

# REMCID

Revista Multidisciplinaria de  
Ciencia, Innovación y Desarrollo

ISSN 2954-498X • e-ISSN: 2954-4998

Vol. 1 • Núm. 2 • Julio-Diciembre 2022

Mensaje Institucional

Mensaje Editorial

Artículos Originales

Evaluación fotocolorimétrica del proceso de degradación de un colorante textil mediante fotólisis heterogénea  
José Luis Xochuihua Juan *et al.*

El río Tecolutla, contaminación que fluye: Una revisión teórica  
Luis Felipe Juárez-Santillán *et al.*

Identificación del estilo de liderazgo en los alumnos de nivel licenciatura de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora  
Abel Yradier Gómez Parra *et al.*

Problemas de aprendizaje en el aula universitaria: Caso de estudio Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora  
Elidia Bernardino-Pérez *et al.*

Instalación de un sistema fotovoltaico autónomo para alimentación de un sistema de riego  
Francisco Tomás Cessa Valdés *et al.*



# REMCID *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo*

## Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz

### Rectora

Sandra Angélica Hernández Herrera

### Director Académico

Felix Bautista Meza

### Director de Vinculación

Heriberto Ortiz Vera

### Director de Planeación

Israel Benítez Martínez

### Director de Administración

Honorato Pérez Antonio

### Abogado General

Ronald Castro Ortiz

### Editor en Jefe

Raúl Alejandro Limón Hernández

### Editor Asociado

Heriberto Ortiz Vera

### Comité Editorial Interno

Verónica López Hernández

Iriana Hernández Martínez

Brenda Adolfini García Gutiérrez

Rosa Anahí Gamez Ortíz

### Comité Editorial Externo

María Rebeca Rojas Ronquillo

Irving David Pérez Landa

José Ángel Granados Arvizu

Montserrat Escamilla García

María del Consuelo Maceda Carrasco

Guillermo Escalante Cabrera

### Indexación

latindex



INTERNATIONAL  
STANDARD  
SERIAL  
NUMBER  
INTERNATIONAL CENTRE



La Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, publicada de forma semestral. Editada por TD&S Training, Distribution and Integrated Services S.A. de C.V. Reserva de derechos al uso exclusivo número 04-2022-042009561300-102, Volumen 1, Número 2, julio-diciembre 2022. ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de los autores. Todos los derechos reservados de acuerdo con la Convención Latinoamericana y la Convención Internacional de los Derechos de Autor. Ni la totalidad, ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse, almacenarse, utilizarse o transmitirse por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación, escaneo, digitalización, grabación en audio, distribución en internet, distribución en redes de información o almacenamiento y recopilación en sistemas de información, ni traducida a otros idiomas sin el consentimiento por escrito de sus editores. © D.R. 2022, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz.



Diseño de portada, interiores, composición tipográfica, cuidado de la edición y gestión de DOI por TD&S Training, Distribution and Integrated Services. Bahía de Montejón 79, Verónica Anzures, 11300 Miguel Hidalgo, Ciudad de México. [www.tdiscompany.mx](http://www.tdiscompany.mx). Head of R&D: [pablo.guerrero@tdiscompany.com](mailto:pablo.guerrero@tdiscompany.com)

## Contenido

---

Mensaje Institucional	iii
Mensaje Editorial	iv
Artículos originales	
Evaluación fotocolorimétrica del proceso de degradación de un colorante textil mediante fotólisis heterogénea. José Luis Xoxhíhua Juan, <i>et al.</i>	01
El río Tecolutla, contaminación que fluye: Una revisión teórica. Luis Felipe Juárez-Santillán <i>et al.</i>	09
Identificación del estilo de liderazgo en los alumnos de nivel licenciatura de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Abel Yradiwer Gómez Parra, <i>et al.</i>	19
Problemas de aprendizaje en el aula universitaria: Caso de estudio Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Elidia Bernardino-Pérez, <i>et al.</i>	27
Instalación de un sistema fotovoltaico autónomo para alimentación de un sistema de riego Francisco Tomás Cessa Valdés, <i>et al.</i>	35



## Mensaje institucional

Es un gusto presentarles la segunda publicación de nuestra *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora*. Esta edición cuenta con artículos que van desde la revisión teórica, la investigación etnográfica y aplicada.

Reitero que la revista ha sido creada con el objetivo de promover la investigación interdisciplinaria y fomentar la colaboración entre expertos en distintas áreas del conocimiento. Nos enorgullece presentar trabajos de alta calidad que abordan temas actuales y relevantes en cada una de las disciplinas presentadas.

Cada uno de los artículos ha sido rigurosamente revisado por nuestro equipo de expertos internos y externos en el área correspondiente, garantizando así la calidad y originalidad de los trabajos presentados. Además, nuestra revista utiliza un sistema de revisión por pares para asegurar la objetividad e imparcialidad en el proceso de selección y publicación de los trabajos.

Agradecemos a todos los autores por sus contribuciones y a nuestro equipo editorial por su dedicación y trabajo arduo en la preparación de esta publicación.

Atentamente,

Sandra Angélica Hernández Herrera  
Rectora



## Mensaje editorial

Esta edición de nuestra *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo* (REMCID), reúne artículos que abordan temas relevantes y actuales que nuestros autores comparten como parte de sus investigaciones y aportaciones más recientes con el objetivo contribuir al entendimiento de problemáticas que prevalecen en las instituciones educativas así como en su entorno.

A riesgo de ser redundantes reiteramos que nuestra revista tiene entre sus propósitos centrales, publicar artículos originales que representan contribuciones importantes a la investigación en las áreas de ciencias naturales, ciencias sociales, ciencias de la salud y tecnología. Para garantizar rigor científico y originalidad, nuestros artículos son revisados por expertos internos y externos en el campo de la investigación presentada.

Además de artículos originales, nuestra revista también se propone publicar revisiones críticas, perspectivas y comentarios que ofrezcan nuevas perspectivas y análisis de los desarrollos más recientes en cada área temática.

Nuestra audiencia incluye investigadores, académicos, profesionales, estudiantes y cualquier persona interesada en los últimos avances en ciencia y tecnología. La revista ofrece acceso abierto a todos los artículos, lo que significa que cualquier persona puede leerlos y descargarlos de forma gratuita.

En nuestra misión de difundir conocimientos científicos rigurosos y de alta calidad, hemos trabajado para asegurarnos que los artículos seleccionados en este número sean de la más alta calidad y representen la investigación más actualizada y novedosa.

Estamos seguros que este número será una lectura interesante y esperamos los disfruten tanto como nosotros disfrutamos la selección y edición de los contenidos.

Atentamente,

Raúl Alejandro Limón  
Editor en Jefe

Heriberto Ortiz Vera  
Editor Asociado



ARTÍCULO ORIGINAL

## Evaluación fotocolorimétrica del proceso de degradación de un colorante textil mediante fotólisis heterogénea

**José Luis Xochihua Juan<sup>1</sup>, Oscar Enrique Morales Moguel<sup>1\*</sup>, Arsenio Sosa Fomperosa<sup>1</sup>, Eduardo Valdez Vázquez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Recepción 29 de junio de 2022. Aceptación 30 de noviembre de 2022

### PALABRAS CLAVE

Fotocatálisis heterogénea  
Fotocolorímetro  
didáctico  
Azul de mezclilla  
Dióxido de titanio

### Resumen

La urbanización, industrialización y el desarrollo económico son algunas de las principales causas de la contaminación ambiental. Una de las principales fuentes de contaminación es la industria textil, pues sus descargas de agua contaminada impactan a los medios naturales y propagan la contaminación con efluentes que contienen sustancias químicas como los colorantes. La fotocatalisis heterogénea es considerada una buena alternativa de tratamiento de aguas residuales industriales al favorecer la degradación de colorantes orgánicos textiles y lograr la mineralización de los contaminantes al obtener subproductos inocuos al medio ambiente (agua, CO<sub>2</sub> y ácidos inorgánicos), el fotocatalizador suele ser económico, inocuo y reutilizable. Además, existe la posibilidad de que el proceso se desarrolle bajo radiación solar con un enfoque sustentable. En el presente trabajo, se realizó la fotodegradación de azul de mezclilla (AM) en solución acuosa empleando un reactor batch a nivel laboratorio y para determinar el porcentaje de degradación obtenido por el tratamiento se utilizó un dispositivo de bajo costo y accesible en todo tipo de lugares, es decir, un fotocolorímetro. Además, como parte de la experimentación se consideró un diseño experimental, en el cual la concentración del catalizador y la concentración del colorante contaminante fueron los factores de estudio. Los resultados indicaron que la fotocatalisis heterogénea resulta favorable para la degradación de compuestos orgánicos al obtener el 100% de la degradación de las 1000 ppm del azul de mezclilla (AM) junto con la aplicación de 500 ppm de TiO<sub>2</sub>.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.2.1.8>

**Correspondencia:** Oscar Enrique Morales Moguel. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952, correo electrónico: oscar\_d@utgz.edu.mx

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

## PALABRAS CLAVE

Heterogeneous photocatalysis  
Didactic photocolormeter  
Denim blue  
Titanium dioxide

## Abstract

Urbanization, industrialization and economic development are some of the causes of environmental pollution. The textile industry wastewater is the main pollutant that damage natural resources with various chemical substances such as dyes. Heterogeneous photocatalysis is one of the best wastewater treatments due to it allows the degradation of organic textile dyes and to obtain by-products harmless to the environment (water, CO<sub>2</sub> and inorganic acids). In addition, the photocatalyst is usually economical, harmless and reusable and the process could be sustainable with solar radiation. In this research, photodegradation denim blue (AM) in aqueous solution was carried out into a batch reactor and the degradation percentage was taken with an inexpensive device called photocolormeter. In addition, as part of the experimentation, an experimental design was considered, in which the concentration of the catalyst and the concentration of the polluting dye were the study factors. Results designate that heterogeneous photocatalysis is a favorable degradation process due to the obtained percentage of 100% with 1000 ppm (AM) and 500 ppm TiO<sub>2</sub>.

## Introducción

La contaminación del agua es uno de los problemas ambientales actuales, ocasionado por las descargas de aguas residuales que pueden provenir de la actividad industrial. En este caso, el sector textil destaca como una de las fuentes de contaminación puntual al presentar ciertas concentraciones de colorantes derivado del proceso de teñido (Martínez *et al.*, 2014; Sánchez y Uribe, 2018). En atención a la situación ambiental, se han aplicado distintos tratamientos de aguas residuales con la finalidad de eliminar diversos compuestos y obtener agua de calidad aceptable (Gil *et al.*, 2012; Abdelbasir y Shalan, 2019; Mao *et al.*, 2022), mismas que llegan a presentar ciertas limitaciones en costos, tiempo de operación e incluso la obtención de productos indeseables (Mehndiratta *et al.*, 2013). Una alternativa adicional a los tratamientos convencionales (coagulación, filtración, métodos biológicos, etc.) (Byrne *et al.*, 2018; Yap *et al.*, 2018) son los procesos de oxidación avanzada, destacando específicamente la fotocatalisis heterogénea (Vela *et al.*, 2018; Molinari *et al.*, 2017; Sagadevan *et al.*, 2022). Dicha tecnología requiere el uso de nanopartículas semiconductoras como el dióxido de titanio (fotocatalizador) activadas con luz UV, promoviendo la generación de especies reactivas (radicales hidroxilos y superóxidos que tienen la capacidad de degradar compuestos orgánicos recalcitrantes en solución (colorantes textiles, pesticidas, fármacos, entre otros) hasta su mineralización (Starling *et al.*, 2017;

Bahri *et al.*, 2018; Sillanpää *et al.*, 2018). Asociado a lo anterior, es importante promover la investigación sobre el tratamiento de aguas residuales industriales por medio de la fotocatalisis heterogénea, partiendo de propuestas experimentales a nivel laboratorio y la aplicación de técnicas como la espectrofotometría UV-visible para el análisis cuantitativo de sustancias en solución (colorantes textiles) (Corzo y Vega, 2012; Torres *et al.*, 2017; Alkorbi *et al.*, 2022).

Sin embargo, la limitación económica para la adquisición de equipos de laboratorio ha promovido la construcción de dispositivos de bajo costo, tal es el caso de los fotocolorímetros para realizar análisis cuantitativos con base a la intensidad de color de una solución (Nabor *et al.*, 2016; Limón-Hernández *et al.*, 2021; Lara *et al.*, 2022). De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este proyecto fue evaluar la fotocatalisis heterogénea para la degradación del colorante comercial azul de mezclilla (AM) a nivel laboratorio con luz UV y dióxido de titanio.

## Material y métodos

El estudio experimental correspondió a la degradación del colorante azul de mezclilla presente en solución acuosa por medio de la aplicación de fotocatalisis heterogénea mediada por el fotocatalizador TiO<sub>2</sub> y luz ultravioleta.

## Reactivos

Se utilizó como contaminante modelo el colorante AM de la marca comercial “caballito” y el fotocatalizador dióxido de titanio Degussa P-25 (Sigma-Aldrich).

## Sistema de reacción fotocatalítica UV

El sistema de reacción se construyó basado en el trabajo de Luna-Sánchez *et al.* (2012), mismo que constó de un cilindro externo de acero inoxidable de 22 cm de altura y 24 cm de diámetro. En su pared interna tenía instalado verticalmente una lámpara UV-C () de 11 W. En la parte inferior central del sistema se colocó el reactor batch (vaso de precipitado Pyrex), cuyo volumen de trabajo fue de 200 mL y mismo que se acopló a una parrilla de agitación (500 rpm) para la suspensión del fotocatalizador (Figura 1).

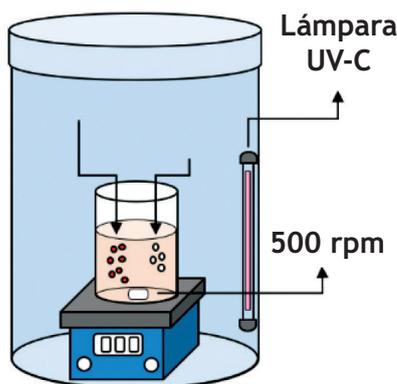


Figura 1. Sistema de reacción fotocatalítica

## Diseño experimental y análisis estadístico

Las pruebas experimentales se establecieron a partir de un diseño factorial 22, tomando en consideración lo reportado por Hernández *et al.* (2012). Las variables de entrada correspondieron a la concentración del colorante azul mezclilla ( $AM_x$ ) y del fotocatalizador dióxido de titanio Degussa P25 ( $TiO_{2-x}$ ) en la solución, identificando a “x” como la concentración utilizada de cada compuesto en el proceso de degradación (Tabla 1). Por lo tanto, la denotación  $AM_{-1000}$  y  $AM_{-500}$  indicó las 1000 y 500 ppm de colorante, mientras que  $TiO_{2-500}$  y  $TiO_{2-250}$  denotaron las 500 y 250 ppm de fotocatalizador. En contraste, la variable de respuesta se asoció al porcentaje de degradación.

Tabla 1. Diseño de experimentos

Ensayo	AM (ppm)	TiO <sub>2</sub> (ppm)
1	1000	500
2	1000	250
3	500	500
4	500	250

La eficiencia de los tratamientos propuestos se determinó con un análisis ANOVA y un diagrama de Pareto para conocer los factores significativos sobre la concentración final del colorante AM.

## Pruebas de degradación fotocatalítica UV

La experimentación se realizó de acuerdo con la Tabla 1, así mismo, el sistema de reacción se sometió a agitación constante durante 140 minutos en presencia de luz UV. Durante la operación, se tomaron muestras cada 5 minutos hasta llegar a los 20 minutos y posteriormente cada 20 minutos con la finalidad de observar la degradación del colorante AM con respecto al tiempo. Cabe mencionar que el catalizador se separó de la alícuota de reacción mediante membranas Millipore de nitrocelulosa con diámetro de poro de 0.22  $\mu$ m. De acuerdo con cada prueba experimental se realizó por duplicado.

La concentración de las muestras de la reacción se determinó con un fotocolorímetro didáctico, construido de acuerdo con las especificaciones reportadas por Nabor *et al.* (2016) y Limón-Hernández *et al.* (2021). Para ello, se consideró la medición del voltaje de las muestras a una concentración definida de AM ( $R_i$ ) y el voltaje de agua destilada como blanco de reactivos ( $R_0$ ) junto con la aplicación de la Ecuación 1 para expresar las lecturas obtenidas en absorbancia:

$$A = -\log\left[\frac{R_i}{R_0}\right]$$

Ecuación 1. Relación matemática de voltaje y absorbancia

El seguimiento del proceso fotocatalítico se realizó mediante las mediciones de voltaje de las muestras de reacción por instante de tiempo y así se definió el porcentaje de degradación del AM.

## Resultados

Los resultados de la fase experimental del proceso de

degradación se pueden observar en la Figura 2, con dos variables experimentales: concentración del colorante y concentración del fotocatalizador. En este caso, la mayor eficiencia (mayor de degradación en el mismo tiempo) se obtuvo al emplear la mayor concentración de fotocatalizador, es decir, 500 ppm de  $\text{TiO}_2$ . No obstante, el tratamiento fotocatalítico con mayor eficiencia se alcanzó cuando se aplicó 1000 ppm de AM y 500 ppm de  $\text{TiO}_2$  al obtenerse el 100% de degradación de AM a los 100 minutos del proceso.

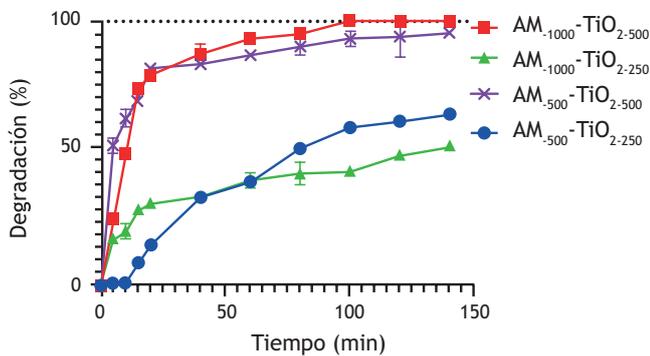


Figura 2. Porcentaje de degradación del colorante

Con base en los resultados obtenidos se realizó la prueba de ANOVA (Tabla 2) con un nivel confianza del 95%, en donde se encontró que las variables de forma individual y sus interacciones presentan un p-valor por debajo del nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

Tabla 2. Resultados de la prueba ANOVA.

Fuente	P-valor
C. Catalizador	0.000
C. Contaminante	0.005
C. Catalizador* C. Contaminante	0.000

Por otra parte, se obtuvo un diagrama de Pareto con los resultados de la prueba de ANOVA (Figura 3), en el cual se puede observar que el factor que tiene un mayor efecto en la variable respuesta es la concentración del catalizador, seguido de la interacción entre los factores concentración de contaminante y concentración de catalizador, por último, el factor concentración del contaminante de forma individual es que tiene menor efecto sobre la variable respuesta.

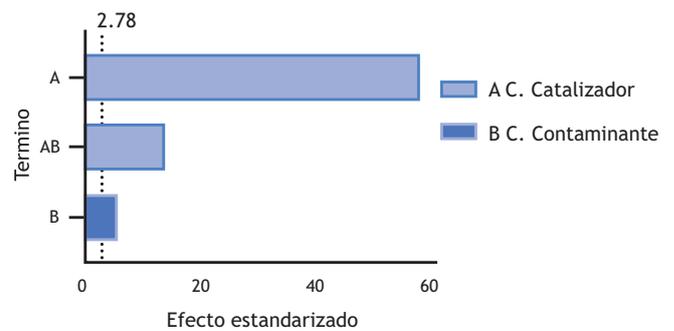


Figura 3. Diagrama de Pareto de los resultados de ANOVA

### Discusión

Los resultados presentados en la Figura 2, demuestran que la fotocatalisis heterogénea con  $\text{TiO}_2$  y luz UV-C ( $\text{TiO}_2/\text{UV}$ ) favorece la degradación de compuestos orgánicos como el colorante azul de mezclilla en solución acuosa y puede ser considerada como una tecnología alternativa de tratamiento terciario de aguas residuales provenientes de la industria textil (Zaruma *et al.*, 2018). Lo anterior puede atribuirse a la activación efectiva del  $\text{TiO}_2$  con fotones de luz UV debido a su composición química de anatasa (fase activa), logrando que los electrones de la banda de valencia fueran excitados y promovidos a la banda de conducción del  $\text{TiO}_2$ , ocasionando la generación de pares electrón-hueco que favorecieron la producción de radicales hidroxilos ( $\bullet\text{OH}$ ) y superóxidos ( $\bullet\text{O}_2^-$ ), mismos que aceleraron la reacción fotoquímica (oxidación-reducción) con el AM retenido en la superficie del fotocatalizador hasta lograr su degradación (Giraldo *et al.*, 2004; Guarín *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2012; Penagos, 2013).

