



Una Mirada desde los Observatorios

Comité Editorial

Dr. Juan Ortiz Escamilla
Presidente del Comité Editorial

Mtro. José Othón Flores Consejo
Secretario Técnico

Dr. Roberto Benítez Contreras
Área Académica
Artes

Mtro. José Luis Sánchez Castro
Área Académica
Biológico Agropecuaria

**Dra. Linda Azucena Rodríguez
Puente**
Área Académica
Ciencias de la Salud

Dra. Ana Cecilia Travieso Bello
Área Académica
Económico Administrativa

Mtro. Federico Colín Arámbula
Área Académica
Humanidades

**Dr. Rabindranarth Romero
López**
Área Académica
Técnica

Dra. Elizabeth Ocampo Gómez
Dirección General de Desarrollo
Académico e Innovación Educativa

Dr. Daniel Bello López
Universidad Veracruzana
Intercultural

**Mtro. Francisco Escudero
Maldonado**
Oficina de la Abogada General



Fotografía cortesía del Observatorio Sismológico y Vulcanológico (OSV).
Tomada por Víctor Soto.

Revista UVserva, año 9, no.17, abril-septiembre 2024. Publicación semestral editada por la Universidad Veracruzana, a través de la Coordinación Universitaria de Observatorios (CUO), con dirección postal: Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000. Xalapa, Veracruz, México; Tel. (228)1179671, <http://uvserva.uv.mx>; correo electrónico: revista-uvserva@uv.mx, Editor responsable: David Iván Vicente García. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-111710274300-203, otorgada por el Instituto Nacional de Derechos de Autor (INDAUTOR). ISSN: 2448-7430.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro. No nos hacemos responsables por textos no solicitados. La opinión expresada en los artículos firmados es responsabilidad del autor.



Contenido

Editorial

Guadalupe del Carmen Guillén Trejo

1

Observatorios:

- Comparación de la intensidad espacial de volcanes de pequeño volumen en dos campos volcánicos en México mediante el uso de procesos puntuales de Poisson** 3-18
Miguel Ángel Peñaloza-Pérez, Sergio Francisco Juárez-Cerrillo, Katrin Sieron, Francisco Córdoba-Montiel, Rafael Torres-Orozco
- Desigualdad de género en el trabajo doméstico y de cuidados en la población de la Universidad Veracruzana** 19-34
Rocío López-Lara, Rubén Flores-González
- Error médico auto percibido durante el proceso formativo docente-asistencial de estudiantes de internado médico en México** 35-46
Mauricio Fidel Mendoza-González, Francisco Domingo Vázquez-Martínez, Manuel Salvador Luzanía-Valerio
- Condiciones higrotermométricas en dos sistemas cafetaleros: Periodo marzo 2022-febrero 2023** 47-56
Giovanni Becerra-Dávila, Gustavo Ortiz-Ceballos, Juan Cervantes-Pérez, Carlos Roberto Cerdán-Cabrera, Paulo César Parada-Molina, Mario Alejandro Hernández-Chontal
- Violencias en Veracruz. Una aproximación desde el Observatorio Universitario de Violencias contra las Mujeres** 57-66
Estela Casados-González
- Consumo de tabaco, alcohol y drogas ilegales durante la contingencia por COVID-19 en adultos veracruzanos de 2020 a 2022** 67-77
León Felipe Beltrán-Guerra, Jorge Luis Arellanez-Hernández, Arleth Michell Morales-García, Melissa Ortega-Galarza, Angélica García-Méndez
- Monitoreo de indicadores extensivos del OUAES para identificar entornos saludables en la ZMC y ZMO: Córdoba y Orizaba (2018– 2023)** 78-92
Irma Elisa Palacios-Reyes, Gerardo Ignacio Hernández-García, Erika Benítez-Malagón, José Rene Morgado-Bustos

Artículos Científicos:

- Caracterización geomorfométrica de la cuenca Grijalva-Usumacinta en el sureste de México. Una clasificación automatizada del relieve** 94-120
Pablo Velázquez-Sánchez, Ojilve Ramón Medrano-Pérez, Alejandro Alcudia-Aguilar
- Actitud emprendedora de la mujer rural frente a la desigualdad de género en post pandemia.** 121- 135
José Félix García Rodríguez, Lourdes del Carmen Pineda Celaya, Lenin Martínez Pérez, Aída Armenta Ramírez, Gabriel Jacob Velandia Pacheco
- Factores asociados al riesgo preconcepcional en estudiantes de medicina** 136-146
Humberto Hernández Ojeda, Beatriz González Jiménez, María del Carmen Utrera del Valle, Osmar Alejandro Chiquito, Rosa María Torres Hernández
- Efectos del ejercicio físico sobre la ansiedad: una revisión sistemática** 147-157
Santiago Castineyra Mendoza, Magali Huerta Reyes
- Estudio de correlación entre edad cronológica y maduración ósea en vértebras cervicales** 158-173
Estefanía Sierra Castillejos, José Reyes Barradas Viveros
- Estrategias de inmovilización enzimática** 174-195
Ghian Emir Sosa Parra, Rodolfo Quintana-Castro, Rosa María Oliart-Ros, Alfonso Alexander-Aguilera, María Guadalupe Sánchez-Otero
- Responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior** 196-211
Angélica María Hernández Ramírez
- Napatecutlan: Entierros cremados asociados con el agua y la montaña en Perote, Veracruz** 212- 228
Margarita Meza Manzanilla, Emmanuel Cortina Colorado, Ixchel Fuentes Reyes, Yussset Minkes Rafel
- Extracción de agua del río Pixquiac a partir de la presa derivadora Medio Pixquiac** 229-238
Carlos Manuel Lezama-Alcocer, Itzel Yolotzin Hernández-Portilla, Eduardo Aranda-Delgado
- Autenticidad del Hacha de jadeíta 14895 del Museo de Antropología de Xalapa** 239-255
Henri Noel Bernard Medina, Emiliano Melgar Tísoc, Mayra Manrique Ortega, José Luis Ruvalcaba Sil
- Aportes de la Sociología del Derecho al Estado de Derecho** 256-265
Armando Adriano Fabre
- Disponibilidad del agua: caudales, percepción y opinión en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz** 266-287
Sergio López Olvera, Socorro Menchaca Dávila, Rabindranarth Romero López

