hasta los 72° a través de un motor, el cual cuenta con medición del tiempo de respuesta. El sistema se muestra en la figura 3 inciso B).

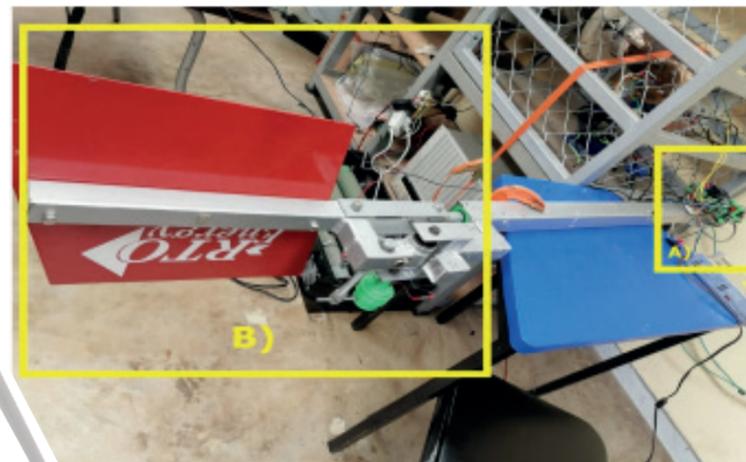


Figura 3. A) Sistema de control activo B) Sistema de veleta activa.

Se verificó el funcionamiento del sistema mecánico, envío y recepción de datos, funcionamiento de sensores y se obtuvo un muestreo de 24 ms.

Resultados

Para validar la estrategia de control implementada se realizaron las siguientes pruebas:

1. Prueba de paro de emergencia

El paro de emergencia consiste en colocar de manera perpendicular el aerogenerador a la dirección del viento. La prueba en el laboratorio se realizó a través del motor el cual se incrementó de manera controlada las revoluciones por minuto que simula la velocidad del viento.

Se simuló la prueba de paro de emergencia con un valor de setpoint de 10 m/s como se observa en la figura 4, dicha prueba muestra que el sistema respondió en 24 ms, debido al aumento de la velocidad del viento el cual pasó de los 10 m/s a 18 m/s y permitió frenar el sistema a través de la veleta activa de manera instantánea. Esta prueba es indispensable en casos de emergencia, fenómenos anormales, fallos, posibles incendios entre otros aspectos.

2. Prueba de regulación de potencia

Se realizó la prueba de regulación, dicha prueba consiste en regular la potencia del aerogenerador estableciendo su comportamiento y comprobando que la potencia es directamente proporcional al voltaje por la corriente.

Para esta prueba se configuró la tarjeta de control con un setpoint de 550 W con el fin de salvaguardar el sistema y evaluar la estrategia de control. En la figura 5 se observa a la veleta regulando en dos ocasiones en un tiempo aproximado de 78 ms desde su comienzo, estableciendo la potencia cercana al setpoint.

3. Prueba de fallo de sensores

Se presentan algunas pruebas de los sensores, dentro de ellos, sensor de temperatura y rpm que pueden poner en peligro el sistema en caso de fallo.

a) Sensor de temperatura

Se llevó a cabo la prueba variando la temperatura del estator y microcontrolador, así como evaluar el sensor de RPM, dichas pruebas son importantes para salvaguardar estos dos componentes principales del aerogenerador, en caso de la tarjeta de control permitirá detener el aerogenerador para evitar incendios o pérdida total de todo el equipo electrónico.

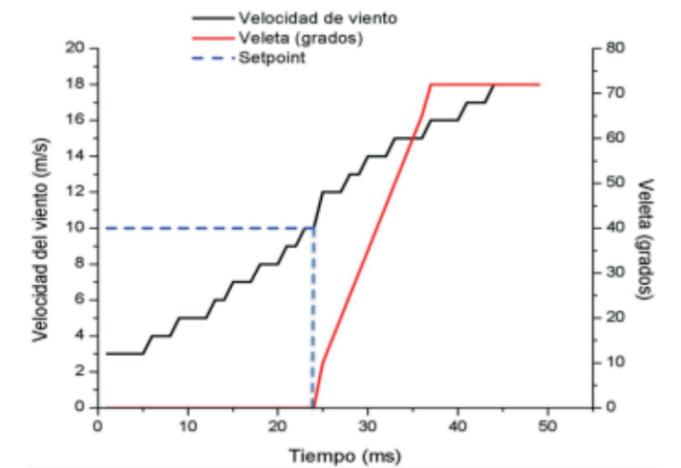


Figura 4. Prueba de paro de emergencia.