Adicionalmente, se destaca que la eficiencia del proceso fotocatalítico para la degradación de contaminantes orgánicos se obtiene en un corto periodo de tiempo (Poyatos *et al.*, 2010) en comparación con los tratamientos físicos como es la adsorción (Barajas *et al.*, 2016; Valenzuela-Padilla y Torres-Pérez, 2020) y/o biológicos (aerobio o anaerobio) para la eliminación de colorantes en solución (López *et al.*, 2007). De acuerdo con los resultados de fotodegradación y al análisis estadístico empleado, la concentración del catalizador influye en la velocidad de degradación de AM. En este trabajo, se puede observar que la eficiencia de la reacción fotocatalítica se intensifica con un aumento en la concentración del  $\text{TiO}_2$ , es decir, resulta más favorable utilizar 500 ppm de fotocatalizador en solución acuosa bajo las condiciones experimentales establecidas

(AM-1000-TiO<sub>2-500</sub> y AM<sub>500</sub>-TiO<sub>2-500</sub>). Lo anterior, puede ser atribuido a la existencia y disponibilidad de una mayor cantidad de sitios activos en la superficie del fotocatalizador, propiciando de esta manera un incremento en la producción de radicales hidroxilos que favorecieron la degradación del colorante AM (Giraldo *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2012; Losada *et al.*, 2017). No obstante, se puede observar un incremento del porcentaje de degradación alrededor de los 100 minutos cuando se tiene la concentración del colorante de 1000 ppm en comparación a la de 500 ppm, siendo de aproximadamente del 100 y 91% respectivamente. El incremento en la degradación puede estar relacionado a que se favorece la interacción entre el colorante y el área superficial del fotocatalizador, beneficiando de esta manera la adsorción del compuesto y por consiguiente la reacción efectiva con los radicales hidroxilos que propiciarían su respectiva degradación (Losada *et al.*, 2017). Por otra parte, los resultados obtenidos son similares a trabajos de la misma índole como los reportados por Valencia *et al.* (2012) y Deza *et al.* (2017), teniendo como diferencia las sustancias contaminantes como resorcinol y el colorante Cibacron Navy H-2G para su degradación, y la variable pH como parte de las condiciones experimentales. Como complemento de este trabajo, es importante señalar que aunado a las ventajas de la fotocatálisis heterogénea también existen ciertas desventajas del tratamiento. Se puede mencionar que el desarrollo del proceso fotocatalítico llega a requerir el uso de sustancias químicas para la regulación del pH hasta la adición de agentes oxidantes (peróxido de hidrógeno), los cuales incrementan el costo del tratamiento en la degradación de contaminantes como pueden ser los colorantes textiles. Asociado a lo anterior, el consumo de energía es otro aspecto por considerar y el cual involucra el tipo de reactor a utilizar. Continuando, se pueden señalar dos puntos adicionales que resaltan la generación de subproductos con mayor toxicidad en comparación con el contaminante orgánico inicial y, por último, la separación del fotocatalizador de la solución acuosa (agua residual tratada). Por lo tanto, como se observa los requisitos operativos (consumo de energía y separación del fotocatalizador) llegan a ser limitaciones que prevalecen actualmente para su escalamiento a nivel industrial (Pelaez *et al.*, 2012; Shukla *et al.*, 2021).

## Conclusiones

La fotocatálisis heterogénea se puede utilizar para el tratamiento de aguas residuales industriales. Este

proceso se puede llevar a cabo con el uso de un reactor tipo Batch y un fotocolorímetro como una alternativa viable para la degradación de colorantes de la industria. En este estudio, se observó que el tratamiento con mayor efectividad (100 % de degradación) corresponde al AM-1000-TiO<sub>2-500</sub>, mientras que el que menor efectividad con un 52% de degradación fue el de AM<sub>500</sub>-TiO<sub>2-250</sub>. Por otra parte, los tratamientos AM<sub>500</sub>-TiO<sub>2-500</sub> y AM<sub>1000</sub>-TiO<sub>2-250</sub> obtuvieron un resultado de 64% y 97% respectivamente. Los resultados estadísticos permiten concluir que la concentración del catalizador es la variable de mayor influencia en la velocidad de degradación del proceso fotocatalítico, con un nivel de confianza del 95%. Finalmente, aunque en este estudio se obtuvieron porcentajes de degradación altos, es importante considerar más variables experimentales como la fuente de radiación (luz UV y luz visible), pH e incluso la agregación de un agente oxidante como el peróxido de hidrógeno para observar el efecto en la producción de radicales hidroxilos ( $\bullet\text{OH}$ ) en el proceso de fotocatálisis heterogénea que permitan simular diferentes condiciones de muestras de agua contaminada de la industria.

## Contribución de los autores

JLXL, diseño del trabajo y redacción.

OEMM, recolección de datos y redacción.

ASF, análisis estadístico y redacción.

EVV, recolección de datos y redacción.

## Financiamiento

Recursos otorgados por la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Abdelbasir, S. M. y Shalan, A. E. (2019). An overview of nanomaterials for industrial wastewater treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 36(8): 1209-1225.
2. Alkorbi, A. S., Javed, H. M. A., Hussain, S., Latif, S., Mahr, M. S., Mustafa, M. S. y Alhemiary, N. A. (2022). Solar light-driven photocatalytic degradation of methyl blue by carbon-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Optical Materials*. 127: 112259.
3. Arellano, O., Ortega, L. E. y Gesundheit, P. M. (2012). Estudio de la contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública en la región. *Greenpeace*. México,DF. 20 pp.
4. Bahri, M., Mahdavi, A., Mirzaei, A., Mansouri, A. y Haghghat, F. (2018). Integrated oxidation process and biological treatment for highly concentrated petrochemical effluents: A review. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*. 125: 183-196.
5. Barajas, J., Cano, M., Castorena, J. H., Santiago, V. y Díaz, J. (2016). Remoción de colorantes por medio de Curcubitáceas. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 7(4): 67-80.
6. Byrne, C., Subramanian, G. y Pillai, S. C. (2018). Recent advances in photocatalysis for environmental applications. *Journal of environmental chemical engineering*. 6 (3): 3531-3555.
7. Ceretta, M. B., Vieira, Y., Wolski, E. A., Foletto, E. L. y Silvestri, S. (2020). Biological degradation coupled to photocatalysis by ZnO/polypyrrole composite for the treatment of real textile wastewater. *Journal of Water Process Engineering*. 35: 101230.
8. Corzo Lucioni, A. y Vega Baudrit, J. (2012). Estudio cinético de la degradación fotocatalítica oxidativa de colorantes empleados en la industria textilera. 13(2): 60-68.
9. Chen, H., Shen, M., Chen, R., Dai, K. y Peng, T. (2011). Photocatalytic degradation of commercial methyl parathion in aqueous suspension containing La-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Environmental technology*. 32 (13): 1515-1522.
10. Deza Martí, Elizabeth, Osorio Anaya, Ana y Manrique Fajardo, Joaquín J. (2017). Evaluación experimental de la degradación fotocatalítica del colorante Cibacron Navy H-2G empleando nanopartículas industriales de TiO<sub>2</sub>. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 83(2): 160-173.
11. Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I. y Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Revista Producción + Limpia*. 7: 52-73.
12. Guarín Llanes, Carolay Yaneth y Mera Benavides, Adriana Consuelo. (2011). Fotocatálisis heterogénea con TiO<sub>2</sub> para el tratamiento de desechos líquidos con presencia del indicador verde de bromocresol. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 10 (19), 79-88.
13. Giraldo, L. F. G., Franco, A. M. y Mesa, G. A. P. (2004). Fotodegradación con TiO<sub>2</sub> del colorante Rojo Amaranto en aguas. *Revista Lasallista de Investigación*. 1(2): 9-16.
14. Hasanbeigi, A. y Price, L. (2015). A technical review of emerging technologies for energy and water efficiency and pollution reduction in the textile industry. *Journal of Cleaner Production*. 95: 30-44.
15. Hernández, J. M., García, L. A., García, R., Cueto, A., & Carmona, J. A. (2012). Estudio cinético de la fotodegradación del naranja de metilo en presencia de TiO<sub>2</sub>: Efecto de la fuente de radiación UV, concentración del azo-colorante y del catalizador. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 3(2): 25-34.
16. Kushniarou, A., Garrido, I., Fenoll, J., Vela, N., Flores, P., Navarro, G. y Navarro, S. (2019). Solar photocatalytic reclamation of agro-waste water polluted with twelve pesticides for agricultural reuse. *Chemosphere*. 214: 839-845.
17. Lara, M. M. J., Hernández, R. A. L., Beristain, N. A. Z., Ortega, J. E. H., Ramírez, M. A. V., Hernández, V. L. y Vázquez, M. E. Z. (2022). Método a bajo costo para la cuantificación del grado alcohólico en muestras de tequila blanco. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 6(1): 2852-2866.
18. Limón-Hernández, R. A., López-Hernández, V. Aguilar, A. F. A., Hernández, M. I., Xochihua-Juan, J. L., Sosa, F. A. y Morales, M. O.E. (2021). Validación de un fotocolorímetro para análisis cuantitativos en la enseñanza de la química. *O ensino e a pesquisa em química 2* (pp. 25-39). Atena Editora.

19. López, C., Moreira, M., Feijoo, G. y Lema, J. (2007). Tecnologías para el tratamiento de efluentes de industrias textiles. *Afinidad*. 64(531): 561-573.
20. Losada, L. M., Laguna Castillo, E. J., Osorio Restrepo, E. A., Serna Galvis, E. A. y Torres Palma, R. A. (2017). Tratamiento de aguas contaminadas con colorantes mediante fotocatalisis con  $TiO_2$  usando luz artificial y solar. *Produccion+ limpia*. 12(2): 50-60.
21. Luna-Sánchez, R. A., Zermeño-Resendiz, B. B., Moctezuma, E., Contreras-Bermúdez, R. E., Leyva, E. y López-Barragán, M. A. (2012). Fotodegradación de omeprazol en solución acuosa utilizando  $TiO_2$  como catalizador. *Revista mexicana de ingeniería química*. 12(1): 85-95.
22. Mao, G., Han, Y., Liu, X., Crittenden, J., Huang, N., & Ahmad, U. M. (2022). Technology status and trends of industrial wastewater treatment: A patent analysis. *Chemosphere*. 288: 132483.
23. Martínez, A. C., Olivares, C. C., Lozada, A. E. y Ramírez, C. G. (2014). Contaminación generada por colorantes de la industria textil. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*. 2(3).
24. Mehndiratta, P., Jain, A., Srivastava, S. y Gupta, N. (2013). Environmental pollution and nanotechnology. *Environment and Pollution*. 2(2): 49.
25. Molinari, R., Lavorato, C. y Argurio, P. (2017). Recent progress of photocatalytic membrane reactors in water treatment and in synthesis of organic compounds. A review. *Catalysis Today*. 281: 144-164.
26. Nabor, L. A. I., Candanedo, C. E., De la Cruz, D. I., Salazar, E. E., Salazar, J. P. y Cabrera, H. A. Prototipo de un fotocolorímetro didáctico de fuente abierta. *Revista Ingenieros*. 1(2): 29-34.
27. Pelaez, M., Nolan, N. T., Pillai, S. C., Seery, M. K., Falaras, P., Kontos, A. G. y Dionysiou, D. D. (2012). A review on the visible light active titanium dioxide photocatalysts for environmental applications. *Applied Catalysis B: Environmental*. 125: 331-349.
28. Penagos, J. A. C. (2013). Sobre las reacciones de eliminación de compuestos contaminantes de aguas por fotocatalisis con  $TiO_2/UV$ : caso azul de metileno. *Elementos*. 3(3): 149-156.
29. Poyatos, J. M., Muñio, M. M., Almecija, M. C., Torres, J. C., Hontoria, E. y Osorio, F. (2010). Advanced oxidation processes for wastewater treatment: state of the art. *Water, Air, and Soil Pollution*. 205(1): 187-204.
30. Ramos-Delgado, N. A., Hinojosa-Reyes, L., Guzman-Mar, I. L., Gracia-Pinilla, M. A. y Hernández-Ramírez, A. 2013. Synthesis by sol-gel of  $WO_3/TiO_2$  for solar photocatalytic degradation of malathion pesticide. *Catalysis today*. 209: 35-40.
31. Sagadevan, S., Fatimah, I., Egbosiuba, T. C., Alshahateet, S. F., Lett, J. A., Weldegebriael, G. K. y Johan, M. R. (2022). Photocatalytic Efficiency of Titanium Dioxide for Dyes and Heavy Metals Removal from Wastewater. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 17(2): 430-450.
32. Sánchez, M. B. y Uribe, C. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Revista Campus*. 23(26).
33. Shukla, K., Agarwalla, S., Duraiswamy, S. y Gupta, R. K. (2021). Recent advances in heterogeneous micro-photoreactors for wastewater treatment application. *Chemical Engineering Science*. 235: 116511.
34. Sillanpää, M., Ncibi, M. C. y Matilainen, A. (2018). Advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter from drinking water sources: A comprehensive review. *Journal of environmental management*. 208: 56-76.
35. Starling, M. C. V., Dos Santos, P. H. R., de Souza, F. A. R., Oliveira, S. C., Leão, M. y Amorim, C. C. (2017). Application of solar photo-Fenton toward toxicity removal and textile wastewater reuse. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(14): 12515-12528.
36. Torres, G. J. C., Martínez, G.M. T. M. y Del Ángel, S. J. (2017). Preparación de materiales fotosensibles para la remoción fotocatalítica de colorantes orgánicos de aguas residuales de la industria textil. *Jóvenes en la Ciencia*. 3(2): 773-777.
37. Valencia Sánchez, H. A., Reinoso Osorio, P. A. y Arias Ramirez, V. (2012). Degradación de resorcinol por fotocatalisis heterogénea usando  $TiO_2$  y  $H_2O_2$ . *Scientia Et Technica*, 2(50), 192-196.
38. Valenzuela-Padilla, A. A. y Torres-Pérez, J. (2020). Azoic dyes (A5 and R40) removal by activated carbon from pecan nut shells. *Ingeniería, investigación y tecnología*. 21(3).

39. Vela, N., Calín, M., Yáñez-Gascón, M. J., Garrido, I., Pérez-Lucas, G., Fenoll, J. y Navarro, S. (2018). Photocatalytic oxidation of six pesticides listed as endocrine disruptor chemicals from wastewater using two different TiO<sub>2</sub> samples at pilot plant scale under sunlight irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 353: 271-278.
40. Wang, G. H., Xu, L., Zhang, J., Yin, T. T. y Han, D. Y. 2012. Enhanced photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> powders (P25) via calcination treatment. *International Journal of Photoenergy*. 2012: 1-9.
41. Yap, H. C., Pang, Y. L., Lim, S., Abdullah, A. Z., Ong, H. C. y Wu, C. H. (2018). A comprehensive review on state-of-the-art photo-, sono-, and sonophotocatalytic treatments to degrade emerging contaminants. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 1-28.
42. Zaruma, P., Proal, J., Hernández, I. C. y Salas, H. I. (2018). Los colorantes textiles industriales y tratamientos óptimos de efluentes de agua residual: una breve revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (19), 38-47.



ARTÍCULO ORIGINAL

## El río Tecolutla, contaminación que fluye: Una revisión teórica

**<sup>1</sup>Luis Felipe Juárez-Santillán, Santos Israel Muñoz-López, Jocabel Extocapan- Molina, Julián Barragán-Díaz y Rosa Celia Suárez-Jacobo**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Área académica de Agrobiotecnología, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952

Recepción 29 de junio de 2022. Aceptación 30 de noviembre de 2022

### PALABRAS CLAVE

Río Tecolutla, aguas residuales, leyes y regulaciones

### Resumen

La contaminación del agua es uno de los principales problemas a nivel mundial. El propósito de este estudio es la revisión de artículos sobre el Río Tecolutla, ubicado en el estado de Veracruz. La revisión bibliográfica incluye cuatro tipos de contaminantes principales: Coliformes fecales, Nitritos y Fosfatos, Plaguicidas, y Metales Pesados, la búsqueda de información se realizó en las plataformas *Web of Science*, Revistas electrónicas como: *Scielo*, *Research Gate*, *Scientific Research*, así como la consulta de las principales leyes y reglamentos aplicables. Los resultados obtenidos sirven de precedente para futuras investigaciones en materia de contaminación del agua del Río Tecolutla, así como sus principales implicaciones en materia jurídica. La revisión realizada denota la poca atención brindada a las descargas de aguas residuales, así como el manejo de agroquímicos el cual se ha dado de una forma indiscriminada y se refleja con la presencia de estos en los cuerpos de agua. Estudios futuros deberán enfocarse en la correlación de la contaminación del Río Tecolutla con los problemas de salud en la población, ya que este cuerpo de agua sirve como abasto de “agua potable”.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.2.9.18>

**Correspondencia:** Rosa Celia Suárez Jacobo. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952, correo electrónico: [celia\\_d@utgz.edu.mx](mailto:celia_d@utgz.edu.mx)

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados.

**PALABRAS CLAVE**

Tecolutla river, environmental contamination, laws and regulation

**Abstract**

One of the main problems worldwide is water pollution. The purpose of this study is to review articles related to the Tecolutla River, located in the state of Veracruz. The literature review includes four main types of contaminants: fecal coliforms, nitrites and phosphates, pesticides and heavy metals. The search for information was carried out on the Web of Science platforms, electronic journals such as: Scielo, Research Gate, Scientific research, as well as the consultation of the main applicable laws and regulations. The results obtained served as a precedent for future research on water contamination of the Tecolutla River, and its main legal implications. The review denotes the little attention given to wastewater discharges, aside from the management of agrochemicals, which has been carried out in an indiscriminate manner and is reflected in the presence of these in water bodies. Future studies should focus on the correlation of contamination of the Tecolutla River with health problems in the population, since this body of water serves as a supply of “drinking water”.

**Introducción**

Los recursos naturales hacen referencia a los bienes que proporciona la naturaleza y sus bondades, son las riquezas existentes que se dan de forma natural en un territorio, plataformas y aguas continentales (Valera y Silva, 2012). Estos recursos son indispensables para la vida de los seres humanos y su diversidad caracteriza en particular a una zona o región. La conservación de los recursos naturales permite garantizar la vida y el desarrollo sostenible de un destino geográfico (Ordaz, 2018). Uno de los recursos esenciales es el agua, por lo que la calidad de ésta dependen muchos ecosistemas, su uso en la vida cotidiana, y su manejo conlleva forzosamente a sistemas químicos y físicos para la potabilización, sin embargo, se tiene que analizar el ecosistema en su conjunto como el objeto de explotación y conservación; la severa transformación y deterioro de los ecosistemas, aunado a la constante expansión poblacional ponen en evidencian una falta de esta concepción ecosistémica en los esquemas de uso y conservación, lo que trae como consecuencia problemas de escasez y contaminación del recurso. Por otra parte, la evolución que han sufrido los instrumentos jurídicos de protección de la calidad del agua, va a la par y de acuerdo al proceso de urbanización e industrialización, es decir cuanto más se evoluciona en ese proceso, mejores son los instrumentos jurídicos de protección frente a la contaminación de las mismas (Guevara *et al.*, 2019).

En el año 2015 la Organización de Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, el objetivo Núm. 6 corresponde a Agua Limpia y Saneamiento, de la que se extraen las siguientes metas esperadas para el 2030.

“Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”. Meta 6.3 ODS 2030.

“Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.” Meta 6.6 ODS 2030.

El objetivo de esta investigación es realizar una revisión bibliográfica de los contaminantes encontrados en el Río Tecolutla, la clasificación de sustancias nocivas, así como de las implicaciones en materia jurídica, leyes y reglamentos.

**Localización y características**

El río Tecolutla es un río en el estado de Veracruz México y se ubica a una Latitud de 20°28'48"- 19°27'36" N, Longitud 98°14'24"-96°57'00" W.

La cuenca está rodeada por las sierras de Huachinango al este y Zacapoaxtla al sur está compuesto por estuarios, canales y manglares, es principal drenaje de la región del Totonacapan, alimentado por cuatro ríos que se elevan desde la Sierra Norte de Puebla: de norte a sur, son el Necaxa, el Lajajalpan (o Laxaxalpan), el Tecuantepec y el Apulco. La longitud total del río medido desde esta fuente es de 375 kilómetros según el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (INEGI, 2000). La cuenca hidrográfica drenada por Tecolutla cubre un área de 7,903 kilómetros cuadrados y tiene una escorrentía superficial natural promedio de 6.098 hm<sup>3</sup> (2.153 × 1011 pies cúbicos) por año (CONAGUA, 2011). El río pasa por varias ciudades y pueblos como Cuetzalan, Huauchinango, Gutiérrez Zamora, Tajín, Cazones, Coatzintla, Chumatlán, Poza Rica, Zacapoaxtla, Zapotitlán, Tecuantepec, El Espinal, Papantla, y finalmente desemboca en Tecolutla.

A lo largo del río Tecolutla hay varias descargas de drenaje e incluso de efluentes industriales, que con el paso del tiempo han propiciado que la calidad del agua se vea afectada. El Estado tiene la potestad de planear políticas públicas en diversos ámbitos como, por ejemplo: fiscales, sociales y ambientales para tal efecto el Congreso ha promulgado una serie de ordenamientos jurídicos, en el ámbito ambientalista destacan: Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Ley de Aguas Nacionales, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos que se describirán en la investigación.

## Material y métodos

Los materiales utilizados son documentos que sirvieron para recopilar datos acerca de la contaminación del agua del Río Tecolutla. Para ello se utilizaron plataformas de búsqueda de documentos científicos como son: *Web of Science* y plataformas de revistas electrónicas. También se consultaron libros, artículos, páginas web dedicadas a este tema, así como la normativa vigente ambiental y de recursos naturales.

## Resultados

Las aguas residuales que se generan en los hogares, comercios, industrias, drenajes y alcantarillas desembocan en ríos, mares y lagos, los cuales contienen microorganismos que pueden causar graves

enfermedades. Algunos de estos contaminantes son agentes patógenos como virus, bacterias y parásitos que provienen principalmente de desechos orgánicos, sustancias químicas inorgánicas como ácidos y metales, sustancias químicas orgánicas como los plaguicidas y los detergentes y nutrientes vegetales que pueden alterar el crecimiento excesivo de plantas del ecosistema (Guadarrama *et al.*, 2016). A continuación, se describen los siguientes:

## Coliformes Fecales

La contaminación microbiana en todo el mundo es evaluada de forma rutinaria empleando como indicador las bacterias fecales, incluyendo *Escherichia coli* y *enterococos* (Wyn-Jones *et al.*, 2011). Las bacterias presentes en cuerpos de agua provienen de heces fecales, escorrentías y descargas de aguas residuales, su presencia representa un riesgo para la salud pública (Stachler *et al.*, 2017; Molina *et al.*, 2014 y Jennings *et al.*, 2018). Los coliformes fecales (CF) se emplean como indicadores microbiológicos de la calidad del agua potable. El índice de CF es importante en áreas donde los productos marinos son abundantes, por lo que, entes responsables del cuidado de la misma deberían estar al pendiente de las normas de calidad del agua, ya que los problemas de salud pública originados por patógenos se han incrementado (Frena *et al.*, 2019). Por otro lado, el estado y concentración de CF en los cuerpos de agua son dinámicos y están relacionados con factores ambientales (Chen y Liu, 2017; Carpenter *et al.*, 2019; Jeon *et al.*, 2019).

Los CF se pueden reproducir rápidamente en condiciones ambientales óptimas, tales como la temperatura, radiación solar, precipitación y turbiedad (Leigt *et al.*, 2016; Chen y Liu, 2017). La concentración de CF se ve favorecida por la presencia de nutrientes (Mallin *et al.*, 2000); otro factor son los bosques y pastos, ya que albergan aves (Smith *et al.*, 2001). La dinámica de los CF en cuerpos de agua se podría monitorear, pero debido a las fuentes difusas de éstos, no ha permitido que se haga de forma correcta, aunado a ellos los factores ambientales que son difíciles de controlar.

## Nitritos y fosfatos

Los cuerpos de agua son lugares a los cuales llega fácilmente la contaminación, ya sea industrial o de la agricultura. Las aguas residuales son nocivas para la vida acuática y para el ser humano, por lo que éstas

deben ser tratadas antes de entrar al medio ambiente (de-Bashan y Bashan *et al.* 2004; Alagha *et al.* 2020); dichas aguas pueden traer en su composición productos farmacéuticos, desechos de curtiduría, así como de fertilizantes los cuales conducen a una elevada concentración de fosfato y nitrato. Los nutrientes causan problemas de eutrofización siendo los fosfatos y nitratos los principales (Blaney *et al.* 2007); estos son macronutrientes esenciales para las plantas, pero son los principales contaminantes en cuerpos de agua (Karthikeyan *et al.*, 2021; Onyango *et al.* 2010), ya que, afectan su calidad y cuando el agua es para consumo representan un riesgo para los seres humanos.

La concentración de nitratos en los últimos años ha aumentado de 1-3 mg/L debido a la actividad agrícola y cerca del 85 % de los lagos enfrentan problemas de eutrofización debido a fosfatos y nitratos (Mazarji *et al.* 2017; Liu *et al.* 2018a, b). Lugares como Arabia Saudita, India, Reino Unido, Norte América, Australia, Marruecos, Changshu en China e Irán presentan problemas de nitratos, debido a la rápida industrialización (Rezvani *et al.* 2019; Mohseni-Bandpi *et al.* 2013). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) establece el límite de 10 mg/L como concentración máxima de nitrato en el agua potable, mientras que la Organización Mundial de la Salud, el límite seguro de fosfatos y nitratos es de 40 mg/L y 0,1 mg/L, respectivamente (Alagha *et al.* 2020; Hafshejani *et al.*, 2016). La Unión Europea (UE) establece el límite máximo de nitrato en el agua potable en 50 mg/L.

## Plaguicidas

Los plaguicidas se considera que son empleados para proteger a los cultivos de plagas y enfermedades, esto hace que sean un producto para mantener y mejorar la calidad de vida; se estima que una media de 2 millones de toneladas de plaguicidas se emplea para hacer frente a las malas hierbas, insectos y plagas (De *et al.*, 2014). Los plaguicidas pueden ser clasificados en herbicidas, insecticidas, rodenticidas, fungicidas entre otros (Sharma *et al.*, 2019). Dentro de los más utilizados están los herbicidas e insecticidas con un 47.5 % y un 29.5 % del total de los plaguicidas (De *et al.*, 2014). Los países consumidores de plaguicidas son China, Estados Unidos, Argentina, India, Japón, Canadá, Brasil, Francia, Italia y Tailandia (Sharma *et al.*, 2019).

Uno de los principales plaguicidas utilizados en su momento fue el diclodifeniltricloroetano (DDT) debido a su eficacia en bajas dosis, pero su impacto negativo

en el medio ambiente se hizo evidente, debido al daño que causa en organismo vivos y alta persistencia; por lo que, se prohibió para uso agrícola y doméstico. Se siguen produciendo diversos plaguicidas sintéticos como los organofosforados y los piretroides que siguen siendo tóxicos para el medio ambiente (Mahmood *et al.*, 2016). El uso continuo de los plaguicidas ha propiciado efectos negativos en las especies y han provocado la aparición de residuos en muchos lugares, de igual forma han inducido al desarrollo de cepas resistentes en las que plagas e insectos se vuelven inmunes (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013). La presencia de plaguicidas en cuerpos de agua se debe a la escorrentía de los campos agrícolas y a las aguas residuales industriales. Los plaguicidas presentan una alta afinidad al suelo, recursos hídricos superficiales como arroyos, estuarios y lagos, así como las aguas subterráneas debido a la estrecha interconexión del suelo con las masas de agua. La baja concentración de plaguicidas acumulada en el agua puede magnificarse a través de la cadena alimentaria y entrar en los organismos acuáticos que son peligrosos para el consumo humano (Sharma *et al.*, 2019). Datos de salud indican que la exposición crónica a plaguicidas a través de la ingesta de agua reduce la inmunidad del cuerpo, interrumpen el equilibrio hormonal, desencadenan problemas relacionados con la reproducción, plantean efectos cancerígenos y reducen la inteligencia, especialmente en los niños en la etapa de desarrollo corporal (Yaday *et al.*, 2015).

Debido al uso continuo de plaguicidas, éstos llegan a las masas de agua por lixiviación, drenaje subterráneo y escorrentía, lo que hace que las aguas no sean aptas para el consumo humano. Los plaguicidas en el medio acuático han provocado la contaminación y la degradación del medio ambiente (Mahmood *et al.*, 2016 y Ortiz-Hernández *et al.*, 2013). La contaminación del agua es el principal problema medioambiental del siglo XXI, aparte del cambio climático (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013; Young *et al.*, 1996).

## Metales pesados

Uno de los principales problemas en los cuerpos de agua es la acumulación de metales pesados (MP). La mayoría de los MP están presentes normalmente en el medio ambiente y algunos de ellos incluso se cree que son esenciales para la vida, (Yang *et al.*, 2018). La presencia de MP en forma de iones en concentraciones elevadas en el agua causa preocupación debido a su toxicidad en toda la vida terrestre y acuática, incluida la vida humana. Los metales pesados son utilizados por

algunas industrias, como la textil, en sus procesos y como catalizadores y productos químicos de tratamiento (Shukla y Pai, 2005).

Las fuentes de MP son la minería, la química, las curtidurías, la galvanoplastia semiconductores, baterías, fuentes metalúrgicas, industrias eléctricas e incluso artesanía de los países en desarrollo (Shukla *et al.*, 2002; McCann, 1996). Los MP incluyen principalmente cobre, zinc, plomo, cromo, cadmio y níquel (Acar y Malkoc, 2004). Diversos estudios demuestran la peligrosidad que pueden tener los MP. Por ejemplo, el cobre, que es un elemento muy importante para la vida, también puede tener efectos tóxicos, ya que, puede contaminar el agua y alimentos como el chocolate, los frutos secos y el marisco; un aumento en la inhalación de cobre puede provocar directamente cáncer de pulmón y también pueden causar irritación en el sistema nervioso, en el hígado y los riñones; además, el cobre también está muy relacionado con la depresión (Mone *et al.*, 2020; Larous *et al.*, 2005; Argun *et al.*, 2007). Otro ejemplo es el cadmio, que ni siquiera es esencial y es muy tóxico debido a su capacidad para combinarse con el azufre y desplazar elementos esenciales como el zinc y el calcio (Memon *et al.*, 2007). Los MP no sólo suponen una amenaza para la vida humana, sino que también contaminan el medio ambiente y no son biodegradables, esto significa que los MP no se transforman en elementos inofensivos con el tiempo y hay que tomar medidas para hacer frente a su potencial amenaza (Jianful *et al.*, 2019).

Se han publicado muchos reglamentos que explican el nivel tolerable de MP, por ejemplo, un reglamento conjunto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud recomienda un nivel máximo aceptable para la ingesta de cadmio de 1,2 µg/kg de masa corporal (Bortoleto *et al.*, 2004), mientras que los iones de plomo y cadmio están restringidos en el agua potable a 0,01 mg/L y 0,02 mg/L, respectivamente (Galvin 1996). Un estudio realizado en 2003 afirmaba que, en el agua potable, el nivel recomendado de iones de cromo hexavalente, también conocido como Cr(VI), es de hasta 0,05 mg/L (Selvaraj, *et al.*, 2003); además, el cromo en las aguas residuales debe limitarse en todo el mundo, han podido regular hasta 0,05 mg/L para el cromo hexavalente y 5 mg/L para el cromo trivalente, que es Cr(III) (Acar y Malkoc, 2004).

## Contaminación del río Tecolutla

El río Tecolutla pertenece a la cuenca No. 3 y en los últimos 100 km de la cuenca, atraviesa por varios

municipios; Coyutla, Espinal, Papantla, y Gutiérrez Zamora, desembocando en Tecolutla, tres de estas cabeceras municipales y algunas comunidades importantes se encuentran a orillas de cuerpo de agua y todos los desechos urbanos se depositan en él. La actividad humana ha sido una de las principales fuentes de contaminación del río, principalmente por coliformes fecales, así como de nutrientes, recientemente se ha demostrado la presencia de plaguicidas y metales pesados, debido a la actividad agrícola a continuación se presentan estudios sobresalientes respecto a la contaminación del Río Tecolutla, específicamente en la zona de Gutiérrez Zamora, Veracruz.

Arriaga-Gaona, *et al.* (2009) realizaron un muestreo del río Tecolutla, principalmente en Coyutla, Barriles, Espinal, Papantla y Gutiérrez Zamora: dentro de los principales resultados destacan los siguientes (Arriaga-Gaona, *et al.*, 2009):

- a) El punto de mayor influencia por coliformes fecales fue Gutiérrez Zamora, todos los puntos rebasaron el número de Unidades Formadoras de Colonias establecidos por la NOM-01.
- b) En los meses de septiembre, octubre, enero, febrero y marzo, todos los puntos de muestreo rebasaron el índice de la calidad del agua.
- c) En cuanto al contenido de nitratos y fosfatos hay una tendencia a incrementar.
- d) A lo largo de los seis meses de monitoreo del río Tecolutla se notó una presencia importante de coliformes fecales, mostrando valores muy superiores a los establecidos por la norma (1000 UFC/100 ml). Este cuerpo de agua surte de ese vital líquido a todas las comunidades ribereñas y a las cabeceras municipales de El Espinal. Papantla y Gutiérrez Zamora, por lo que se debe tener cuidado con el abasto de agua en estas comunidades, debido a la mala calidad de la misma.

A 11 km de Gutiérrez Zamora se encuentra Tecolutla, es una de las playas más cercanas a la Ciudad de México. Gómez-Bernal *et al.*, 2021, realizaron una evaluación del grado de contaminación de esta zona. Tecolutla depende de la actividad turística sin embargo esta ha impactado de forma negativa al mar y río, ya que las descargas de drenaje de los hoteles se hacen sin ningún tratamiento y de forma indiscriminada. Se han detectado coliformes fecales y totales en al agua y en ostiones, las cuales tienen relación con la

contaminación antropogénica, que impacta su calidad. Así mismo, la contaminación por residuos sólidos puede afectar el desarrollo óptimo de los ecosistemas presentes en el río Tecolutla.

Ordaz (2013), realizó una evaluación en la subcuenca de Tecolutla, en la cual encontró presencia de herbicidas en agua como son: 2,4-D y Picloram, Glifosato sin combinar y 2,4-D sin combinar. Así como, Metsulfurón metil, Paraquat, 2,4-D combinado con Picloram, Piraflufen etil combinado con Glifosato y Aminopirialid combinado con 2,4-D, todos ellos en cultivos de cítricos, frijol, maíz, calabaza y en pastizales, los cuales por lixiviación o escorrentía llegan al río y estos los transporta hasta el mar.

Carrillo (2016) reportó herbicidas que se venden en Tecolutla para maíz (acetoclor) y pastizales (Picloram+2,4-D). El 2,4-D+Glifosato, Saflufenacil, Paraquat y en su mayoría una combinación de los mismos lo detectó en los cultivos de cítricos (naranja, toronja, limón y mandarina). La aplicación de estos herbicidas se realiza en los meses de abril, julio a agosto y diciembre en Tecolutla.

En Tecolutla, se han detectado al menos 30 puntos de descarga de aguas residuales de casas y negocios (Limón-Hernández, 2019), que provocan la presencia de nutrientes en exceso, contaminantes y bacterias coliformes a lo largo del río.

Bacterias como: Klebsiella, Pseudomonas, Proteus y Escherichia coli, han sido detectadas en ostión colectado en Tecolutla, lo cual denota contaminación por heces fecales (González, 1989).

Muestreos realizados por Guzmán-García *et al.*, 2012, detectaron la presencia por coliformes fecales en agua en el muelle de Tecolutla de 24,000 (NMP/100mL) y en ostión en el mismo lugar de 4,900 (NMP/100mL), en la boca del estero en agua fue de 11,000 (NMP/100mL), en el río Tecolutla en agua fue de 110,000 (NMP/100mL). Considerando que la NOM-112- SSA1-1994 fija valores máximos permisibles de 14 (NMP/100mL) en agua y de 240 (NMP/100mL) en ostión, se puede decir que el lugar no cumple con la norma.

Rangel-González (2017) (Tesis), realizó un trabajo en la subcuenca del río Tecolutla en la cual ha habido un incremento en el uso de herbicidas derivados de las actividades agrícolas. Dentro de los principales resultados destacan que en el suelo se encontraron concentraciones máximas de 2,4 D (520,65), glifosato (2383,22) y AMPA (5037,76), durante la época seca, las concentraciones de 2,4 D y AMPA fueron mayores a las reportadas dentro de la subcuenca en los municipios

de Gutiérrez Zamora y Tecolutla, zona aledaña al área de estudio. Además, se encontraron concentraciones de glifosato en los cuerpos de agua (nivel de trazas) y de AMPA (45.45 ppb) durante ambas temporadas; de glifosato y picloram por debajo del marcador límite de la Guía Canadiense de la calidad del agua para la protección de la vida acuática. Las malas prácticas más comunes fueron el uso incorrecto del equipo de protección personal y la incorrecta mezcla de herbicidas durante la aplicación y después de la mala disposición de los envases vacíos de la aplicación de herbicidas.

Los estudios aquí presentados denotan una marcada contaminación tanto de suelo como de cuerpos de agua (Río Tecolutla), lo cual representa un alto riesgo para la flora, fauna y seres humanos que se encuentren en la región. Requiere una urgente capacitación a agricultores para que hagan un buen manejo de recipientes de herbicidas, así como tener cuidado con las aplicaciones de agroquímicos. Por otro lado, se tiene la mala disposición de las aguas municipales, las cuales en su composición llevan principalmente agentes patógenos causantes de diversos problemas gastro intestinales.

En el aspecto ambiental no se debe dejar de lado que debido a que la descarga de aguas residuales al río Tecolutla, Veracruz, se incumple las NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, sin embargo, el incumplimiento a la norma ya mencionada no traer consigo el hecho constitutivo de delito, no siendo de esta manera al caer en la hipótesis entre las sanciones que se imponen a los infractores que contaminen el agua, ya sea con componentes pesados o cualquier otro y se configuren en la hipótesis enumerada en el Código Penal Federal que a la letra dice:

“Artículo 416.- Se impondrá pena de uno a nueve años de prisión y de trescientos a tres mil días multa, al que ilícitamente descargue, deposite, o infiltre, lo autorice u ordene, aguas residuales, líquidos químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes en los suelos, subsuelos, aguas marinas, ríos, cuencas, vasos o demás depósitos o corrientes de agua de competencia federal, que cause un riesgo de daño o dañe a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a la calidad del agua, a los ecosistemas o al ambiente.

Cuando se trate de aguas que se encuentren depositadas, fluyan en o hacia un área natural protegida, la prisión se elevará hasta tres años más y la pena económica hasta mil días multa.”

Para el Estado de Veracruz los delitos ambientales también se encuentran regulados en el código penal Local y lo anterior se muestra en el título XI denominado DELITOS DE PELIGRO CONTRA LA SEGURIDAD COLECTIVA.

Artículo 259.-Se impondrán de uno a seis años de prisión y multa de trescientos a quinientos días de salario a quien, sin contar con los permisos, licencias o autorizaciones correspondientes o sin aplicar las medidas de previsión o de seguridad adecuadas:

II. Descargue o arroje en aguas de jurisdicción local, o infiltre en suelos o subsuelos, aguas residuales sin previo tratamiento que causen o puedan causar daños graves a la salud o a los ecosistemas;

III. Trate, almacene, arroje o evacue desechos u otras substancias o materiales contaminantes, apartándose de los tratamientos prescritos o autorizados por disposiciones legales o administrativas, causando o pudiendo causar daños graves a la salud o a los ecosistemas a que se refiere la fracción I de este artículo

Ahora bien, otra dependencia que se encarga de la protección de los recursos naturales en especial el agua y las descargas residuales a cuerpos hídricos para ser exactos el río Tecolutla, es la ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA) en sus arábigos 170 a 174, en caso de alguno de los siguientes supuestos se aplicarán sanciones:

- a) Cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico, o de daño o deterioro grave a los recursos naturales, casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o para la salud pública.
- b) Cuando por verificación por parte de la procuraduría federal de protección al ambiente (PROFEPA) no se estén cumpliendo con las medidas adoptadas en el estudio de evaluación de impacto ambiental.
- c) Cuando no haya sido aprobado o entregado el estudio de impacto ambiental requerido ante la secretaría de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) y a pesar de esto se esté llevando a cabo la ejecución del proyecto.

Con fundamento en lo dispuesto por la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal se faculta a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para vigilar el cumplimiento de la protección de los recursos naturales entre los cuales se destacan ríos, descargas

residuales. Dentro de las facultades de la dependencia ya mencionada resaltan:

- 1) Formular, conducir y evaluar la política en materia de recursos naturales, siempre que no estén encomendados expresamente a otra dependencia; así como en materia de ecología, saneamiento ambiental, agua, regulación ambiental del desarrollo urbano y de la actividad pesquera, con la participación que corresponda a otras dependencias y entidades.
- 2) Establecer, con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente; sobre los ecosistemas naturales; sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática; sobre descargas de aguas residuales, y en materia minera; y sobre materiales peligrosos y residuos sólidos y peligrosos; así como establecer otras disposiciones administrativas de carácter general en estas materias y otras de su competencia, para la interpretación y aplicación de las normas oficiales mexicanas.

Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional, y de las zonas federales correspondientes, con exclusión de los que se atribuya expresamente a otra dependencia; establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares que deban satisfacer las descargas de aguas residuales, cuando sean de jurisdicción federal; autorizar, en su caso, el vertimiento de aguas residuales en el mar, en coordinación con la Secretaría de Marina, cuando provenga de fuentes móviles o plataformas fijas; en cuencas, cauces y demás depósitos de aguas de propiedad nacional; y promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura y los servicios necesarios para el mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas.

## Conclusiones

La contaminación del agua a nivel mundial es uno de los principales problemas a atender, ya que se trata de una de las principales fuentes de vida del planeta. A partir de la contaminación generada por el hombre

y actividades económicas o industriales, la falta de medios para el tratamiento de aguas residuales y la falta de concientización de las comunidades, genera que dicha contaminación vaya a decantar en el agua de ríos mares y lagos, generando enfermedades como infecciones en la piel, cólera, disentería, entre otras. Dentro de las metas a cumplir para la agenda 2030 que incluye la mejora de la calidad del agua para garantizar el acceso a la misma y la supervivencia de los asentamientos humanos, busca además proteger al ecosistema y especies que habitan en él. La recopilación de este trabajo deja un precedente para futuras investigaciones que permitan al investigador no solo tener la fuente de los resultados de análisis químicos realizados al río Tecolutla, sino también las implicaciones en materia jurídica. La revisión realizada muestra la poca atención brindada a las descargas de aguas residuales, así como el manejo de sustancias nocivas que se han encontrado en el agua. Estudios futuros deberán enfocarse en la correlación de la contaminación del Río Tecolutla con los problemas de salud que podrían sufrir en la población si no se atiende el problema.

### Contribución de los autores

LFJS, diseño del trabajo y redacción. SIML, Información referente a derecho. JEM, diseño y revisión.

JBD, Traducciones.

RCSJ, diseño del trabajo y redacción.

### Financiamiento

Ninguno.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Presentaciones previas

Ninguna.