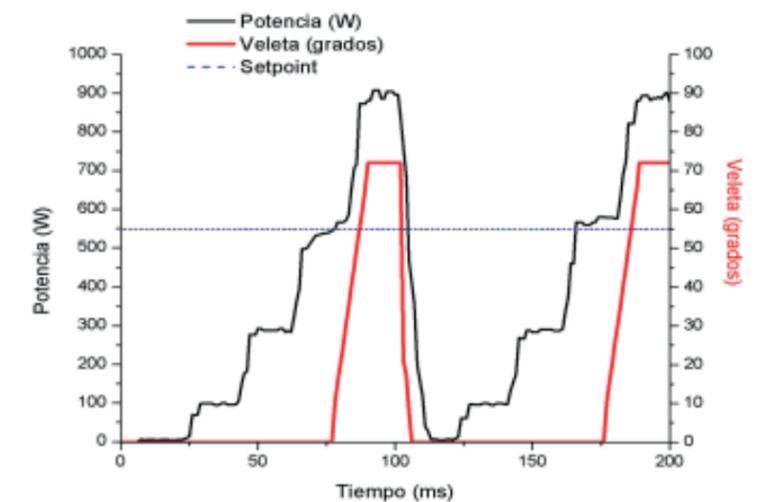


Figura 5. Prueba de regulación de potencia y protección.



Para la prueba temperatura del microcontrolador como se observa en la figura 6 , se estableció un setpoint de 40°C , que es un valor dentro del rango de temperatura de -40 hasta 85°C que soporta el microprocesador , cuando sobrepasa el valor este emite una constante dominada fallo 9 y un valor máximo de 90°C para el generador eléctrico, emitiendo el fallo 14 , esto con el fin de simular la estrategia, observando la activación de veleta a los 24 ms hasta alcanzar los 72 grados en un tiempo de 50 ms en la figura 7.

b) Sensor de RPM

En la prueba del sensor inductivo, se estableció un setpoint de 280 RPM como se muestra en la Figura 8, la veleta se activa en 24 ms y se emite el número de fallo 24 correspondiente en la tabla de fallos propuesta en este trabajo. Las evaluaciones permitieron conocer el comportamiento de la veleta activa en diferentes situaciones, derivado de las evaluaciones permitieron realizar el manual para la estrategia de control para conocer el posible fallo cuando sobrepasa el valor establecido se envía un número de fallo posible para visualizar en el manual obtenido en esta investigación.

Las soluciones desarrolladas en caso de presentar fallas de los sensores como se observa en la Figura 9 es un ejemplo de cómo deben ser resueltas en brevedad, permitiendo la reducción de costos por mantenimiento y delimitar problemas frecuentes para aprovechar al máximo la producción de energía eólica.

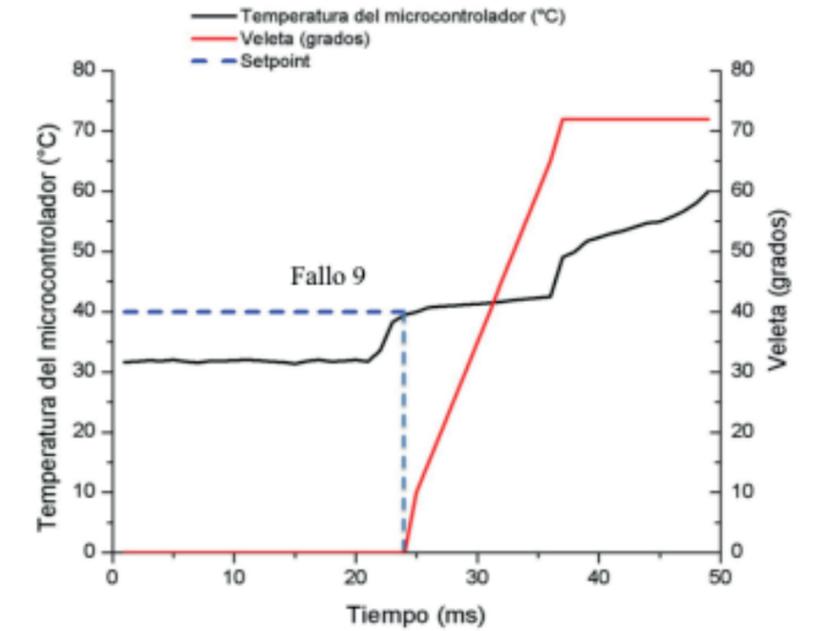


Figura 6. Prueba de sensor de temperatura.