### Referencias

1. Acar, F.N.; Malkoc, E. 2004. The removal of chromium (VI) from aqueous solutions y *Fagus orientalis* L. *Bioresour. Technol.* 94, 13-15.
2. Alagha, O., Manzar, M. S., Zubair, M., Anil, I., Mu'azu, N. D. y Qureshi, A. 2020. Magnetic Mg-Fe/LDH intercalated activated carbon composites for nitrate and phosphate removal from wastewater: insight into behavior and mechanisms. *Nanomaterials* 10(7):13-61.
3. Alagha, O., Manzar, M. S., Zubair, M., Anil, I., Mu'azu, N. D. y Qureshi, A. 2020. Comparative adsorptive removal of phosphate and nitrate from wastewater using biochar-MgAl LDH nanocomposites: coexisting anions effect and mechanistic studies. *Nanomaterials* (Basel, Switzerland). <https://doi.org/10.3390/nano10020336>
4. Argun, M. E., Dursun, S., Ozdemir, C. y Karatas, M. 2007. Heavy metal adsorption by modified oak sawdust: Thermodynamics and kinetics. *J. Hazard. Mater.* 141, 77-85.
5. Arriaga-Gaona, M. L., Hernández-Limón, L., San- doval-Reyes, J., Vera-Lara, J., Vargas-Moreno, E. y García-Rojas, L. 2009. Monitoreo de la calidad del agua del río Tecolutla desde Coyutla hasta Gutiérrez Zamora, Veracruz *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 5 (2): 141-147.
6. Blaney, L. M., Cinar, S. y SenGupta, A. K. 2007. Hybrid anion exchanger for trace phosphate removal from water and wastewater. *Water Res* 41(7):1603-1613.
7. Bortoleto, G. G., Macarowscha, G. T. y Cadore, S., 2004. Determination of cadmium by flame-atomic absorption spectrometry after pre- concentration on silica gel modified with cupfer- rron. *J. Braz. Chem. Soc.* 15, 313-317.
8. Carpenter, C. M. G., Wong, L. Y. J., Gutema, D. L. y Helbling, D. E. 2019. Fall creek monitoring station: using environmental covariates to predict micropollutant dynamics and peak events in surface water systems. *Environ. Sci. Technol.* 53, 8599e8610.
9. Carrillo, M. C. I. 2016. Uso de herbicidas y su distribución espacial en la subcuenca río Tecolutla (Municipios: Tecolutla, Gutiérrez Zamora y Papantla). Tesis Maestría en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad. CIIE- MAD-IPN, México.
10. Chen, W. B. y Liu, W. C., 2017. Investigating the fate and transport of fecal coliform contamination in a tidal estuarine system using a three-dimensional model. *Mar. Pollut. Bull.* 116, 365-384.
11. Código Penal Federal, Artículo 416 Julio 2020.

12. CONAGUA, S. (2011). Estadísticas del agua en México. México, DF: CONAGUA (2011). Estadísticas del agua en México. *Comisión Nacional del Agua. Reporte*.
13. De, A., Bose, R., Kumar, A., y Mozumdar, S. 2014. Targeted Delivery of Pesticides Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles; Springer: New Delhi, India; ISBN 978-81-322-1689-6.
14. de-Bashan, L. E. y Bashan, Y. 2004. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997-2003). *Water Res* 38(19), 4222-4246.
15. Frena, M., Santos, A. P. S., Souza, M. R. R., Carvalho, S. S., Madureira, L. A. S. y Alexandre, M. R. 2019. Sterol biomarkers and fecal coliforms in a tropical estuary: seasonal distribution and sources. *Mar. Pollut. Bull.* 139, 111-116.
16. Galvin, R.M. 1996. Occurrence of metals in waters: An overview. *Water SA*, 22, 7-18.
17. Guadarrama-Tejas, R., Kido-Miranda, J., Roldan-Antunez, Gustavo y Salas-Salgado, M. (2016) Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. Septiembre 2016 Vol.2 No.5 1-10
18. Guevara A., Ovando W. Segura F. (2019) La Gestión de la Calidad del Agua en el Perú. *Sextas jornadas de Derecho de Agua*,
19. González, A. S. E. 1989. *Análisis bacteriológico del ostión y sus bancos de extracción, en el estero de Tecolutla, Ver., para su evaluación sanitaria*. Tesis de licenciatura. UNAM-ENEP-Iztacala, México.
20. Guzmán-García X., Jerónimo-Juárez, R., Barrera-Escorcía, G., Ramírez-Romero, P., y Miranda-Arce, M. G. 2012. Tecolutla S.O.S. *IX Coloquio Internacional Multidisciplinario*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Huetamo, Michoacán, México.
21. Hafshejani L. D., Hooshmand A., Naseri, A. A., Mohammadi, A.S., Abbasi, F. y Bhatnagar, A. 2016. Removal of nitrate from aqueous solution by modified sugarcane bagasse biochar. *Ecol. Eng.*, 95, 101-111.
22. Jennings, W. C., Chern, E. C., Donohue, D., Kellogg, M. G. y Boehm, A. B., 2018. Frequent detection of a human fecal indicator in the urban ocean: environmental drivers and covariation with enterococci. *Environ. Sci. Process Impacts.*, 20 (3), 480-492.
23. Jeon, D. J., Ligaray, M., Kim, M., Kim, G., Lee, G., Pachepsky, Y.A., Cha, D. H. y Cho, K.H. 2019. Evaluating the influence of climate change on the fate and transport of fecal coliform bacteria using the modified SWAT model. *Sci. Total Environ.* 658, 753-762.
24. Jianfui, C., Sarjadi, M. S., Musta, B., Sarkar, M. S., Rahman, M. L. 2019. Synthesis of Sawdust-based Poly(amidoxime) Ligand for Heavy Metals Removal from Wastewater. *Chemistry Select*, 4, 2991-3001.
25. Karthikeyan, P., Elanchezhian, S. S., Preethi, J., Talukdar, K., Meenakshi, S. y Park C. M. 2021. Two-dimensional (2D) Ti3C2Tx MXene nanosheets with superior adsorption behavior for phosphate and nitrate ions from the aqueous environment. *Ceram. Int.*, 47(1), 732-739.
26. Larous, S., Meniai, A. H. y Lehocine, M. B. 2005. Experimental study of the removal of copper from aqueous solutions by adsorption using sawdust. *Desalination*, 185, 483-490.
27. Leight, A. K., Hood, R., Wood, R., Brohawn, K. 2016. Climate relationships to fecal bacterial densities in Maryland shellfish harvest waters. *Water Res.* 89, 270-281.
28. Limón-Hernández, R. A. 2019. *Electrocoagulación como tratamiento de aguas de descarga al Río Tecolutla en la zona de Gutiérrez Zamora, Veracruz*. Tesis. Universidad Veracruzana, México.
29. Liu, H., Chen, Z., Guan, Y. y Xu, S. 2018. Role and application of iron in water treatment for nitrogen removal: a review. *Chemosphere*, 204, 51-62.
30. Liu, X., Zong, E., Hu, W., Song, P., Wang, J., Liu, Q., Ma, Z. y Fu, S. 2018. Lignin-derived porous carbon loaded with La(OH)3 nanorods for highly efficient removal of phosphate. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, 7(1), 758-768. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b04382>
31. Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A. y Hakeem, K. R. 2016. Effects of Pesticides on Environment. In *Plant, Soil and Microbes*; Hakeem, K., Akhtar, M., Abdullah, S., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, ISBN 978-33-192-7455-3.
32. Mallin, M. A., Williams, K. E., Esham, E. C. y Lowe, R. P. 2000. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecol. Appl.* 10, 1047-1056.
33. Mazarji, M., Aminzadeh, B., Baghdadi, M. y Bhatnagar, A. 2017. Removal of nitrate from

- aqueous solution using modified granular activated carbon. *J Mol Liq* 233, 139-148.
34. McCann, M. 1996. Hazards in cottage industries in developing countries. *Am. J. Ind. Med.*, 30, 125-129.
  35. Memon, S. Q., Memon, N., Shah, S., Khuhawar, M. y Bhanger, M. 2007. Sawdust-A green and economical sorbent for the removal of cadmium (II) ions. *J. Hazard Mater*, 139, 116-121.
  36. Mohseni-Bandpi, A., Elliott, D. J. y Zazouli, M. A. 2013. Biological nitrate removal processes from drinking water supply-a review. *J Environ Health Sci Eng* 11(1), 1-11.
  37. Molina, M., Hunter, S., Cyterski, M., Peed, L.A., Kelty, C.A., Sivaganesan, M., Mooney, T., Prieto, L. y Shanks, O.C., 2014. Factors affecting the presence of human-associated and fecal indicator real-time quantitative PCR genetic markers in urban-impacted recreational beaches. *Water Res.* 64, 196-208.
  38. Mone, M., Lambropoulou, D. A., Bikiaris, D. N. y Kyzas, G. Z. 2020. Chitosan grafted with biobased 5-hydroxymethyl-furfural as adsorbent for copper and cadmium ions removal. *Polymers* 12, 1173.
  39. Onyango, M. S., Masukume, M., Ochieng, A. y Otieno, F. 2010. Functionalised natural zeolite and its potential for treating drinking water containing excess amount of nitrate. *Water SA*. [https:// doi. org/ 10. 4314/ wsa. v36i5. 61999](https://doi.org/10.4314/wsa.v36i5.61999)
  40. Orgaz, F. (2018). Reflexiones en torno al concepto, clasificación e importancia de los recursos naturales y la biodiversidad. *Desarrollo local sostenible*, (octubre).
  41. Ordaz, Y. 2013. Biodegradación de tordón (2,4-D y Picloram) mezcla comercial de dos de los principales herbicidas utilizados en la subcuenca Tecolutla en Veracruz, México. (Doctorado), Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional.
  42. Ortíz-Hernández, M. L., Sánchez-Salinas, E., Dantán-González, E. y Castrejón-Godínez, M. L. 2013. Pesticide biodegradation: Mechanisms, genetics and strategies to enhance the process. *Biodegrad. Life Sci.* 251-287.
  43. Rezvani, F., Sarrafzadeh, M. H., Ebrahimi, S. y Oh, H. M. 2019. Nitrate removal from drinking water with a focus on biological methods: a review. *Environ Sci Pollut Res Int.* 26(2), 1124-1141.
  44. Selvaraj, K., Manonmani, S. y Pattabhi, S. 2003. Removal of hexavalent chromium using distillery sludge. *Bioresour. Technol.* 89, 207-211.
  45. Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S.K., Yadav, P., Bali, A. S. y Parihar, R. D. 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Appl. Sci.* 1, 1446.
  46. Shukla, A., Zhang, Y. H., Dubey, P., Margrave, J. y Shukla, S. S. 2002. The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water. *J. Hazard. Mater.* 95, 137-152.
  47. Shukla, S. y Pai, R. S. 2005. Adsorption of Cu(II), Ni(II) and Zn(II) on dye loaded groundnut shells and sawdust. *Sep. Purif. Technol.* 43, 1-8.
  48. Smith, J. H., Wickham, J. D., Norton, D., Wade, T. G. y Jones, K. B. 2001. Utilization of landscape indicators to model potential pathogen impaired waters. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 37, 805-814.
  49. Stachler, E., Kelty, C., Sivaganesan, M., Li, X., Bibby, K. y Shanks, O. C. 2017. Quantitative CrAssphage PCR assays for human fecal pollution measurement. *Environ. Sci. Technol.* 51, 9146-9154.
  50. Valera Mejía, F. y Silva Naranjo, E. (2012). *Guía de capacitación en educación ambiental y cambio climático*. USAID, CDCT y The Nature Conservancy: Santo Domingo.
  51. Wyn-Jones, A. P., Carducci, A., Cook, N., D'Agostino, M., Divizia, M., Fleischer, J., Gantzer, C., Gawler, A., Girones, R., H€oller, C., de Roda Husman, A.M., Kay, D., Kozyra, I., L\_opez-Pila, J., Muscillo, M., Jose Nascimento, M.S., Papageorgiou, G., Rutjes, S., Sellwood, J., Szewzyk, R. y Wyer, M. 2011. Surveillance of adenoviruses and noroviruses in European recreational waters. *Water Res.* 45, 1025-1038.
  52. Yadav, I. C., Devi, N. L., Syed, J. H., Cheng, Z., Li, J., Zhang, G. y Jones, K.C. 2015. Current status of persistent organic pesticides residues in air, water, and soil, and their possible effect on neighboring countries: A comprehensive review of India. *Sci. Total Environ.* 511, 123-137.
  53. Yang, L., Tan, W. F., Mumford, K., Ding, L., Lv, J. W., Zhang, X. W., Wang, H. Q. 2018. Effects of phosphorus-rich sawdust biochar sorption on heavy metals. *Sep. Sci. Technol.* 53, 2704-2716.
  54. Young, L., Rao, S. R. y Cort, S. G. 1996. Industry Corner: The Pesticide Market and Industry: A Global Perspective. *Bus. Econ.* 31, 56-60.



ARTÍCULO ORIGINAL

## Identificación del estilo de liderazgo en los alumnos de nivel licenciatura de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora

**Abel Yradier Gómez Parra<sup>1\*</sup>, Miguel Rivera López<sup>1</sup>, Erika Lugo Ramírez<sup>2</sup>, Anell Aguilar López<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Ingeniería en Procesos Químicos, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Fecha de recepción: 24 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 14 de noviembre de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Liderazgo; Liderazgo Transformacional; Liderazgo Transaccional; MLQ, Laissez-Faire.

### Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar los estilos de liderazgo de los estudiantes de ingeniería de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. La investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, con un método inductivo. La población fue de 144 estudiantes, usándose una muestra de 106 correspondiente a 8 licenciaturas de los sistemas escolarizados y despresurizado (Sabatino). El instrumento utilizado corresponde a un cuestionario multifactorial de liderazgo MLQ forma 5X Corta, que consta de 45 preguntas y que fue aplicado en el ciclo mayo-agosto 2022.

Los resultados mostraron que se consideraron estudiantes de ambos sexos (51 hombres y 55 mujeres) con un rango de edad entre 20 y 49 años, posteriormente se estratificaron de acuerdo con los programas académicos y sistemas de estudio, y se les realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un 95% de confianza sin encontrar diferencias estadísticas significativas por lo que mediante una prueba Tukey se lograron detectar algunas diferencias estadísticamente significativas. Se determinó que en la población estudiantil de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora (UTGZ) existen tres estilos de liderazgo: el 41 % de liderazgo transaccional, 68% de liderazgo transformacional y 34 % de liderazgo Laissez-Faire.

Finalmente se compararon los datos entre las clases de lunes a viernes (escolarizado) y las clases en sábado (despresurizado) encontrando en estos últimos un mayor porcentaje en los factores del liderazgo transformacional y transaccional.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.2.19.26>

**Correspondencia:** Abel Yradier Gómez Parra. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Prolongación Dr. Miguel Patiño s/n, Col. Centro. C.P. 93556, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México. Teléfono: (235) 1109039. Correo: abelyradier@gmail.com

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

## PALABRAS CLAVE

Leadership;  
Transformational  
Leadership;  
Transformational  
Leadership; MLQ.

## Abstract

The present research has the objective of determining leadership styles of engineering students at the Technological University of Gutiérrez Zamora. The research was carried out under a quantitative approach, with an inductive method. The population was 144 students, 106 of them were part of 8 degree programs. The instrument used corresponds to a multifactorial leadership questionnaire MLQ form 5X Short it consists of 45 questions and was applied in the May-August 2022 term.

The results showed that students of both sexes (51 men and 55 women) with an age range between 20 and 49 years were subsequently stratified according to academic programs and study systems. Additionally, an Analysis of Variance (ANOVA) was performed with 95% confidence without finding significant statistical differences, therefore, by means of a Tukey test, some statistically significant differences were detected. It was determined that in the student population of the Technological University of Gutierrez Zamora (TUGZ) there are three leadership styles: 41% transactional leadership, 68% transformational leadership and 34% Laissez-Faire leadership.

Finally, the data were compared between the Monday to Friday classes and the Saturday classes, finding in the latter a higher percentage in the transformational and transactional leadership factors.

## Introducción

En las instituciones de nivel superior se pueden observar diferentes formas de organización: de trabajo, integración y liderazgo. Los profesores y personal interno de estas instituciones ejercen influencia como modelos para que los estudiantes adquieran las concepciones básicas de lo que es el liderazgo y sus tipos; esto aunado con la presión para que las universidades brinden educación que satisfaga las necesidades del siglo XXI y mantengan la viabilidad de sus instituciones, (Basham, 2010), es necesario comprender las habilidades de liderazgo transaccional y transformacional.

Sin embargo, es muy importante que los estudiantes universitarios formen su propia concepción e identidad para que visualicen su potencial como futuros líderes. Partiendo de la idea de que hay líderes que nacen para ello y otros que se hacen (Gaceta de Desarrollo Humano, 2018), los estudiantes universitarios deben entender que ser un buen líder implica ser proactivos, tener capacidad de comunicación, ser honestos y tener capacidad analítica, entre otras. En este sentido, en la actualidad se infiere que el liderazgo es una habilidad que puede ser desarrollada de forma natural o puede ser entrenada, sin embargo, el líder debe cumplir con unas características especiales que debe emplear de forma eficaz, como por ejemplo la capacidad de influencia en los seguidores y otros elementos incluyendo la automotivación con el objeto de promover el interés

individual de fomentar el interés colectivo (Godoy y Bresó, 2013).

Por otra parte, es muy importante que los estudiantes universitarios tengan bien identificado cuál es el tipo de liderazgo que poseen y cuáles son las habilidades que deben fortalecer para que sus planes como personas y futuros profesionistas fluyan en la dirección correcta e inclusive ayudan a gestionar y cumplir los objetivos de la misma institución en la que estudian ya que esto les ampliará el panorama futuro mediato.

Es importante conocer a qué se refiere cada uno de los tipos de liderazgo que se estudiaron. Contreras y Barbosa (2013) comentan que los líderes transformacionales son aquellos que tienen la habilidad de poder cambiar la perspectiva de sus colaboradores, motivar e inspirarlos, por otra parte, los líderes transaccionales son los que se basan en los modelos clásicos de liderazgo, como su nombre lo indica se refiere a la transacción o intercambio entre el líder y sus colaboradores, sancionando o recompensándolos en función del rendimiento. El líder laissez-faire se puede caracterizar como un líder que carece de compromiso con su organización, esto debido a que suele dejar las actividades en manos de sus colaboradores, únicamente dando a conocer ciertas especificaciones (Pacsi, *et al.*, 2014).

Ante esta inquietud, en la presente investigación el objetivo es determinar los estilos de liderazgo que los estudiantes de nivel licenciatura de la Universidad

Tecnológica de Gutiérrez Zamora (UTGZ) poseen. Una vez hecho esto, hacer énfasis en si existe predominancia entre los estilos *laissez-faire*, transformacional o transaccional. Precisamente en este sentido Pedraja-Rejas (2018), menciona que en educación superior se advierten hallazgos relevantes que ponen de manifiesto la importancia del liderazgo para generar compromiso en los académicos, alcanzar mayor satisfacción en el trabajo, así como también para obtener mejores resultados individuales e institucionales.

En toda investigación con fines expositivos es muy importante establecer el diseño de la misma, por ello se determinó que el enfoque de la investigación sea del tipo cuantitativo, la cual Hernández, *et al.* (2010) hacen mención que el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

La técnica utilizada es la encuesta la cual es destinada a recolectar los datos necesarios de la población muestra, enfoque realizado por Rodríguez-Álvarez *et al.* (2018).

De igual manera, se consideró adecuado que la investigación sea de carácter descriptivo con un enfoque cuantitativo como ya se mencionó anteriormente, esto debido a que se recolectarán los datos pertinentes mediante la aplicación de un cuestionario y así obtener información necesaria de la población muestra a estudiar y posteriormente realizar la medición y análisis de los mismos. Como lo mencionan Ñaupás, *et al.* (2014) una investigación descriptiva es la que utiliza una colección de datos para probar hipótesis y responder preguntas sobre la situación de estudio. Es así como Guevara, *et al.* (2020) mencionan que un estudio descriptivo determina los modos de ser de los objetos. Lo fundamental son las características observables y verificables, este tipo de investigación debe ser verídica, precisa y sistemática, a lo que se debe evitar hacer inferencias en cuanto al tema de estudio.

El método utilizado es Inductivo, el cual Pérez y Rodríguez (2017) mencionan que es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales encontrando los rasgos comunes en un grupo definido.

Finalmente, es necesario mencionar que para el desarrollo de la investigación y la recolección de datos se adaptó el instrumento Multifactor Leadership Questionnaire (MLQ), Form 5X versión Corta. El

fundamento para elegir este instrumento es debido a que es el más utilizado para estos fines y de acuerdo con el estudio realizado por Molero, *et al.*, (2022), se encontró que la base de datos PsycINFO arroja un total de 182 investigaciones, entre artículos y tesis doctorales, que emplean el MLQ en sus investigaciones desde su publicación inicial en 1985. De ellas, 143 han sido realizadas en los últimos diez años. Con ello se espera que los resultados que se obtengan tengan correlación con la literatura y el análisis estadístico.

## Material y métodos

El presente trabajo fue realizado en las instalaciones de la UTGZ, en el periodo mayo - agosto de 2022.

## Población

La población de esta investigación estuvo conformada por 144 alumnos de nivel licenciatura de la UTGZ con edades comprendidas entre 20 y 49 años en ambos sexos. Los programas educativos evaluados fueron: Ingeniería en Agrobiotecnología (IA), Ingeniería en Mantenimiento Industrial (IMI), Ingeniería en Mantenimiento Petrolero (IMP), Licenciatura en Contaduría (LC), Ingeniería en Procesos Químicos (IPQ), Ingeniería en Tecnologías de la Información (ITI), Licenciatura en Gestión y Desarrollo Turístico (LGDT) e Ingeniería en Logística Internacional (ILI). Se seleccionaron estos programas educativos dado que son los que en el periodo anteriormente mencionado tuvieron grupos en nivel licenciatura.

## Muestra

Esta parte del estudio es descriptiva en modalidad de encuesta, Cisneros-Cohernour, E. (2021) y para el desarrollo de esta investigación se tomó una muestra aleatoria simple de 106 participantes, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

## Procedimiento

La recolección de la información se realizó mediante la aplicación del cuestionario MLQ - 5X en su versión corta con una duración de 30 minutos. Se construyó un formulario web en el cual los participantes de nivel licenciatura de la UTGZ contestaron 45 ítems bajo una escala de Likert. Este instrumento es una

autoevaluación de percepción, (Canto de Gante, *et al.*, 2020).

Es importante señalar que para la aplicación del cuestionario sólo se tomaron en cuenta los 36 ítems correspondientes a la percepción del liderazgo.

## Análisis de resultados

El análisis parte de los factores que integran el cuestionario MLQ - 5X en su versión corta propuesto por Avolio y Bass (2009) los cuales se integran según el tipo de liderazgo. Para el liderazgo transformacional son 5 factores: influencia idealizada atribuida, influencia idealizada conductual, motivación inspiracional, estimulación intelectual y consideración individualizada.

Para el caso del liderazgo transaccional cuenta con dos factores: recompensas contingentes y dirección por excepción activa. Por último, los factores que corresponden al liderazgo Laissez-Faire que son Laissez-Faire y dirección por excepción pasiva.

Con los datos obtenidos del cuestionario se integró la matriz de resultados, mismos que fueron utilizados para crear las gráficas de barras, y posteriormente se realizaron los análisis ANOVA y Tukey en Minitab.

## Resultados

Se observa que los alumnos tienen una tendencia del 68% entre los factores del liderazgo transformacional los cuales son: Influencia idealizada atribuida, influencia idealizada conductual, motivación inspiracional, estimulación intelectual y consideración individualizada. En este estilo el líder ejerce la influencia en sus subordinados sobre la capacidad de trascender de sus intereses individuales para seguir los intereses de la compañía, logra aumentar el compromiso organizacional a largo plazo para cumplir con la visión de la empresa, por lo que es tanta la metamorfosis cultural que presenta la compañía que no sólo logra transformarla, sino que también se extiende fuera de ésta a lo largo de su cadena de suministros (Mendoza, *et al.*, 2020).

Mientras que para el liderazgo transaccional existe una tendencia del 60% entre los factores de recompensas contingentes y dirección por excepción activa, este estilo de liderazgo se vale de su posición de poder para mantener el flujo normal de las operaciones recompensando o

castigando a sus subordinados con base a los resultados establecidos (Almirón-Arévalo *et al.*, 2015).

Finalmente, existe una tendencia del 34% hacia los factores del liderazgo Laissez-Faire los cuales son dirección por excepción pasiva y Laissez-Faire, este liderazgo es definido como un no liderazgo, ya que generalmente es inefectivo debido a la falta de compromiso por parte del líder cuyas características principales son el desinterés y la ausencia de apoyo a sus seguidores, limitándose solo al resultado de las actividades. Los efectos de este estilo de liderazgo influyen negativamente en el desempeño de los subordinados, obteniendo bajos resultados. (Figura 1).

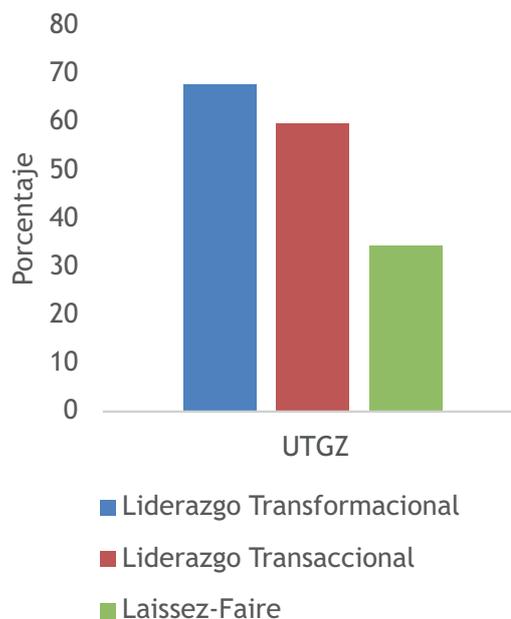


Figura 1. Autopercepción de liderazgo global de los estudiantes de licenciatura de la UTGZ.

Es importante destacar que los porcentajes hallados en liderazgo transformacional y transaccional están por debajo respecto a lo reportado por Martínez-Quezada (2017) con 84% y 64% respectivamente, en el caso de liderazgo Laissez-Faire reporta un porcentaje menor con 27%, lo cual resulta lógico considerando que los liderazgos son opuestos.

Una vez analizados los datos de las encuestas por medio del MQL 5x versión corta se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 2 donde se puede apreciar que los puntajes de los programas educativos muestran pequeñas diferencias, sin embargo mediante un análisis de ANOVA se encontró que existe diferencia estadística ( $p < 0.05$ ).

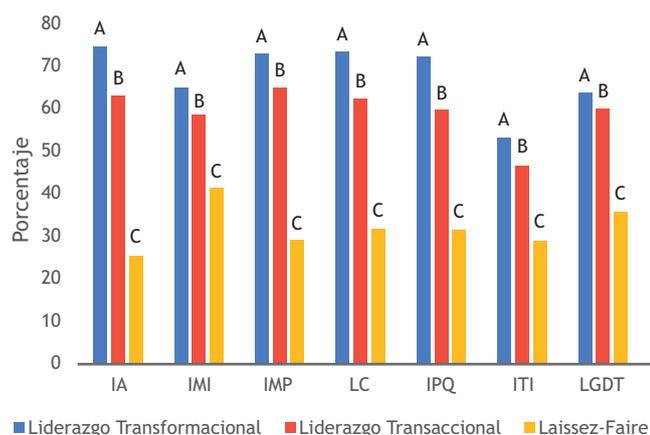


Figura 2. Autopercepción de los estilos de liderazgo por programa académico de la UTGZ.

De acuerdo con lo mostrado en la figura 2, el programa académico de IA muestra un 74% de factores correspondientes al liderazgo transformacional, un 63% de los factores de liderazgo transaccional y finalmente un 25% de afinidad por los factores de Laissez-Faire, en el caso de IMI se presenta en términos de 65% al liderazgo transformacional, 59% al liderazgo transaccional y 41% de liderazgo Laissez-faire, para IMP existe un 73% de factores correspondientes al liderazgo transformacional, 65% de factores correspondientes al liderazgo transaccional y un 29% de factores relacionados con el liderazgo Laissez-faire, el programa educativo LC presenta un 73% de factores correspondientes al liderazgo transformacional, 62% al liderazgo transaccional y un 32% de liderazgo Laissez-faire, IPQ presenta un 72% de factores relacionados con el liderazgo transformacional, un 59% de factores al liderazgo transaccional y un 31% de factores dirigidos al liderazgo Laissez-faire, ITI presenta un 53% de factores al liderazgo transformacional, 46% de factores al liderazgo transaccional y 29% de factores del liderazgo Laissez-faire, LGDT obtuvo 63% de orientación en los factores de liderazgo transformacional, un 60% de orientación a los factores de liderazgo transformacional, 36% de orientación a los factores de Laissez-faire, y finalmente el programa de ILI logró 56% en los factores de liderazgo transformacional, 59% en los factores de liderazgo transaccional y 44% entre los factores de liderazgo Laissez-faire.

Los programas educativos con mayores porcentajes en los factores de liderazgo transformacional son: IA (74%), IMP (73%), LC (73%), IPQ (72%) y IMI (65%), en el caso de los factores que integran el liderazgo transaccional los programas educativos que destacan son: IMP (65%), IA (62%) y LC (62%). En el caso del liderazgo Laissez-Faire el programa educativo de ILI obtuvo el 44%, IMI el 41% y LGDT con (36%).

Por lo anterior se realizó un análisis de Tukey (Figura 2) y se encontraron las interacciones que muestran diferencia entre ellas. El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de los programas educativos ITI-IA, ILI-IA, ITI-IMP, ITI-IPQ, LC-ILI y LC-ITI no incluye el cero, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa. Los intervalos de confianza de los demás pares de medias de los programas educativos incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas, letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas con una  $P \geq 0.05$

Es importante señalar que al evaluar los sistemas académicos (escolarizado y despresurizado) los alumnos del sistema despresurizado obtuvieron mayor porcentaje en los factores del liderazgo transformacional y transaccional, los datos se presentan en el siguiente gráfico (Figura 3.).

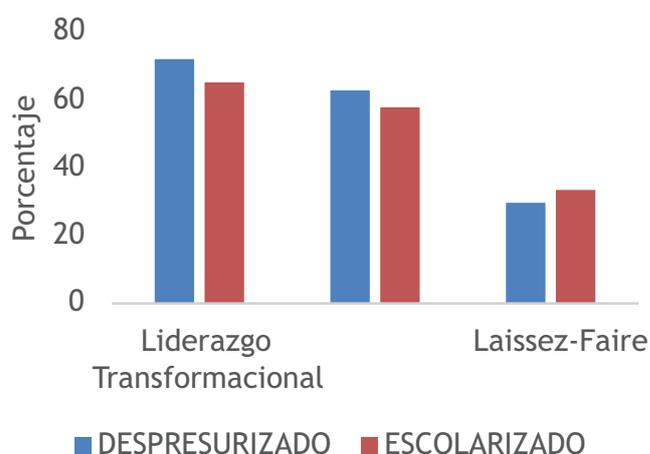


Figura 3. Autopercepción de liderazgo entre sistemas académicos.

## Discusión

La realización de este trabajo de investigación es significativa para la UTGZ ya que permite identificar los estilos de liderazgo presentes en la comunidad estudiantil de nivel licenciatura de los 8 programas educativos activos, como resultado de lo anterior, la Universidad tendrá la información necesaria para establecer las estrategias académicas que permitan fortalecer los liderazgos más demandados en la industria.

Está demostrado con la literatura existente que los alumnos con habilidades de liderazgo alcanzan puestos gerenciales con mayor facilidad que los que no cuentan con estas habilidades, además esto

representa en la mayoría de los casos un salario por encima de la media.

Por otro lado, no debemos olvidar que los alumnos vienen de un ritmo de trabajo virtual durante dos años, debido a la pandemia mundial por COVID-19, lo que ha tenido un impacto en sus habilidades comunicativas físicas, relaciones sociales personales y ejercicio de liderazgo. Según cifras de INEGI (2021) del total de alumnos que lograron concluir el ciclo escolar 2019-2020, 5.5 millones, no se inscribieron al nuevo ciclo escolar, de ellos 2.3 millones señalan que la razón fue por COVID-19, 2.9 millones no se inscribieron por falta de recursos económicos, adicional a ello, 3.6 millones no se inscribieron al nuevo ciclo escolar porque tenían que trabajar.

Finalmente, este trabajo muestra cuáles son los factores que necesitan ser reforzados en cada estilo de liderazgo lo que indudablemente ayudará a fortalecer las áreas de oportunidad en los estudiantes universitarios de licenciatura.

## Conclusiones

El estudio realizado para determinar, por una parte, la percepción del estilo de liderazgo que los estudiantes de los sistemas despresurizado y escolarizado de la UTGZ en Licenciatura e Ingeniería poseen, y por otra si hay predominancia sobre alguno de ellos. Arrojó evidencia significativa de niveles altos y medios de preferencia de los liderazgos transformacional y transaccional, en comparación al estilo *laissez-faire*, en el cual se obtuvo una baja preferencia.

En lo que respecta al objetivo de estudio en cuanto a los niveles más altos, los estudiantes del sistema despresurizado presentan una mayor tendencia hacia el estilo de liderazgo transformacional y transaccional en comparación a los estudiantes del sistema escolarizado, y en ambos sistemas se obtuvo una menor tendencia hacia el estilo de liderazgo *Laissez-Faire*.

Otro aspecto a destacar es el que las diferencias entre las carreras de licenciatura e ingeniería entre los estilos de liderazgo transformacional y transaccional es relativamente muy poca (menos del 10%), exceptuando una ingeniería en particular en la que la diferencia supera ese 10%.

Lo anterior permite aseverar que los estudiantes muestran influencias positivas en las dimensiones del liderazgo transformacional y transaccional como los

son: consideración individual, motivación, inspiración y la influencia idealizada; lo cual en un futuro profesional mediano favorecerá la adaptación de los estudiantes en los escenarios laborales que elijan.

En general los resultados son congruentes con el método, instrumento, análisis y literatura utilizada para esta investigación dando importante soporte a su estructura lógica y formal logrando así el propósito planteado, dejando abierta la posibilidad de que a partir de este estudio surgirán otros supuestos para otras tendencias investigativas.

## Contribución de los autores

AYGP, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción.

MRL, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción.

ELR, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción.

AAL, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Almirón-Arévalo, V.; A. Tikhomirova; A. Trejo-Toriz y J. García-Ramírez. (2015) Liderazgo transaccional vs liderazgo transformacional, <http://hdl.handle.net/10481/34629>, ISSN: 2254-5883, Reidocrea, 4(4), 24-27.

2. American Psychological Association (2010). *Publication Manual of the American Psychological Association* (6th ed.). Washington DC: Author.
3. Avolio, B. J., y M. B. Bass. *Multifactor leadership questionnaire: Manual and sampler set*. Nebraska: Mind Garden (2009).
4. Basham, L. M. Transformational and transactional leaders in higher education, <http://irbrp.com/static/documents/December/2010/11.%20Lloyd%20Basham.pdf>, ISSN:1832-9543. *International Review of Business Research Papers*, 6(6), 141-152 (2010).
5. Canto de Gante, G. et al (2020). Escala de Likert: una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Revista de alta tecnología y sociedad*. Vol. 12 No.1
6. Cisneros-Cohernour, E. (2021). Estudio sobre el Liderazgo en el Sureste de México. Universidad Autónoma de Yucatán. México
7. Contreras, F., y Barbosa, D. (2013). Del liderazgo transaccional al liderazgo transformacional: implicaciones para el cambio organizacional. *Revista virtual Universidad Católica del Norte*, 39, 152-164, <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/viewFile/433/886>
8. Godoy, R., y Bresó, E. (2013). ¿Es el liderazgo transformacional determinante en la motivación intrínseca de los seguidores? *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*. Vol. 29, (2), p.59-64. doi: 10.5093 / tr2013a9
9. Guevara, G.P.; Verdesoto A.E. y Castro N.E. (julio 2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4, 166.
10. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010) *Metodología de la Investigación*. (5ªed.). México: Mc Graw-Hill.
11. INEGI (2021). Encuesta para la medición del impacto COVID-19, en la educación (ECOVID-ED). Presentación de resultados.
12. Martínez, F. L., Rodríguez, R. H. R., & Silva, H. M. (2019). La redacción de artículos científicos sobre resultados de investigaciones educacionales. *Opuntia Brava*,
13. Mendoza, M., Mii, S., LuisGarcíaAlcaraz, J., Liliana, D., y Sosa, A. (s/f). El Liderazgo Transformacional: Una revisión de literatura. Uacj.mx. Recuperado el 28 de junio de 2022, de <http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/16032/El%20Liderazgo%20Transformacional%20-%20Una%20revisi%C3%B3n%20de%20literatura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
14. Molero A. y Recio S., Patrica, F. y Cuadrado, I. (2010), Liderazgo transformacional y liderazgo transaccional un análisis de la estructura factorial del multifactor Leadership Questionnaire (MLQ) en una muestra española. *Psicothema*, 22 (3) 405-501 (fecha de consulta 10 de junio) ISSN-0214-9915. Disponible en <https://www.redaldy.org/articulo.oa?id=72714400022>
15. Mousalli-Kayat, G. (2015). Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa. Mérida.
16. Ñaupas, H.; Mejía, E.; Novoa, E. y Villagomez, A. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Bogotá: Ediciones de la U.
17. Pacsi, A. Y.; Estrada, W.; Pérez, A.; Cruz, P. (2014) *Liderazgo laissez faire* Vol. 1. N.º 1 Universidad Peruana Unión (UPEU), Perú
18. Pedraja-Rejas, L., Araneda-Guirriman, C., Bernasconi, A., Viancos, P. (2018) Liderazgo, cultura académica y calidad de las universidades: aproximación conceptual y relaciones. *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. Esp., núm. 1, pp. 184-199. Universidad del Zulia.
19. Pérez, A. O. y Rodríguez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82), 1-26. [fecha de Consulta 12 de Junio de 2022]. ISSN: 0120-8160. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20652069006>
20. Rodríguez-Álvarez, H., Martínez Quezada, A., & DíazAyala, A. (2018). ESTUDIODEIDENTIFICACIÓNDEL ESTILODELIDERAZGOENUNHOTEL. *RevistaIngeniería Industrial*, 17(1), 67-85. <https://doi.org/10.22320/s07179103/2018>.





ARTÍCULO ORIGINAL

## Problemas de aprendizaje en el aula universitaria: Caso de estudio Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora

**Elidia Bernardino-Pérez<sup>1</sup>, Norma Magali Galindo-Martínez<sup>1</sup>, Bernardette de L. Ortega-Rivera<sup>1</sup>, Iriana Hernández-Martínez<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952

Fecha de recepción; fecha de aceptación del artículo

### PALABRAS CLAVE

Instituciones de educación superior, problemas de aprendizaje, MoCA

### Resumen

Las Instituciones de Educación Superior (IES) de carácter público, en especial, muestran problemas específicos que no se presentan en las particulares. Si bien es cierto, las IES públicas tienen distintas formas de organización y operación, es imprescindible tomar en cuenta los principales inconvenientes que se presentan en estas; entre los más importantes se encuentran: matrícula por áreas del conocimiento, congruencia de los planes de estudios, vinculación con el sector productivo, el proceso de enseñanza-aprendizaje e infraestructura. Actualmente las necesidades educativas derivadas de los cambios sociales, económicos, tecnológicos y científicos ocurridos en México han originado que distintos organismos públicos y privados sugieran a las Instituciones de Educación Superior, cambios en las estrategias educativas, orientándolas a desarrollar personal eficaz con competencias profesionales acordes a estas necesidades; desafortunadamente sólo se le ha dado prioridad a las necesidades por deficiencias físicas que presentan algunos alumnos, es decir, problemas visuales, auditivos, de lenguaje, entre otros. Sin embargo, no se han atendido de manera adecuada aquellos problemas relacionados con las formas de aprendizaje. Por tal motivo, el presente proyecto se enfoca a evaluar los problemas de aprendizaje que presentan los alumnos al momento que ingresan a la universidad, con la finalidad de detectar a los estudiantes que necesiten de estrategias específicas que los ayuden a tener un mejor desempeño académico durante su estancia en la Institución de Educación Superior. Se realizó la aplicación de la prueba MoCA a un total de 99 alumnos de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, tomando una muestra del 20 % a la cual se le aplicaron estrategias de aprendizaje, logrando aumentar las habilidades cognitivas y disminuyendo los casos de deterioro cognitivo leve.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.2.27.34>

**Correspondencia:** Bernardette de L. Ortega Rivera. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952, correo electrónico: [bernardette\\_d@utgz.edu.mx](mailto:bernardette_d@utgz.edu.mx)

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados.

## PALABRAS CLAVE

Higher Education Institutions, learning difficulties, MoCA test.

## Abstract

Public Higher Education Institutions (HEIs) show specific problems that are not presented in private ones. Although, public HEIs have different organization and operation forms, they present certain drawbacks such as enrollment by areas of knowledge, study plans' relevance, productive sector communication and feedback, the teaching-learning process and infrastructure. Currently, the educational goals resulting from the social, economic, technological and scientific changes that occurred, have generated the implementation of different educational strategies to HEIs in public and private organizations guiding them to train effective personnel with professional skills, in accordance with these needs. Unfortunately, those organizations have only prioritized physical deficiencies such as sight, hearing or even language problems and they have not attended to other kinds of problems.

For this reason, this project focuses on evaluating learning difficulties and detect students who need specific strategies through a MoCA test applied to students from the Technological University of Gutiérrez Zamora with the aim of increasing cognitive abilities and decreasing cases of cognitive impairment level at HEIs.

## Introducción

Las dificultades de aprendizaje siempre se han considerado como un conjunto heterogéneo de trastornos que de una manera u otra afectan al aprendizaje (Jiménez *et al.*, 2009; Cabello, 2007). Que se traducen en dificultades para realizar actividades básicas relacionadas con la adquisición de conocimiento como: leer, escribir, hablar, realizar cálculos e incluso razonar y suelen representar una de las principales causas del bajo rendimiento como de fracaso escolar (Gutiérrez-Ruiz *et al.*, 2020; Cerda *et al.*, 2017; Veas *et al.*, 2017).

Cada vez existen más estudiantes en entornos universitarios con problemáticas que se pueden definir como “encubiertos”, refiriéndonos con este término a aquellas dificultades que tienen poca visibilidad y que afectan a una amplia variedad de procesos cognitivos, haciendo referencia —entre otros— a trastornos específicos del aprendizaje, el trastorno por déficit de atención / hiperactividad (TDAH) o el trastorno del espectro autista (Gómez *et al.*, 2018).

Así el número de estudiantes con dificultades del aprendizaje que ingresa a las aulas universitarias va en aumento, lo que enfatiza la importancia de realizar adaptaciones que se correspondan con las necesidades de este nuevo alumnado.

Muchos de estos problemas se derivan del desarrollo de las funciones corticales superiores en el hombre, las

cuales de acuerdo con Luria (1983), son “el resultado de una compleja actividad refleja, que agrupa el trabajo común de un mosaico de sectores excitados e inhibidos del sistema nervioso, los cuales realizan el análisis y síntesis de las señales que llegan al organismo, y elaboran un sistema de conexiones temporales y aseguran el equilibrio del organismo con el medio ambiente”.

Tomando en cuenta lo anterior, podemos decir que el funcionamiento cognitivo se conforma de una serie de complejos procesos que forman la actividad cognitiva del ser humano, así tenemos que los más importantes son:

- La percepción: complejo proceso que comprende la búsqueda continua de elementos de información interna y externa, que le ayudan a realizar una comparación de los elementos captados y a su vez generar hipótesis relativas sobre el significado de la información (Luria, 1984).
- Memoria: Proceso por el cual se recibe, codifica, consolida y recupera información (Sternberg, 1999). Dentro de esta, una de las categorías más significativas es la memoria de trabajo u operativa, considerada un tipo de memoria a corto plazo que implica la capacidad para mantener y manipular activamente la información recientemente adquirida, de modo tal que la información previa pueda

ser empleada para organizar y planear la información posterior (Mendoza, 2016).

- Atención: Proceso que proporciona a la actividad cognoscitiva direccionalidad y selectividad, con el fin de extraer los elementos esenciales para la actividad mental, de la misma manera que mantiene vigilado el curso preciso y organizado de la actividad mental (Luria, 1984).