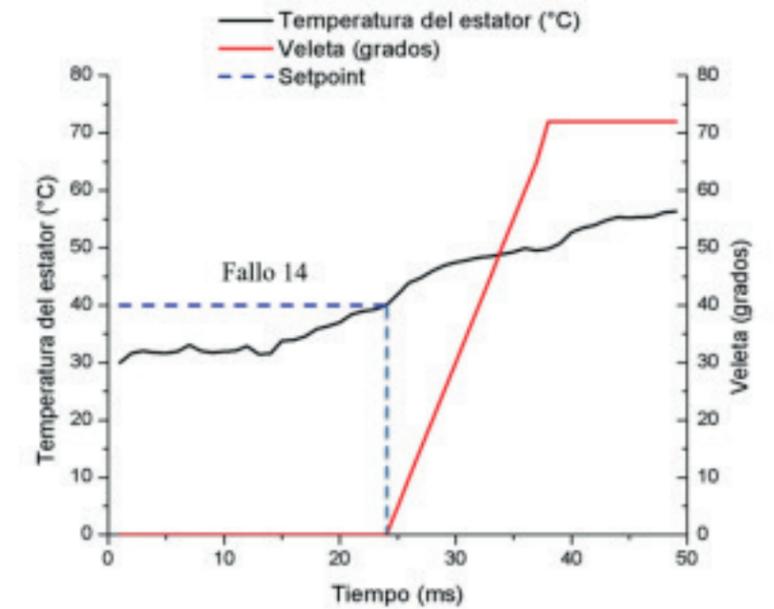


Figura 7. Prueba sensor de temperatura del estator.

Conclusión

Se diseñó, implementó y evaluó la estrategia de control para la veleta activa en aerogeneradores de baja potencia que garantiza mayor seguridad en el equipo y mejor funcionamiento de los sensores al estar periódicamente en revisión.

Se diseñaron las ecuaciones que representan la seguridad, el monitoreo de posibles fallos en el sistema relacionando fenómenos físicos y anomalías como: incendios, desconexión de los sensores, mal funcionamiento, errores humanos entre otros, dando como resultado un código que este código está dividido en 3 secciones:

- **Seguridad:** en caso de superar los límites establecidos, entra en funcionamiento la veleta activa para salvaguardar el equipo.
- **Fallos:** parte del código donde se establece la estrategia de control en conjunto con sus consideraciones.
- **Manual para los fallos de la estrategia de control:** muestra una advertencia con las posibles combinaciones de fallos presentados y establece un manual para la solución de manera inmediata.

Se implementó el circuito electrónico realizado con anterioridad a las nuevas condiciones y estrategias planteadas de acuerdo a los antecedentes de fallos en la industria eólica, la tarjeta de control cuenta con una tarjeta Arduino mega, donde se realizaron las evaluaciones y conexiones de los sensores utilizados, se obtuvieron resultados de temperaturas, datos por posibles desconexiones, especificaciones para cada uno de los sensores, tiempos de respuesta entre otros.

Se evaluó la estrategia de control en un aerogenerador de 1kW con veleta activa para mayor seguridad y capaz de proporcionar información derivado en los fallos al momento de su uso, se obtuvo como resultado un tiempo de respuesta de 24 ms, correcto funcionamiento de los sensores y lectura correcta del setpoint establecido generando un manual de causas-soluciones para el sistema activo.