Estas funciones cognitivas se agrupan a su vez en las llamadas funciones ejecutivas, las cuales han sido consideradas como una serie de procesos de orden superior (tales como control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad atencional) que gobiernan la acción hacia un objetivo; y que permite emitir respuestas adaptativas a situaciones novedosas o complejas (López-Cárdenas & Ramos-Galarza, 2020; Bausela, 2014).

Dentro del Sistema Educativo Mexicano, mucho se habla de los alcances en cuestión de calidad educativa para lograr una sociedad más justa e igualitaria; tan es así que de noviembre a diciembre de 2019 se realizaron en el país, foros estatales de consulta para conformar el anteproyecto de la Ley General de Educación Superior. Esto dio como resultado la generación de proyectos que buscan la inclusión real a nivel nacional de estudiantes con necesidades especiales, tutores de apoyo especial y realzó la importancia de diseñar material didáctico que integre a la comunidad educativa y la sociedad (Sánchez & Sianes, 2021; SEP, 2019; Vilorio, 2015; Acevedo, 2012).

El Sistema Educativo experimenta un proceso de transformación, hoy en día todas las instituciones de educación a nivel internacional en los diferentes niveles educativos tienen el reto de ser “incluyentes” (De la Torre *et al.*, 2017). El poder acabar con las barreras que afectan la democratización de la educación, es una ocupación que no es exclusiva de un país, ni responsabilidad de uno solo de los actores del proceso educativo, si no que ha ocupado la atención de diversos organismos a nivel nacional e internacional (Contreras *et al.*, 2017).

Por su parte la ONU, (2015); menciona dentro de su documento de derecho de estado, que la inclusión trata de integrar a todos los estudiantes con una diversidad de necesidades, a las políticas educativas de las diversas instituciones con base en el derecho humano de generar una sociedad más justa y equitativa.

De esta manera, democratizar la educación, desde el sentido igualitario, infiere un proceso de concientización social hacia los derechos de todos los individuos, sin distinción de género, raza, nacionalidad, situación socioeconómica, ni mucho menos de una facultad física o mental del individuo. Este sentido de igualdad exige el diseño de un sistema educativo

estructurado con base en: el derecho constitucional de los ciudadanos a una educación de calidad en todos los niveles educativos, en igualdad de condiciones y oportunidades; transformar la manera en que las escuelas y otros contextos pedagógicos adaptan sus prácticas docentes; instituir medidas que permitan una educación accesible, especialmente hablando del costo de la enseñanza, es importante garantizar las oportunidades y el fácil acceso de los individuos a su formación (Victoriano, 2017; Infante, 2010).

Lamentablemente, el que los individuos puedan acceder a la educación en igualdad de oportunidades, no es precisamente muestra de inclusión y democratización de la educación, ya que la conceptualización de inclusión cambia en cada nivel educativo. Debido a esto, la aplicación de este concepto adquiere mayor complejidad dado que requiere articularse con las nociones de mérito y excelencia tan presentes. Sin embargo, la igualdad de oportunidades para acceder a las Instituciones de Educación Superior (IES), no asegura el éxito durante el tránsito por estas. Por tanto, el éxito debe ligarse a las condiciones académicas y organizativas creadas alrededor del proceso formativo del estudiante, logrando así la inclusión con aprendizaje. (Chiroleu, 2009).

La evaluación neurocognitiva es considerada como una prueba que se ocupa principalmente para aprendizaje y el comportamiento en relación con la función cerebral (Moreno *et al.*, 2022; Jiménez-Puig *et al.*, 2021). En esta la capacidad mental se evalúa mediante la valoración de los aspectos de la cognición como lo son la atención, la orientación y la memoria, entre otros. Para este estudio recurrimos a la Evaluación Cognitiva Montreal (MoCA), ya que este tipo de exámenes, involucran las habilidades cognitivas más importantes y aunque originalmente está diseñada como un instrumento para identificar a pacientes con deterioro cognitivo leve, o bien para cuantificar y darle seguimiento al progreso de enfermedades como la demencia, el Alzheimer u otras condiciones psiquiátricas. Para el presente trabajo fue de gran utilidad como herramienta que permitiera cuantificar el deterioro presente en la capacidad mental y el rendimiento de los estudiantes en diferentes áreas involucradas en el proceso del conocimiento.

Para el presente proyecto se tendrá como base la teoría histórico cultural de la formación de los procesos psíquicos y la teoría neuropsicológica de Vygotsky y Luria.

En el enfoque histórico-cultural, la actividad escolar requiere la participación de diferentes factores neuropsicológicos, los cuales se refieren a sectores cerebrales altamente especializados. Cada uno de ellos realiza su aporte de acuerdo con las acciones requeridas,

entre los que se encuentran: el de análisis y síntesis cinestésica, el de organización secuencial de movimientos y acciones, el de análisis y síntesis fonemática, el de regulación y control de la actividad, el de retención audio-verbal, el de retención visual y el de integración espacial, entre otros. La evaluación neuropsicológica se lleva a cabo con ayuda de procedimientos específicos, que consisten en la organización de la interacción entre el niño y el adulto.

Para lograr esto el presente proyecto planteó diseñar estrategias para el desarrollo de los factores neuropsicológicos como acciones primordiales que permitan a los alumnos del tercer cuatrimestre en situación vulnerable, terminar sus estudios de Técnico Superior Universitario (TSU), dentro de las carreras ofertadas en la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.

## Materiales y métodos

El presente trabajo fue aplicado a los alumnos de tercer cuatrimestre de las carreras ofertadas en la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora en sus dos campus (Gutiérrez Zamora y Altotonga). El estudio se realizó en dos etapas. La primera etapa de diagnóstico se realizó durante el periodo mayo-agosto 2022 y la segunda etapa de resultados se realizó durante septiembre-noviembre 2022. La muestra poblacional consistió para la primera etapa en 99 alumnos con un rango de edad entre 18 y 28 años, constituido por mujeres y hombres. Posteriormente se consideró una muestra poblacional del 20% considerando solamente aquellos alumnos con mayores problemas cognitivos.

## Evaluación Cognitiva Montreal

Para la aplicación de la primera etapa de diagnóstico se utilizó la evaluación cognitiva Montreal evaluando los dominios cognitivos de: atención y concentración; funciones ejecutivas, memoria, lenguaje, habilidades visoespaciales, razonamiento conceptual, cálculo y orientación. Se aplicaron las versiones alternas con la intención de disminuir los posibles efectos de aprendizaje cuando se utiliza de manera repetida en la misma persona (MoCA®, 2022; Ángel-Bocanegra *et al.*, 2019; Alvarado *et al.*, 2012). La aplicación de este instrumento constó de dos fases:

### Fase 1: Diagnóstico

Se realizó una reunión presencial con los docentes tutores del tercer cuatrimestre de Gutiérrez Zamora

y de manera virtual con los de la unidad académica Altotonga de las diversas carreras, para explicar el objetivo de este proyecto, además de establecer con ello las características de los alumnos para ser considerados como “alumnos con problemas de aprendizaje en el aula”.

Para poder identificar a los posibles casos vulnerables, se requirió que los docentes tutores del tercer cuatrimestre junto con los docentes pertenecientes a cada academia clasificaran a los alumnos considerando las siguientes características:

Alumnos que durante las clases:

1. “No interactúan con otros compañeros o no son incluidos por sus compañeros en las actividades grupales o en equipo”
2. “No logran realizar actividades conforme a las características solicitadas a pesar de haberseles explicado detalladamente”
3. “No entregan las actividades o tareas por no haber comprendido las instrucciones”

## Fase 2: Análisis de resultados

Después de documentar los primeros resultados encontrados y con el objetivo de descartar algunos factores que pudieran haber incidido en los dichos resultados, se realizó una nueva aplicación un mes después de la primera PRUEBA con la finalidad de validar la información obtenida.

Toda vez habiendo calificado la segunda aplicación, a los alumnos que presentaron diferencias significativas entre los resultados de la primera y la segunda prueba, se les realizó una entrevista personal para conocer los factores que pudieron haber incidido entre dichas aplicaciones.

En el caso de los alumnos cuyos resultados siguieron evidenciando ser los mismos y determinaron un probable trastorno cognitivo, se les programó la aplicación de una prueba más específica para evaluar los diferentes dominios cognitivos de manera más detallada y poder generar estrategias de apoyo psicopedagógico.

## Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA utilizando un valor  $p \leq 0.05$ , se realizó una comparación de medias a través de una prueba de Tuckey-Kramer, esto con ayuda del software estadístico Minitab en su versión 15.

## Resultados

### Fase 1: Diagnóstico

Se aplicó la prueba a un total de 99 alumnos en un rango de edad entre 18 y 28 años, de los cuales 58 son del sexo femenino y 41 del sexo masculino.

En la figura 1, se observan los promedios generales posterior a la aplicación de la prueba MoCA, donde se obtuvo un promedio general correspondiente a los 99 alumnos de  $22 \pm 3$ . Presentando solamente un 8 % del total de los alumnos con un puntaje superior a 26. Resultando en un 92 % con un deterioro cognitivo leve.

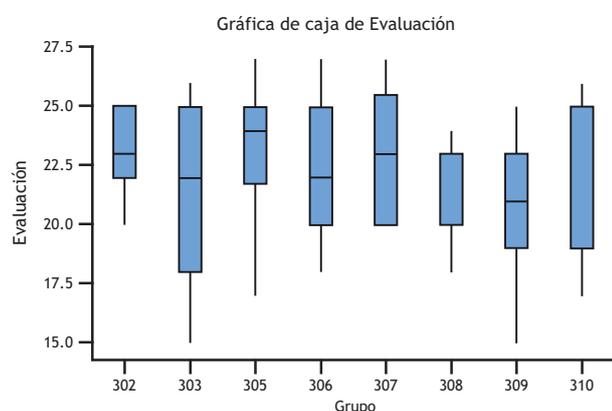
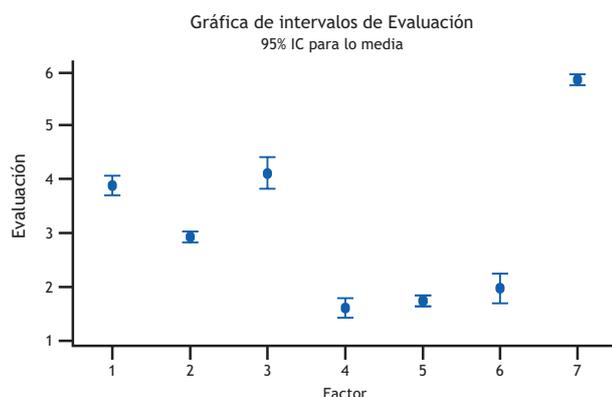


Figura 1. Gráfica de resultados de la aplicación de prueba MoCA.

Se observa también que el grupo 303 y 309 presenta los resultados más bajos de la prueba. Debido a que la prueba es capaz de evaluar cada una de las habilidades gerenciales, se realizó el análisis estadístico de forma individual.

En la figura 2 se muestran los resultados de cada habilidad, teniendo como factor 1: Visoespacial, factor 2: Denominación, factor 3: Atención, factor 4: Lenguaje, factor 5: Abstracción, factor 6: Recuerdo diferido y factor 7: Orientación. Se puede observar que las dos habilidades gerenciales que presentan mayores desviaciones son la atención y el recuerdo diferido.



Las desviaciones estándar individuales se utilizaron para calcular los intervalos.

Figura 2. Gráfica de resultados por factor de la aplicación de la prueba MoCA.

En la figura 3a se observan las interacciones entre la edad y el sexo con respecto a la atención. Se obtuvo que a determinadas edades el sexo del alumnado no es de relevancia, sin embargo, entre un rango de edad de 19 a 21 años se observa que los resultados obtenidos no son similares. Lo mismo sucede para el recuerdo diferido donde el alumnado del sexo masculino obtiene menores puntajes durante la aplicación de la prueba (figura 3b).

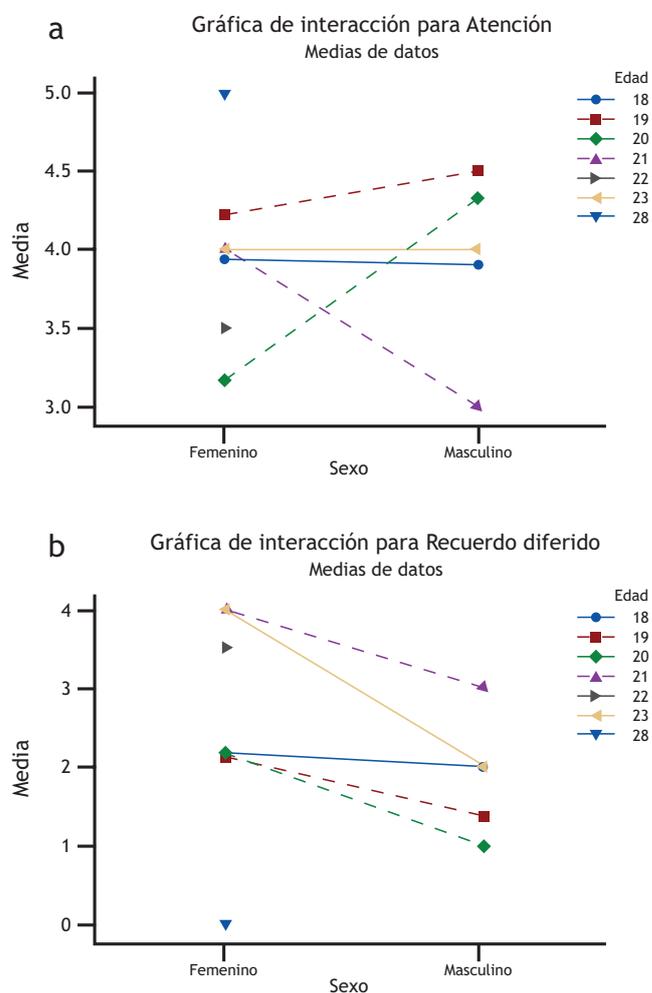


Figura 3. Gráficas del resultado correspondiente al factor de a) Atención, b) Recuerdo diferido

### Fase 2: Análisis de resultados

Una vez detectada la población con mayor deterioro cognitivo, se realizaron actividades que fueron aplicadas durante 2 meses. Posterior a las estrategias implementadas a la población inicial, se aplicó de nuevo la prueba MoCA evaluando las mismas habilidades. Se obtuvo un promedio general de  $23.69 \pm 3.65$  el cual

resultó no ser estadísticamente diferente al resultado anterior a la aplicación de las estrategias. Sin embargo, cabe recalcar que previo a la aplicación de los recursos, se tenía un 37 % de los alumnos con una calificación igual o menor a 20 puntos, obteniendo una reducción de este resultado del 50% posterior a la implementación de las estrategias.

Los resultados del análisis de cada habilidad evaluada se realizaron utilizando una comparación de medias entre el antes y después de la aplicación de las estrategias (gráficas de color amarillo). Encontrando que no hubo una diferencia estadística significativa (figura 4). A pesar de ello, podemos observar que en algunas habilidades aumenta el promedio general del grupo, como lo es “Atención, Lenguaje, Abstracción y Recuerdo diferido”.

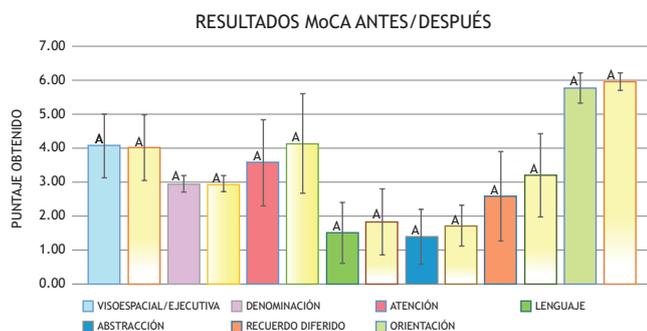


Figura 4. Gráfica de evaluación de MoCA antes y después de la aplicación de las estrategias.

## Discusión

El promedio general obtenido por el grupo poblacional posterior a las estrategias implementadas aún resultó ser menor a lo reportado en otros grupos poblacionales, por ejemplo, Vellal & Shankar (2018), reportan una media en alumnos universitarios sin problemas de aprendizaje de 28, mientras que en alumnos usuarios crónicos de marihuana reportaron una media de 24.

A pesar de no encontrar diferencias significativas entre el antes y después de la aplicación de las estrategias, se logró aumentar la media general del grupo poblacional, disminuyendo en un 50% los puntajes por debajo de 20. Wang (2022) demostró que posterior a 3 meses de intervención se logran mejorar los resultados de la prueba MoCA en alumnos universitarios, logrando alcanzar puntajes de  $28.59 \pm 1.02$ , esto lo logró implementando estrategias para disminuir la ansiedad de su grupo poblacional.

Es importante resaltar que existieron “cambios” presentados por el grupo poblacional, se considera que esto se debió a que algunas de las formas de analizar las funciones ejecutivas, se realiza a través de la resolución de problemas verbales y no verbales, laberintos, torres de bloques, cartas u ordenamiento de objetos entre otros, que de manera general tienen como objetivo evaluar destrezas como la memoria de trabajo, flexibilidad mental, inhibición, fluidez y razonamiento abstracto.

En este sentido se considera que el tiempo que se utilizó para aplicar las estrategias apropiadas de acuerdo con el resultado de la primera etapa, fue relativamente corto, considerando que se trabaja por cuatrimestre y que el alumno en su carga horaria no cuenta con espacio para realizar actividades extra-clase de este tipo. Debido a que permanece ocho horas diarias en la universidad; sin embargo, aun así, se lograron avances en los factores que presentaban una baja puntuación; los cambios son visibles en áreas como recuerdo diferido y atención, los cuales tomando en consideración la dinámica de los jóvenes en la actualidad, donde utiliza en todo momento el celular, (desde que se levanta hasta que medio duerme), donde “lee” aun sin comprender e incluso realiza sus tareas, por lo que podríamos considerar que esta como otras conductas, han contribuido al bajo desarrollo de dichas funciones ejecutivas. Por lo que se considera que, si las estrategias implementadas se establecieran por tiempos más prolongados, podría haber cambios estadísticamente significativos.

## Conclusiones

La aplicación de la prueba MoCA funciona como un recurso de detección de deficiencias cognitivas en las Instituciones de Educación Superior, permitiendo canalizar y aplicar estrategias que ayuden a los alumnos a subsanar dichas deficiencias, generando con ello la disminución de la deserción escolar. Este tipo de estrategias basadas en actividades que faciliten el aprendizaje podrían aplicarse a estudiantes que cursen desde el nivel básico al nivel medio superior, pues garantizan el desarrollo de ciertas funciones y aptitudes que ayudan al buen desempeño académico de los estudiantes. Lo que generaría alumnos con mejores habilidades de aprendizaje, pues estas podrían ser más agudas y apropiadas para la comprensión y entendimiento de los temas acordes a su formación profesional.

## Contribución de los autores

EBP, redacción y análisis de datos.

BLOR, diseño del trabajo, redacción y recolección de datos.

NMGM, recolección de datos.

IHM, redacción y análisis de datos.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Alvarado Fernández, V., Arroyo Sánchez, G. D. J., Castro Ulloa, G., Fuentes Ocampo, F., Marín Castro, J. P., Soto Montero, G., & Zumbado Vásquez, M. F. (2012). Impacto que tiene la falta de sueño sobre las habilidades cognitivas de una población de estudiantes de medicina. *Medicina Legal de Costa Rica*, 29(2), 19-38.
2. Ángel Bocanegra, E., Botache Martínez, K., & Vega Marín, N. P. (2019). Funciones cognitivas, satisfacción con la vida y capacidad aeróbica en universitarios.
3. Bausela Herreras, E. (2014). Funciones ejecutivas: nociones del desarrollo desde una perspectiva neuropsicológica. *Acción psicológica*, 11(1), 21-34.
4. Cabello, M. (2007). Discapacidad y dificultades de aprendizaje: Una distinción necesaria. *Revista de Investigación*, 31(62), 055-070.
5. Cerda, G., Perez, C., Romera, E. M., Ortega-Ruiz, R., & Casas, J. A. (2017). Influence of cognitive and motivational variables in academic mathematics performance in Chilean students. *EDUCACION XX1*, 20(2), 365-385.
6. Chiroleu, A. (2013). Políticas públicas de Educación Superior en América Latina: ¿democratización o expansión de las oportunidades en el nivel superior?. *Espacio abierto*, 22(2), 279-304.
7. De la Torre, B. A. T., Gallegos, J. C. P., Juárez, A. D. L. Á. C., de la Torre, A. Z., Vega, G. C., & Arriaga, J. C. P. (2017). Análisis de la Inclusión en la Educación Superior en México. Una propuesta de Indicadores: Analysis of Inclusion in Higher Education in Mexico. A proposal of indicators for Accrediting Organizations. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, 4(2), 35-51.
8. Díaz, D. C. R., Vargas, N. Y. Á., & Otálora, M. M. V. (2020). Atención, memoria y funciones ejecutivas en estudiantes en prueba académica de ingeniería ambiental y mecatrónica. *Enfoques*, 3(1), 78-96.
9. Evaluación Cognitiva Montreal Montreal. Cognitive Assessment (MoCA) (mayo, 2022). <https://catch-on.org/wp-content/uploads/2016/12/MoCA-Test-Spanish.pdf>
10. Gutiérrez-Ruiz, K., Paternina, J., Zakzuk, S., Mendez, S., Castillo, A., Payares, L., & Peñate, A. (2020). Las funciones ejecutivas como predictoras del rendimiento académico de estudiantes universitarios. *Psychology, Society & Education*, 12(3), 161-174.
11. Infante, M. (2010). Desafíos a la formación docente: inclusión educativa. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(1), 287-297.
12. Jiménez, J. E., Guzmán, R., Rodríguez, C., & Artilles, C. (2009). Prevalencia de las dificultades específicas de aprendizaje: la dislexia en español. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 25(1), 78-85.
13. Jiménez-Puig, E., Fernández-Fleites, Z., Broche-Pérez, Y., & Abreu-Ferrer, R. C. (2021). Instrumentos para la evaluación neurocognitiva del adulto mayor. Una revisión sistemática. *Neurama Revista de Psicogerontología*, 8(1), 53-62.
14. López-Cárdenas, M. J., & Ramos-Galarza, C. (2020). Propuesta de Una Escala de Valoración de Las Funciones Ejecutivas en Universitarios. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 29(3), 40-48.
15. Luria A. (1984). *El cerebro en acción*. España: Ediciones Martínez Roca, S. A.
16. Mendoza M. E. (2016). "Análisis Neuropsicológico del potencial creativo en jóvenes universitarios"

- [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México
17. Moreno, M., Querejeta, A., Godoy, J. C., Sarquís, Y. F., Fontana, E., Marengo, L., & Montero, L. (2022). Revisión de instrumentos de evaluación neurocognitiva validados para población argentina. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 16(1).
  18. ONU. (2015). La ONU y el derecho de estado. (20 de septiembre de 2022). <https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-educational-scientific-and-cultural-organization/>
  19. Sánchez Lissen, E., & Sianes Bautista, A. (2021). Ley General de Educación Superior de México. Calidad, inclusión social, gratuidad y obligatoriedad de la enseñanza superior: criterios que sostienen una ley. *Revista Española de Educación Comparada*, 39, 286-299.
  20. Secretaría de Educación Pública (2019). Foros estatales de consulta. Del anteproyecto de la Ley General de educación Superior, (4 de abril de 2022). [https://www.educacionsuperior.sep.gob.mx/pdfs/foros\\_lges19.pdf](https://www.educacionsuperior.sep.gob.mx/pdfs/foros_lges19.pdf)
  21. Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. *Handbook of creativity*, 1(3-15).
  22. Veas Iniesta, A., López López, J. A., Gilar Corbi, R., Minano Perez, P., & Castejon Costa, J. L. (2017). Differences in cognitive, motivational and contextual variables between under-achieving, normally-achieving, and over-achieving students: A mixed-effects analysis. *Psicothema*.
  23. Vellal, S., NR, R. M., & Shankar, S. H. (2018). Effect of Chronic Marijuana Use on Cognition: A CrossSectional Study-Among College Students in Urban Bengaluru. *RGUHS National Journal of Public Health*, 3(3).
  24. Victoriano Villouta, E. (2017). Facilitadores y barreras del proceso de inclusión en educación superior: la percepción de los tutores del programa Piñe-UC. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 43(1), 349-369.
  25. Vilorio, A. A. (2015). Las tecnologías de la información (TIC) como recurso didáctico para el aprendizaje de la ortografía en la II etapa de educación básica. *Etic@ net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 15(1), 134-162.
  26. Wang, Y. (2022). Cooperative education strategy of track and field teaching in colleges and universities and its impact on college students' psychological anxiety. *Psychiatria Danubina*, 34(suppl1), 555-557.



ARTÍCULO ORIGINAL

## Instalación de un sistema fotovoltaico autónomo para alimentación de un sistema de riego

**Francisco Tomás Cessa Valdés<sup>1</sup>, Diego Armando Navarrete Huesca<sup>1</sup>, Verónica López Hernández<sup>1</sup>, Rosa Celia Suárez Jacobo<sup>1</sup>, Luis Donald Marcos de la Cruz<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952

Fecha de recepción: 24 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 16 de diciembre de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Instalación fotovoltaica  
Sistema de riego  
Equipos de bombeo e  
iluminación  
Energía renovable

### Resumen

La energía solar fotovoltaica es considerada como la de mayor disponibilidad dentro de las energías renovables, esto se debe a la presencia de radiación solar en gran parte del planeta. En México, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Renovable, hay una producción energética de 5.5 Kw/h/m<sup>2</sup>, esto debido a que se encuentra entre 15° y 35° de latitud por lo que es considerada una zona altamente favorecida por el recurso solar. El principal uso de la energía fotovoltaica se pueden ver principalmente, en donde no se tiene acceso a la energía eléctrica suministrada por las plantas termoeléctricas o centrales de ciclo combinado, donde son instalados sistemas fotovoltaicos aislados que tienen como principal característica utilizar baterías para almacenar la energía eléctrica transformada por los módulos fotovoltaicos para posteriormente ser utilizada en sistemas de bombeo, aparatos electrodomésticos, dispositivos electrónicos, etc. Por tal motivo en el presente proyecto se describe el diagnóstico, dimensionamiento y análisis de viabilidad económica de una instalación fotovoltaica aislada para equipos de bombeo e iluminación con el objetivo de utilizar un sistema de riego en el área de cocotero de la carrera de Agrobiotecnología de la UTGZ, mismos que equivalen a una potencia eléctrica de 1034 watts, para lo cual fue necesario instalar 6 módulos fotovoltaicos de 160 w, 6 baterías de 115 Ah con su respectivo controlador de carga e inversor de corriente necesario para suministrar energía alterna a los equipos. Los resultados de los indicadores son: Valor Presente Neto \$99,350.55 Análisis Costo Beneficio \$1.42, Tasa interna de retorno 21.85% y el periodo de recuperación de la inversión es de 8 años 3 meses.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.2.35.44>

**Correspondencia:** Francisco Tomás Cessa Valdés. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora Prol. Dr. Miguel Patiño s/n, CP. 93500, Gutiérrez Zamora Ver. México. Teléfono: (766) 845-1952. Correo electrónico: francisco.cessa@utgz.edu.mx

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados.

## PALABRAS CLAVE

Photovoltaic installation  
Irrigation system  
pumping and lighting  
equipment  
Renewable energy

## Abstract

The most available renewable energy is the photovoltaic solar energy in the world due to high solar radiation. According to the International Renewable Energy Agency, around 5.5 Kw/h/m<sup>2</sup> is produced in Mexico, because of latitude 15°-35°. The best use of this type of energy is in the places that not have conventional electricity. It means that energy is obtained by isolated photovoltaic systems, which are used in water pumps, power supply of household appliances and basic activities in a home. For this reason, in this paper is described diagnosis, dimensioning and economic viability analysis of an isolated photovoltaic installation for pumping and lighting equipment, the aim was to have an irrigation system in the “cocotero place” of university career agrobiotechnology. The installation of six photovoltaic modules with 160 W, six piles with 115 A, reached an electrical power of 1034 watts. The project results were net present value \$99,350.55, cost benefit analysis \$1.42, internal rate of return 21.85% and the investment recovery period is 8 years 3 months.

## Introducción

La energía solar fotovoltaica es considerada como la de mayor disponibilidad dentro de las energías renovables, esto se debe a la presencia de radiación solar en gran parte del planeta, en México, de acuerdo con la International Renewable Energy Agency (IRENA), se reciben diariamente 5.5 Kw/h/m<sup>2</sup>, esto debido a que se encuentra entre 15° y 35° de latitud por lo que es considerada una zona altamente favorecida por el recurso solar, IRENA (2015).

Toda esta energía se manifiesta de diferentes maneras en el entorno y, por lo tanto, existen múltiples formas de utilizarla. Una de ellas es la llamada energía solar fotovoltaica que consiste en el uso de una célula fotovoltaica en la que los fotones de luz solar alcanzan la superficie y el flujo de electrones crea una corriente eléctrica, Souza (2020).

En la UTGZ existe un área destinada para realizar prácticas de campo experimentales de la carrera de agrobiotecnología, las cuales consisten en el cultivo de algunas especies de plantas que demandan algunos recursos para su crecimiento, entre estos recursos se encuentra el suministro de agua. Al no contar con algún sistema de riego por gravedad se vuelve de vital necesidad contar con equipos de bombeo para alimentar el sistema de riego de dicha área, los cuales demandan energía que puede provenir de hidrocarburos como lo

son la gasolina, diésel o energía eléctrica, siento esta última limitada por su disponibilidad, ya que el área experimental se encuentra alejada de cualquier punto de conexión al suministro eléctrico proporcionado por CFE.

Las energías renovables han tomado impulso en los últimos años por lo que para darle solución al problema se debe explorar en las energías renovables como alternativa de solución y por la disponibilidad de recursos, las energías más disponibles en la zona de instalación son la energía eólica y la energía solar fotovoltaica, ya que esta tecnología tiene el potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, FAO (2020) mismos que son los responsables de atrapar y resguardar el calor proveniente del sol en el planeta, EPA (2022) y a su vez, en altas concentraciones aceleran el proceso de cambio climático (Mendoza y Jiménez, 2017).

De acuerdo al trabajo de Chávez (2019), los sistemas fotovoltaicos aislados tienen la capacidad de almacenar por medio de baterías la energía eléctrica transformada por los paneles fotovoltaicos, se sabe que dichos sistemas transforman energía solar en energía eléctrica durante las horas de funcionamiento y si no hay demanda se va acumulando en las baterías para su uso posterior.

La realización del presente trabajo tuvo por objetivo la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo

para la carrera de agrobiotecnología en el área de cocotero para fortalecer el suministro eléctrico con energías alternativas.

Para el trabajo, se dimensionó el sistema de acuerdo a las necesidades energéticas, tomando en cuenta el área en la que se instalaron los paneles fotovoltaicos, encontrando algunas limitaciones en la cimentación de las estructuras que soportan los paneles fotovoltaicos, también se calculó la puesta a tierra necesaria para la protección de la instalación.



Fig. 1 Instalación que representa el sistema fotovoltaico propuesto.

En torno a ello, la Consultora Energías renovables y Eficiencia Energética (2012, p.1), señala lo siguiente:

El ciclo de vida de los proyectos energéticos suele dividirse en las siguientes fases: 1ª) desarrollo, 2ª) construcción y 3ª) operación.

Cada una de las fases planteadas puede ser considerada un proyecto en sí atendiendo la definición más formal vista anteriormente. En cada fase se buscaría un producto o resultado único.

**METODOLOGIA**

El proyecto fue realizado en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora en el periodo enero - abril 2022, en el cual para desarrollar el diagnóstico, dimensionamiento, conexión del sistema y la viabilidad económica se siguió la metodología como se describe a continuación:

**Diagnóstico energético**

Se realizó una revisión técnica de los equipos de bombeo para determinar la potencia demandada por los mismos, siendo este el punto de partida para la selección de los componentes que conformaron el

sistema fotovoltaicos; esto se llevó a cabo revisando las fichas técnicas y placas de los motores eléctricos que impulsan las bombas, dando como resultado una potencia de 373 watts de la bomba 1, 373 watts de la bomba 2 y 250 watts del sistema de iluminación, dando un total de 996 watts de potencia demandada Vázquez (2018).

**Determinación de consumo eléctrico**

Después de diagnosticar la potencia requerida por el sistema, se determinó el consumo demandado por los equipos eléctricos en términos de potencia-tiempo, es decir los watts-hora diarios que deberá cubrir el sistema fotovoltaico, para ello se multiplicó la potencia de los equipos por el tiempo de uso diario de los mismos, Vázquez (2018, pp.32), para ello se muestra la tabla siguiente.

Tabla 1. Determinación de demanda energética.

Equipo	Potencia	Horas de consumo	Demanda energética
Bomba 1	373 watts	2.5 horas	932.5 Wh
Bomba 2	373 watts	2 horas	746 Wh
Iluminación	250 watts	2.5 horas	625 Wh
	Total		2303.5 Wh

**Determinación de la potencia fotovoltaica**

Para determinar la potencia fotovoltaica a instalar se multiplicó la demanda energética por 1.25, este valor es determinado contemplando el 25 % de pérdidas en la transformación y distribución de la energía, el resultado de esta multiplicación se dividió entre el valor de la hora solar pico específica del lugar donde se instaló el sistema. Este dato se obtuvo de la aplicación Solar Radiation Finder AnglerFishApps (2017), se debe seleccionar el valor mínimo debido a que esto nos asegura que aún en el mes con menor radiación solar se podrá cubrir la demanda energética. El procedimiento dio como resultado 950.29 watts.

**Cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar**

La cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios para realizar la instalación se determinó dividiendo la potencia fotovoltaica entre la potencia de los paneles fotovoltaicos, en este caso los paneles fotovoltaicos elegidos debido a su bajo costo fueron los QXPV modelo SLI60TV-18P con 36 celdas y potencia de 160 watts. Después de dividir la potencia de 950.29 watts sobre los 160 watts, dio como resultado 5.94.

Debido a que los módulos fotovoltaicos se instalan en unidades completas, fue necesario redondear este resultado al inmediato superior que para este caso fue de seis módulos fotovoltaicos, Vázquez (2018, pp.36).

### Selección del inversor

Para seleccionar el inversor se consideró el consumo máximo el cual está determinado por la suma de las potencias de todos los equipos, considerando para las bombas, un factor de seguridad de 3, por la energía demandada en el arranque, Vázquez (2018, pp.40).

### Cantidad de baterías necesarias

En el caso del cálculo de la cantidad de baterías necesarias para la instalación, se determinó, primeramente, seleccionando la tensión eléctrica del sistema, para este caso se eligen 24 volts debido a la potencia entregada por el inversor a esta tensión.

Después se calculó la cantidad de baterías conectadas en paralelo, esto se realizó determinando los Amperes-hora diarios, para ello se dividió la energía diaria requerida sobre la eficiencia del inversor, este resultado se dividió sobre el voltaje del sistema, dando como resultado final 130 Amperes-hora. El siguiente paso es determinar el arreglo de las baterías, para calcular las baterías en paralelo se multiplican los Amperes-hora diarios por los días de autonomía, el resultado se divide entre la profundidad de descarga y este último resultado se divide sobre la capacidad de la batería, dando como resultado 3 baterías; los datos para este cálculo son 1 día de autonomía, profundidad de descarga del 50% y capacidad de la batería 115 Ah, Vázquez (2018, pp.41).

Para determinar las baterías en serie se divide la tensión del sistema sobre la tensión de la batería, considerando una tensión del sistema de 24 V y una tensión de las baterías de 12 V, el resultado es 2 baterías en serie.

En base a estos cálculos y considerando las especificaciones de los equipos requeridos la conexión del banco de baterías es de 3 cadenas de 2 baterías en serie conectadas en paralelo.

### Selección de conductor

Para determinar el calibre de los conductores se consideran la máxima y mínima temperatura histórica registrada en la localidad, en el caso de Gutiérrez Zamora es de 2°C como mínima y 46°C como máxima, Vázquez (2018, pp.44). Se considera que en

instalaciones fotovoltaicas se utiliza cable fotovoltaico o cable tipo THHW-LS.

Después se divide el sistema en circuitos:

Circuito 1 Del panel al controlador.

Circuito 2 Del controlador al banco de baterías.

Circuito 3 Del banco de baterías al inversor.

Circuito 4 Del inversor al centro de cargas en CA.

Ahora bien, el cálculo del conductor se realiza de 2 métodos; la primera es por ampacidad para determinar la corriente que transportará el conductor y la segunda es por caída de voltaje, esto para verificar que el conductor no tendrá pérdidas considerables dependiendo la distancia de los componentes, Vázquez (2018, pp.44).

Para calcular la ampacidad se consideran 2 factores de corrección: Factor de agrupamiento (FA) y Factor de temperatura (FT) esto nos permitirá seleccionar el calibre de conductor adecuado considerando que soportará dentro de las canalizaciones las altas temperaturas que lleguen a presentarse en el medio ambiente.

El FA se considerará cuando haya 3 o más conductores transportadores de corriente en la canalización, en este caso solo hay 2 conductores portadores de corriente y no estarán canalizados por lo que se considera 100% o igual a 1, el FT en base a la tabla 310-15(b)(2)(a) considerando la máxima temperatura histórica de 46°C, por lo que el FT es igual a 0.75. Esto para todos los circuitos, Vázquez (2018, pp.46).

Para el circuito 1 por método de impedancia se determina la corriente de diseño, esto multiplicando la corriente de corto circuito de un módulo (9.04 A) por 1.56 que expresa un factor de seguridad que considera que los conductores no transporten más del 80% de corriente que soportan y los días en que la temperatura ambiente será elevada; Corriente de diseño igual a 14.10 A. Después a eso se selecciona el conductor calibre 8 tipo THHW-LS.

Posteriormente se determina la corriente corregida considerando la corriente que tolera el conductor (50 A) multiplicado por los factores de agrupamiento (FA) y factor de temperatura (FT); la Corriente corregida es igual a 37.5 A.

Ahora, para verificar que el calibre seleccionado es el adecuado se comprueba con el método de caída de voltaje, para ello se multiplica la corriente máxima del circuito (16.9 A) por la distancia en km de los componentes (0.01 km) por la resistividad del

conductor por Km ( $2.653 \Omega/\text{km}$ ) esto a su vez por 2 y todo dividido entre el voltaje máximo del circuito ( $56.79 \text{ V}$ ) y el resultado se multiplica por 100 dando como resultado 1.578% demostrando que el calibre de conductor es adecuado pues no excede el 2% como límite que establece la NOM-001-SEDE-2012.

Para el circuito 2 se considera igual el calibre 8 tipo THHW-LS. La corriente de diseño se considera la corriente de corto circuito de las cadenas de paneles ( $18.08 \text{ A}$ ) multiplicadas por el factor de seguridad 1.56, entonces la corriente de diseño es igual a  $28.20 \text{ A}$ .

La corriente corregida se determina igual que en el circuito 1, por lo que es igual a  $37.5 \text{ A}$ .

Por el método de caída de voltaje se multiplica la corriente máxima del circuito que es la corriente que entra desde los paneles ( $16.9 \text{ A}$ ) por la distancia entre los componentes del circuito en km ( $0.006 \text{ km}$ ) por la resistencia por km del conductor ( $2.653\Omega/\text{km}$ ) por 2, todo dividido por el voltaje máximo del circuito el cual es el que entra de los paneles ( $56.79 \text{ V}$ ) y el resultado se multiplica por 100 dando como resultado 0.94% demostrando que el calibre del conductor es el adecuado, Vázquez (2018, pp.53).

En el circuito 3 se consideran diferentes variables para el cálculo, primero se determina la potencia de diseño del inversor dividiendo su potencia entre su eficiencia ( $2717.4 \text{ W}$ ) y después se divide entre el voltaje del sistema ( $24 \text{ V}$ ) y se multiplica por el factor de seguridad de 1.25 dando como resultado la corriente de diseño del inversor de  $141.53 \text{ A}$ .

En base a la corriente de diseño se selecciona el calibre 3/0 tipo THHW-LS y se obtiene su corriente corregida multiplicando la ampacidad que soporta ( $200 \text{ A}$ ) por el FT ( $0.75$ ) resultando una corriente corregida de  $150 \text{ A}$ .

Por el método de caída de voltaje se considera la corriente máxima del inversor ( $113.21 \text{ A}$ ) por la distancia entre los componentes en km ( $0.004\text{km}$ ) por la resistividad del conductor por km ( $0.261\Omega/\text{km}$ ) por 2, todo dividido entre el voltaje del sistema ( $24 \text{ V}$ ) y el resultado se multiplica por 100, obteniendo una caída de voltaje de 0.99%.

Para el circuito 4 la corriente de diseño se determina multiplicando la corriente máxima de salida del inversor ( $20.83 \text{ A}$ ) por el factor de seguridad de 1.25 obteniendo una corriente de diseño de  $26.03 \text{ A}$ . En base a ello se selecciona el calibre 8 tipo THHW-LS. Se multiplica la ampacidad que tolera el conductor ( $50 \text{ A}$ ) por FT obteniendo una corriente corregida de  $37.5 \text{ A}$ .

Por caída de voltaje se multiplica la corriente máxima de salida del inversor ( $20.83 \text{ A}$ ) por la distancia del inversor hasta el tablero en CA en km ( $0.016 \text{ km}$ ) por la resistencia del conductor por km ( $2.653\Omega/\text{km}$ ) por 2, todo dividido entre el voltaje de salida del inversor y el resultado se multiplica por 100, obteniendo una caída de voltaje de 1.47% demostrando que el calibre del conductor es adecuado.

### Cálculo de protecciones del sistema

En el cálculo de las protecciones del sistema se consideran los dispositivos de protección contra sobretensiones para proteger al sistema en contra de descargas atmosféricas y los dispositivos de protección contra sobrecorrientes las cuales protegen al sistema en contra de cortocircuitos, Vázquez (2018, pp.59).

Para calcular el dispositivo contra sobretensiones primero se determina un factor de corrección de acuerdo a la tabla 690-7 de la NOM-001-SEDE-2012 contemplando la temperatura mínima histórica de la localidad en este caso el factor de corrección es (1.10), ahora se multiplica el voltaje de máxima potencia de cada módulo por el número de módulos FV conectados en serie por el factor de corrección proporcionado por la tabla 690-7. La protección contra sobrecorriente se calcula multiplicando la corriente en corto circuito de un módulo FV por la cantidad de cadenas conectadas en paralelo y por último se multiplica por un factor de corrección de 1.56.

En el circuito 1 se selecciona el dispositivo contra sobretensiones DPCS multiplicando el voltaje de máxima potencia de un módulo ( $18.93 \text{ V}$ ) por los módulos conectados en serie (3 módulos) por el factor de corrección proporcionado de la tabla 690-7 (1.10), resultando  $62.46$  voltios, Vázquez (2018, pp.40).

Como comercialmente existen solo DPCS de  $500 \text{ V}$  y  $1000 \text{ V}$  seleccionamos el más cercano a nuestro resultado el de  $500 \text{ V}$ .

El dispositivo de protección contra sobrecorriente se calculó multiplicando la corriente en cortocircuito de un módulo ( $9.04 \text{ A}$ ) por el número de cadenas en paralelo (2) y por el factor de protección (1.56) resultando un total de  $28.20 \text{ A}$ .