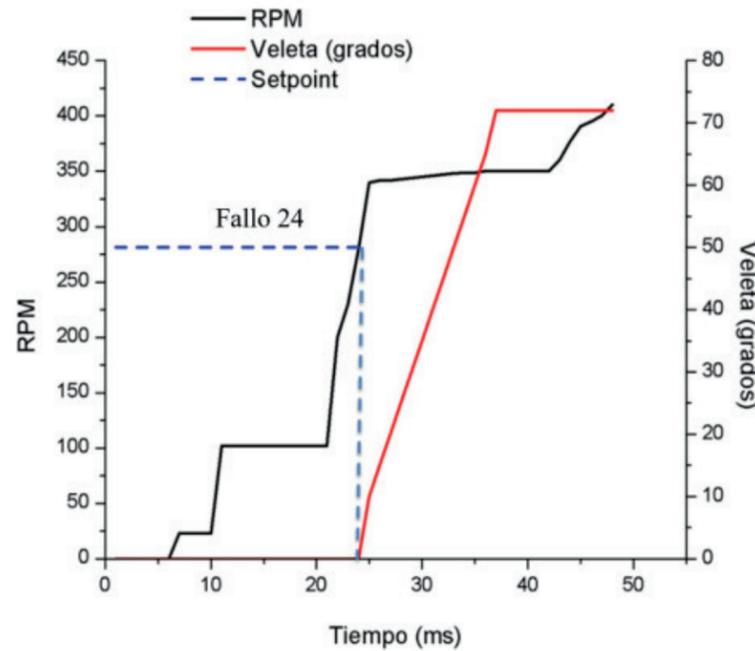


Figura 8. Prueba de sensor RPM.

Emergencia	Causas	Solución
0	Todo en orden	Todo en orden
1	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de cables de conexión. • Fallo en la calibración del anemómetro. • Desprendimiento de una hélice. • Circuito abierto. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alerta del sensor de velocidad de viento dañado. 2. Detener el aerogenerador. 3. Verificar las conexiones del anemómetro situado en la parte superior de la góndola como se muestra en la 4.13. 4. Verificar la continuidad de los cables de conexión por posible desgaste. 5. Verificar funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el anemómetro. • Verificar estado de las hélices del anemómetro. • Verificar el voltaje de salida. 6. Puesta en marcha del aerogenerador.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste del cable. • Desconexión de cables de comunicación. • Desconexión del cable a tierra si la temperatura aumento a 110 °C o superior. • Desconexión del cable de voltaje si la temperatura marca cero. • Sensor incendiado si marca irregularidades en las temperaturas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alerta de un sensor del voltaje de temperatura del estator dañado 2. Detener el aerogenerador 3. Verificar las conexiones del sensor lm35 situado en 4.9. 4. Verificar la continuidad de los cables de conexión por posible desgaste o incendio del equipo. 5. Verificar el funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Conexión VCC A 5VDC (fuente de voltaje a corriente directa 5V). • GND a GND de la fuente de alimentación y al negativo del multímetro (Tierra a tierra de la fuente de alimentación y al negativo del multímetro, debe tener continuidad el multímetro y emitir un sonido). • Verificar Vsalida al positivo del multímetro (Voltaje de salida al positivo del multímetro). 6. Reiniciar el equipo

Figura 9. Tabla de soluciones de detección de fallos en aerogeneradores.

Referencias

- Agüero, M. B. (2017). *Sistema de adquisición de dato*.
Carreras, P. A. M. (2017). *Plan De Mantenimiento De Un Aerogenerador OFFSHORE*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Ester Sales-Setién, D. D., Ignacio Peñarocha. (2015). *Detección de fallos en la orientación de palas en aerogeneradores mediante observadores H2 tipo PI*. Universitat Jaume I, 966-972.
- Et al, C. M. E. (2009). Emulador eólico para aerogeneradores de baja potencia. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 13(53), 329-338.
- Et al, M. G. M. E. (2017). *Ley de Ohm*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Fabela, J. L. T. (2015). *Presentación sobre Método de mapas de Karnaugh*. Unidad Académica Profesional Tlanguistenco.
- Folgozo, S. G. (2020). Uso de cartas multivariantes para la monitorización y optimización del mantenimiento de una plataforma eólica. Universidad del País Vasco.
- Frias, J. D. M., & Hielscher, R. P. (2006). *Fundamentos de programación utilizando el lenguaje C* (Vol. 24). Universidad Pontificia Comillas.
- González Roberto. (2020). *Sistema de control activo para aerogeneradores de baja potencia*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Halley, G. (s.f.). *Introducción a Arduino*. Universidad Industrial de Santander.
- J. C. Marín, F. P., A. Barroso. (2015). *Estudio de los daños por fatiga en palas de aerogenerador*. Universidad de Sevilla, 2, 581-586.
- Molina, F. L. (2018). *Análisis de vibraciones para la detección y diagnóstico de fallas en el generador de inducción doblemente alimentado (Gida) para el diseño de aerogeneradores de velocidad variable*. Universidad del Istmo.
- Oviedo, U. de. (n.d.). *Programación en Lenguaje C*. <https://cutt.ly/tZBoBYt>
- Pariente, C. A. J. (2016). Análisis de fallos en parques eólicos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Pariente, C. A. J. (2016). *Análisis de fallos en parques eólicos*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Pinazo, M. P. A. (2021). *Control de potencia de generadores sincros multipolo de imanes permanentes (DD-PMSG) para aerogeneradores*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Serna, F. R., Antonio Ros. (2010). *Guía práctica de sensores*. Creaciones copyright SL.
- Sustentable, U. (8 de febrero de 2011). *Energía Eólica en el Hogar*. <http://uruguayrenovable.blogspot.com>
- T. I. E. Commission. "EC 61400-2". En: Wind turbines 2006.2 (2006), Part 2: Small wind turbines.
- Tomás-Rodríguez, M. S. (2019). *Modelado y control de turbinas eólicas marinas flotantes*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 16(4), 381-390.
- Voneschen, M. F. (2009). *Introducción a la teoría de las turbinas eólicas*. España: LA VERITAT.