Entonces para el circuito 1 es necesario un DPCS de  $30 \text{ A}$  de  $500 \text{ V}$  en CD.

En el circuito 2 el DPCS se calculó multiplicando la corriente en corto circuito de un módulo ( $9.04$ ) por la cantidad de cadenas conectadas en paralelo (2) por el factor de corrección (1.56) resultando  $28.20 \text{ A}$ .

Entonces para el circuito 2 es necesario un DPCS de 30 A de 500 V en CD.

En el circuito 3 se determinó el DPCD en base a la corriente del inversor; esto dividiendo la potencia (2500 W) entre el voltaje de entrada CD (24 V) y multiplicado por el factor de protección (1.56) resultan do una corriente total de 162.489 A.

Entonces el DPCS para el circuito 3 es de 160 A de 500 V en CD.

En el circuito 4 se calculó el DPCS en base a la corriente máxima de salida del inversor dividiendo la potencia (2500 W) entre el voltaje de salida del inversor (120 V) multiplicado por el factor de protección (1.25) resultando una corriente de 26.0375 A. Enton ces el DPCS del circuito 4 es de 30 A de 500 V en CA.

Por último, para determinar la viabilidad utilizaremos los siguientes indicadores económicos:

Tasa Interna de Retorno: de acuerdo con Flórez (2015) es la rentabilidad del proyecto considerándose el porcentaje de pérdida o beneficios que tendrá dicho negocio.

$$TIR = I_1 + \left[ \frac{VP \cdot (i_2 - i_1)}{VP + IVNI} \right]$$

- TIR = Tasa interna de retorno.
- VP = Es el VAN (positivo) a la tasa de actualización baja  $i_1$ .
- IVNI = Es el VAN (negativo) a la tasa de actualización baja  $i_2$ .
- $i_1$  = Tasa de actualización donde el VAN es positivo.
- $i_2$  = Tasa de actualización donde el VAN es negativo.

El Valor Presente Neto Consiste en la actualización de los flujos de un proyecto para saber si se gana o pierde, Morales (2021).

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Qn}{(1 + TIR)^n} - I = 0$$

- Donde:
- $Qn$  = es el flujo de caja en el periodo  $n$ .
- $n$  = es el número de periodos.
- $I$  = es el valor de la inversión inicial.

El análisis costo beneficio medir la relación que existe entre los costes de un proyecto y los beneficios que otorga, Vázquez (2016).

$$\frac{B}{C} = \text{Relación} \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

- $r$  = Costo de Oportunidad del Capital.
- $N$  = Último año del periodo de analisis financiero del proyecto.
- $I_0$  = Ingreso Inicial.
- $Y_i$  = Ingresos brutos del proyecto.
- $c_i$  = Costos del proyecto.

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) o payback, es el tiempo que tarda una empresa en recuperar el costo de su inversión original en un proyecto, cuando el flujo de efectivo neto es igual a cero.

$$PRI = A + \left( - \frac{B}{C} * 12 \right)$$

$$PRI = A \text{ años} + \left( - \frac{B}{C} * 12 \right) \text{ meses}$$

- A: Años del ultimo flujo negativo.
- B: Último valor Fijo Neto Acumulado (-), del año A.
- C: Primer Flujo Neto Descontado (Después de A).

### Resultados

A continuación, se presentan los resultados del dimensionamiento y la conexión del sistema. Véase Fig. 2.

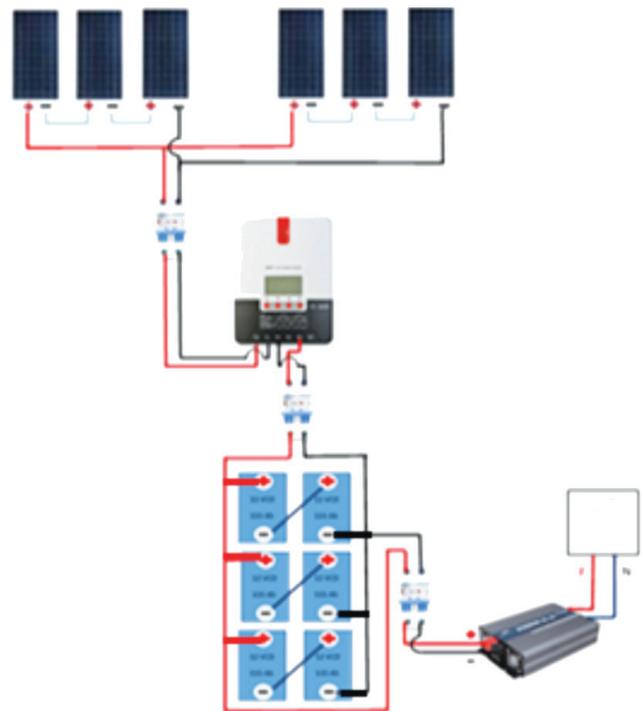


Fig.2 Dimensionamiento y conexión del sistema propuesto. Elaboración propia.

Interpretación de la Figura 2: De acuerdo a los resultados de los cálculos del sistema fotovoltaico, el dimensionamiento y la conexión se representa con la configuración 3S-2P a 24 V, correspondiente a la conexión del sistema fotovoltaico autónomo, el cual consta de dos cadenas de paneles conectadas en paralelo y cada cadena está formada de tres módulos fotovoltaicos conectados en serie, entre el panel y

el controlador se conectó una caja combinadora que contendrá un dispositivo de protección contra sobre corriente DPCS de 30 A 500 V en CD. También se conectó una protección entre el controlador y las baterías de 30 A de 500 V en CD, entre las baterías y el inversor se derivó otra protección de 160 A de 500 V en CD. Como resultado del inversor en el circuito de CA el DPCS es de 30 A de 500 V en CA. El controlador es del tipo MPPT, las baterías son de plomo-ácido configuradas a 24 V y el inversor tiene entrada a 24 V de CD y salida a 120 V de CA.

Por último, se detallan los flujos de efectivo esperados de la instalación del sistema fotovoltaico a 25 años. Tabla 2.

Tabla 2. Flujos de efectivo esperados.

Año	Flujo de efectivo	Tasa (1+t) <sup>-n</sup>	Flujos actualizados	Flujo neto acumulado
Año 0	<b>-\$234,981.70</b>	1	<b>-\$234,981.70</b>	
Año 1	\$51,721.00	0.8695652	\$44,974.78	-\$190,006.92
Año 2	\$51,721.00	0.7561437	\$39,108.51	-\$150,898.41
Año 3	\$51,721.00	0.6575162	\$34,007.40	-\$116,891.01
Año 4	\$51,721.00	0.5717532	\$29,571.65	-\$87,319.36
Año 5	\$51,721.00	0.4971767	\$25,714.48	-\$61,604.89
Año 6	\$51,721.00	0.4323276	\$22,360.42	-\$39,244.47
Año 7	\$51,721.00	0.375937	\$19,443.84	-\$19,800.63
Año 8	\$51,721.00	0.3269018	\$16,907.69	-\$2,892.94
Año 9	\$51,721.00	0.2842624	\$14,702.34	\$11,809.39
Año 10	\$51,721.00	0.2471847	\$12,784.64	\$24,594.03
Año 11	\$51,721.00	0.2149432	\$11,117.08	\$35,711.11
Año 12	\$51,721.00	0.1869072	\$9,667.02	\$45,378.14
Año 13	\$51,721.00	0.162528	\$8,406.11	\$53,784.24
Año 14	\$51,721.00	0.1413287	\$7,309.66	\$61,093.90
Año 15	\$51,721.00	0.1228945	\$6,356.23	\$67,450.13
Año 16	\$51,721.00	0.1068648	\$5,527.15	\$72,977.28
Año 17	\$51,721.00	0.0929259	\$4,806.22	\$77,783.50
Año 18	\$51,721.00	0.0808051	\$4,179.32	\$81,962.82
Año 19	\$51,721.00	0.0702653	\$3,634.19	\$85,597.02
Año 20	\$51,721.00	0.0611003	\$3,160.17	\$88,757.18
Año 21	\$51,721.00	0.0531307	\$2,747.97	\$91,505.15
Año 22	\$51,721.00	0.0462006	\$2,389.54	\$93,894.70
Año 23	\$51,721.00	0.0401744	\$2,077.86	\$95,972.56
Año 24	\$51,721.00	0.0349343	\$1,806.84	\$97,779.39
Año 25	\$51,721.00	0.0303776	\$1,571.16	\$99,350.55
	\$1,058,043.30		\$99,350.55	

Tabla 3. Resultados de indicadores.

Resultados de indicadores	
VAN	\$99,351
TIR	21.85%
B/C	1.42
PERIOD. RECUP. (PRI) AÑOS	8 AÑOS
PERIOD. RECUP. (PRI) MESES	3

Interpretación tabla 3: De acuerdo a los resultados obtenidos en los indicadores financieros proyectados a 25 años con una Tasa de actualización del 10%, se determina la viabilidad del proyecto, ya que presenta un Valor Presente Neto de \$99,351 recuperando la inversión, La tasa Interna de retorno, significa el porcentaje mínimo de recuperación esperado y debe ser positivo dando un 21.85%. De la misma manera la relación Beneficio-Costo indica que por cada peso invertido este recupera \$1.42 y el periodo de recuperación es de 8 años, 3 meses.

Por último, es importante mencionar que, de acuerdo a la Ley del Impuesto Sobre la Renta (Título II, Capítulo II, Sección II, Artículo 34 XIII) y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Título I, Capítulo IV, Sección III, Artículos 21, 22 y 22bis), uno de los beneficios fiscales consiste en la depreciación acelerada para inversiones que reporten beneficios ambientales. Esto permite una deducción fiscal del 100% en un solo año y por lo tanto disminuye la base gravable para la empresa.

## Discusión

Aunque se han realizado varios proyectos de instalaciones de energías renovables que tienen que ver con el uso de sistemas fotovoltaicos autónomos, ya sea mediante la construcción de prototipos, cálculo de dimensionamientos y alternativas de generación de energía eléctrica entre los que encontramos los presentados por Banda Toma (2017), este trabajo es interesante ya que pretende generar energía eléctrica para 24 dispositivos de uso cotidiano (laptops, celulares y tablets) y 6 luminarias LED, donde el periodo de funcionamiento diario estimado es de 10 y 4.25 horas respectivamente. En la investigación de Chopoñan Cuzo (2018), considera el dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaica autónoma la selección de paneles fotovoltaicos, reguladores, baterías, inversores

y el cálculo de un sistema de bombeo fotovoltaico implementado con 6 paneles fotovoltaicos de 160 Wp, los resultados que presentan coinciden con el presente trabajo, en que el sistema fotovoltaico autónomo es la mejor opción desde el punto de vista energético y ambiental, pero se debe considerar el costo de la inversión y el tiempo de recuperación. Además, existen investigaciones donde se utiliza la energía y el agua como los principales impulsores de la producción agrícola como el presentado por Torres Sánchez (2021); Sistemas de energía fotovoltaica, en su desarrollo, se presenta un diagnóstico, dimensionamiento y conexión del sistema, para aplicarlos durante las diferentes etapas del proyecto. El trabajo de Palmer Castello, C. (2019) presenta el cálculo y dimensionado de una instalación solar fotovoltaica aislada para la alimentación eléctrica de una bomba de extracción de riego, que se usará posteriormente para regar una zona de cultivo. Estudios recientes muestran la evaluación económica del proyecto teniendo en cuenta los indicadores de rentabilidad VAN, TIR, relación B/C para determinar si el proyecto es viable, Calderón Buelot, J. D. (2020).

## Conclusiones

La implementación del sistema fotovoltaico autónomo es una opción que permitió abastecer de manera efectiva la energía necesaria para la alimentación del sistema de riego e iluminación básica de los invernaderos y campos de cultivo.

Asimismo, se comprobó que la implementación del sistema fotovoltaico autónomo resulta viable técnica y financieramente, ya que el periodo de recuperación de la inversión constituye un tercio del periodo de vida útil de los módulos establecidos con aproximada mente un 50% de retorno por cada peso invertido.

Además, se demuestra con la instalación del sistema fotovoltaico que sirve de incentivo para realizar más proyectos relacionados a la energía renovable en la zona debido a lo favorecida que es ésta de percibir radiación solar en el día, esto a su vez permitirá coadyuvar con el logro de los objetivos del desarrollo sostenible en su aspecto de provisión de energías asequibles y limpias, aunado a este objetivo se complementa con la participación activa en la mitigación de las concentraciones de gases de efecto invernaderos causantes de fenómenos como el cambio climático, mismos a los que México, junto con otros países, se han comprometido a establecer alternativas al uso de combustibles fósiles.

## Contribución de los autores

FTCV Trabajo de campo, recolección y análisis de datos,

DANH Trabajo de campo, recolección de datos, redacción.

VLH Trabajo de campo, recolección de datos, redacción.

RCSJ Análisis de datos financieros, redacción.

LDMC Análisis de datos, redacción.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Ninguno

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Vázquez, Á. S. (2018). Diseño de sistemas autónomos en 9 simples pasos. Poza Rica: Publicaciones Adventure.
2. Morales V. (2021, 30 marzo). Valor actual neto (VAN). Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
3. Ley del Impuesto Sobre la Renta (Título II, Capítulo II, Sección II, Artículo 40 XII)
4. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Título I, Capítulo IV, Sección III, Artículos 21, 22 y 22bis)
5. Banda Toma, A. R. (2017). Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP.
6. Mendoza, C., & Jiménez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 70(2), 8120-8122. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472017000208120](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472017000208120)

7. Chapoñan Cuzo, A. J. (2018). Dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la localidad de Cruz de Pañala-Mórrope-Lambayeque.
8. Torres Sánchez, P. (2021). Sistema de riego solar autónomo controlado vía GSM.
9. Palmer Castello, C. (2019). Proyecto de instalación solar fotovoltaica para el suministro eléctrico del sistema de riego deficitario de una explotación de Pistacia vera en Alcalá del Júcar (Albacete) (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
10. Souza, E. (2020). ¿Cómo funciona la energía fotovoltaica? ArchDaily México. Disponible en <https://www.archdaily.mx/mx/926184/como-funciona-la-energia-fotovoltaica>
11. Calderón Buelot, J. D. (2020). Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaica para riego de arroz en el Predio Los Rojas, ubicado en el distrito de Yuracyacu, provincia de Rioja, departamento de San Martín.
12. Consultora Energías renovables y Eficiencia Energética (2012). Disponible en [https://www.eoi.es/wiki/index.php/Gesti%C3%B3n\\_y\\_Desarrollo\\_de\\_Proyectos\\_Renovables\\_en\\_Energ%C3%ADas\\_renovables\\_y\\_eficiencia\\_energ%C3%A9tica#:~:text=El%20ciclo%20de%20vida%20de,y%20una%20C3%BA%20de%20desmantelamiento.\(Fecha%20de%20consulta%2015/08/2022\)](https://www.eoi.es/wiki/index.php/Gesti%C3%B3n_y_Desarrollo_de_Proyectos_Renovables_en_Energ%C3%ADas_renovables_y_eficiencia_energ%C3%A9tica#:~:text=El%20ciclo%20de%20vida%20de,y%20una%20C3%BA%20de%20desmantelamiento.(Fecha%20de%20consulta%2015/08/2022))
13. Flórez J (2015) Administración de Proyectos para pymes. ECOE Ediciones. 3a. Edición. Bogotá Col.
14. IRENA. (2015). Renewable energy prospects: México Remap 2030. Disponible en [https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA\\_REmap\\_Mexico\\_report\\_2015.Pdf](https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_REmap_Mexico_report_2015.Pdf)
15. FAO. (2020). Los sistemas de riego con energía solar presentan buenas perspectivas. Disponible en <https://www.iagua.es/noticias/fao/siste-más-riego-energía-solar-presentan-buenas-perspectivas>
16. Petroquimex. (2018). Panorama de la Energía Renovable en México, Normatividad y Beneficios. Disponible en <https://petroquimex.com/panorama-de-la-energia-renovable-en-mexico-normatividad-y-beneficios/>
17. Lemus, B. (2021). ¿Cómo funciona la energía solar? >. SolarView MX. Recuperado 27 de julio de 2022, de [https://solarview.mx/como-funciona-la-energia-solar/#\\_Toc76227338](https://solarview.mx/como-funciona-la-energia-solar/#_Toc76227338)
18. Neumeier, M. (2022). ¿Cuáles son las normas y estándares eléctricos que corresponden a los sistemas fotovoltaicos? Grupo MAE. Recuperado 20 de julio de 2022, de <https://maerenovables.com/normas-estandares-sistemas-fotovoltaicos/>
19. EPA. (2022, 14 junio). Descripción general de los gases de efecto invernadero. US EPA. Recuperado 26 de julio de 2022, de <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
20. Vázquez R, (2016, 15 de febrero) Análisis coste/beneficio. Economipedia.com. Disponible en <https://economipedia.com/definiciones/analisis-costebeneficio.html>

## Instrucciones para autores

Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo REMCID es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Acepta para publicación artículos originales, de revisión, especiales, consensos, cartas científicas, y cartas al editor. La revista publica dos números al año, de manera semestral, con carácter académico que incluye resultados de investigaciones con contenidos distintos.

El Comité Editorial evalúa los trabajos recibidos mediante dictamen tipo doble ciego, es decir omitiendo el nombre del autor o autores y conservándose tanto su anonimato como el del dictaminador. Todos los artículos enviados que se inscriban dentro del perfil temático de la revista serán considerados, sin que ello implique obligatoriedad de su publicación ni devolución del material enviado. Únicamente se recibirán documentos apegados a las instrucciones para autores. La dirección de la revista se reserva el derecho de realizar los cambios editoriales necesarios. Las aportaciones originales que son aceptadas por el Comité Editorial serán publicadas y pasarán a ser propiedad de la revista. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial, sin la autorización por escrito de los editores. Los trabajos deberán enviarse a: remcid@utz.edu.mx

### Preparación y envío de manuscritos

1. Los manuscritos deberán enviarse a través del correo electrónico a: remcid@utz.edu.mx
2. Todo el trabajo (incluyendo página frontal, resúmenes y títulos de figuras) deberá estar escrito en la plantilla sin modificar los márgenes y formato en general.
3. **Página frontal**

Deberá contener:

- **Título del trabajo:** breve y descriptivo.
- **Autores:** serán mencionados con nombre completo o utilizando el formato de guión en los apellidos.
- **Filiaciones:** serán referidas con números (1, 2, 3,) como superíndices. Ejemplo: Rodrigo Rosas<sup>1</sup>, Victoria Zarco<sup>2</sup> y Humberto Estrella-Espinoza<sup>3\*</sup> Las filiaciones (institución donde obtuvo su grado de estudios o bien lugar donde labora) se deberán colocar en el orden siguiente: facultad y/o universidad / ciudad, provincia y país. No se colocarán cargos académicos ni laborales en las filiaciones de los autores.

- **Correspondencia:** Se pondrá asterisco en el autor para correspondencia. Asimismo deberá anotar un correo electrónico.

### 4. Resúmenes estructurados

Para artículos originales, de revisión, especiales y cartas científicas, el resumen debe estar escrito en español e inglés estructurado como sigue:

Español	Inglés
Resumen	Abstract
Palabras clave	Keywords

Deberán ser escritos en forma concreta, el cual presente una síntesis adecuada del trabajo.

- No usar citas bibliográficas.
- Serán concisos (máximo 250 palabras).
- En la sección de palabras clave y keywords se anotarán de 3 a 6 palabras clave.
- Los decimales se escribirán con punto (,).
- Las unidades de miles se escribirán sin coma, solo con separación.

### 5. Formato del cuerpo del manuscrito

5.1 Artículo original o revisión: máximo 20 páginas.

Constará de los siguientes apartados:

1. Introducción
2. Material y métodos
3. Resultados
4. Discusión
5. Conclusiones
6. Contribución de los autores
7. Financiamiento
8. Conflicto de intereses
9. Presentaciones previas
10. Referencias
11. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título

Las abreviaturas serán explicadas la primera vez que se empleen y se utilizarán a lo largo de todo el manuscrito.

En el caso de artículos de revisión, la introducción puede contener implícitamente métodos, resultados y discusión. De igual forma se puede considerar la estructura marcada en el punto 5.1.

5.2 Carta científica: máximo 10 páginas.

1. Introducción
2. Presentación
3. Discusión
4. Referencias
5. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título Títulos de tablas

### 6. Financiamiento y conflicto de intereses

Podrán llevar los apartados que el autor disponga.

**Financiamiento** (obligatorio): si no hay se pondrá "No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo".

**Conflicto de intereses** (obligatorio): si no lo hay, se pondrá la siguiente frase: El/Los autor(es) declara(n) no tener conflicto de intereses.

**Agradecimientos** (opcional).

### 7. Referencias

Se ordenarán y enumerarán por orden de aparición en el texto, con la acotación respectiva en superíndice, deben ir antes de los signos de puntuación si es el caso.

Las referencias se presentarán en formato APA con límite para artículos originales de 25 a 30; en artículos de revisión de 25 a 35; en artículos especiales de 20 a 25 y en cartas científicas de 15 a 20 citas bibliográficas.

### 8. Tablas y figuras

- Se identificarán en forma progresiva con números arábigos de acuerdo con el orden de aparición en el texto.
- Los títulos deberán ir en su parte superior (encabezado), indicando el número de la figura correspondiente (con arábigos) y señalando al final, por orden alfabético, las abreviaturas empleadas, con su definición correspondiente.
- Las figuras se deben entregar en formato TIFF, JPG, GIF, PNG, en alta resolución (300 dpi o más). No se aceptan archivos en PDF.
- Entre figuras y tablas no debe exceder de 10.

### 9. Motivos de rechazo

El incumplimiento de estas normas podrá ocasionar el rechazo del trabajo en cualquier momento del proceso editorial.