COMITÉ EDITORIAL 2023-2027

Dra. Verónica Castellanos León
Universidad Autónoma de Chiapas
vleon73@msn.com
veronica.castellanos@unach.mx

Dr. Octavio Grajales Castellanos
Universidad Autónoma de Chiapas
octaviograjales4@gmail.com
octavio.grajales@unach.mx

Dr. Sarelly Martínez Mendosa
Universidad Autónoma de Chiapas
sarelym@gmail.com

Mtra. Lucía María Cristina Ventura Canseco
Instituto Tecnológico de Veracruz
mventura@itg.edu.mx

Mtra. Lorena del Rosario Rojas Nucamendi
Space Zero Gravity
lorenarojas@mexicoled.com

Mtra. Lexi Javivi López Ángel
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
lexijavivi_07@hotmail.com

Dra. Bíaani Beu Martínez Valencia
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
biaaninez@gmail.com
biaani@hotmail.com

Dr. Adolfo de Jesús Solís Muñiz
Universidad Autónoma de Chiapas
asolism@gmail.com

Dr. Fernando Daniel Durán
Universidad Autónoma de Chiapas
fernando.duran@unach.mx

Dr. Rubén Hernán Leal López
Universidad Autónoma de Chiapas
rubenh.leal@gmail.com

Dra. Vivian Gabriela Mazariegos Lima
Universidad Autónoma de Chiapas
vivian.mazariegos@unach.mx

Dra. Ligia Margarita Domínguez Castañón
Universidad Autónoma de Chiapas
mdguez@unach.mx

Dra. María Minerva López García
Universidad Autónoma de Chiapas
minerva@unach.mx

Dr. Óscar Ausencio Carballo Aguilar
Universidad Autónoma de Chiapas
oscar.carballo@unach.mx

Dra. Ivonne Álvarez Gutiérrez
Universidad Autónoma de Chiapas
ivonne.ag@mail.com

Marx Navarro
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
marxnavc@yahoo.com

UN UNIVERSO DE
**DIVERSIÓN
Y CIENCIA**
TE ESPERA

Jueves
9:00 - 16:00 hrs
**Viernes, sábados
y domingos**
9:00 - 13:00 hrs
y de 16:00 a 20:00hrs

El planetario contiene la más alta tecnología de proyecciones de imágenes de México y América Latina, donde podrás descubrir la magia de la astronomía y conocerás más acerca del universo.



INSTITUTO
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
GOBIERNO DE CHIAPAS



INSTITUTO
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
GOBIERNO DE CHIAPAS

SBEEL
DINOSAURIOS

**¡Ven a vivir la
Aventura!**

En el Museo de Ciencia y Tecnología
MARTES A DOMINGO
DE 10:00 AM A 2:00 PM
(MIÉRCOLES EN LA ENTRADA DE UN ADULTO - 1 NIÑO GRATIS)



INSTITUTO
**DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN**

GOBIERNO DE CHIAPAS

TODA NUESTRA
OFERTA DE SERVICIOS
LA PUEDES ENCONTRAR **AQUÍ**

icti.chiapas.gob.mx



Sigue nuestras redes sociales
para **mantenerte informado**