Aprendizaje basado en problemas: Una experiencia de formación con profesores de ingeniería
Zenaida Ávila Aguilar

288-306

Editorial

Este décimo séptimo número llega enriquecido de diferentes ejes temáticos, como ya es costumbre en *UVserva*. Se pueden encontrar 20 artículos que son actuales y de relevancia tanto para investigadores y docentes como para la comunidad estudiantil, debido a su relación con la salud mental, el uso de sustancias, además de las problemáticas sociales que nos afectan a todos, sin mencionar que algunos temas pueden serles de interés para su formación.

Para ser más precisos, en la primera sección, “Observatorios”, se cuenta con 7 colaboraciones que demuestran el trabajo preciso y elaborado que acentúan la relevancia de los observatorios frente a problemas que afectan a la población veracruzana, como la desigualdad y violencia de género, el abuso de alcohol, tabaco o drogas durante la pandemia, el cuidado de la salud mental para prevenir errores médicos, así como la importancia de una ciudad bien estructurada que permita vivir saludablemente. Por otro lado, y con un toque más especializado, se encuentran los estudios acerca de los campos volcánicos y las condiciones agroclimáticas para la producción del café.

En cuanto a la sección de “Artículos científicos”, esta cuenta con diferentes ejes temáticos como lo son los relacionados a Ciencias de la salud, Biológico agropecuario, Humanidades y Técnica. Para el primer caso, se pueden hallar estudios sobre el riesgo preconcepcional en estudiantes de Medicina; los efectos positivos que el ejercicio puede traer sobre las personas que sufren ansiedad; estudios sobre maduración ósea; y los beneficios de utilizar la inmovilización enzimática. En cuanto al área Biológica agropecuaria se muestran dos análisis relacionados al río Pixquiac, el primero acerca de la extracción del agua y el segundo está relacionado con la disponibilidad del agua. Por su parte, en Humanidades se abarcan temas como la antropología y arqueología, el derecho, estrategias de enseñanza-aprendizaje y la responsabilidad social. Por último, en el área Académica Técnica se encuentra un artículo sobre el estudio y análisis de la superficie terrestre de la cuenca Grijalva-Usumacinta.

Seguimos contribuyendo al desarrollo científico a través de esta nueva edición, esperamos que la información y los datos mostrados sean de relevancia para las y los lectores, sean bienvenidos.

Guadalupe del Carmen Guillén Trejo
Estudiante de la Facultad de Letras Españolas
Prestadora de Servicio Social en *UVserva*

Observatorios

Comparación de la intensidad espacial de volcanes de pequeño volumen en dos campos volcánicos en México mediante el uso de procesos puntuales de Poisson

Comparison of the spatial intensity of small-volume volcanoes in two volcanic fields in Mexico by using Poisson point pattern analysis

Miguel Ángel Peñaloza Pérez ^a | Sergio Francisco Juárez Cerrillo ^b
Katrin Sieron ^c | Francisco Córdoba-Montiel ^d | Rafael Torres-Orozco ^e

Recibido: 22 de agosto de 2023.

Aceptado: 12 de febrero de 2024.

^a Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Veracruz (OSV), Facultad de Estadística, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: zs19013278@estudiantes.uv.mx | ORCID: [0000-0002-8556-7609](https://orcid.org/0000-0002-8556-7609)

^b Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Veracruz (OSV), Facultad de Estadística, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: sejuarez@uv.mx | ORCID: [0000-0002-5713-7644](https://orcid.org/0000-0002-5713-7644) *Autor para correspondencia.

^c Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Veracruz (OSV), Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: ksieron@uv.mx | ORCID: [0000-0002-4036-9107](https://orcid.org/0000-0002-4036-9107)

^d Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Veracruz (OSV), Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: fcordoba@uv.mx | ORCID: [0000-0002-9111-2336](https://orcid.org/0000-0002-9111-2336)

^e Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Veracruz (OSV), Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: rraftorres@uv.mx | ORCID: [0000-0003-2214-9829](https://orcid.org/0000-0003-2214-9829)

Cómo citar:

Peñaloza-Pérez, M., Juárez-Cerrillo, S., Sieron, K., Córdoba-Montiel, F. y Torres-Orozco, R. (2024). Comparación de la intensidad espacial de volcanes de pequeño volumen en dos campos volcánicos en México mediante el uso de procesos puntuales de Poisson. *UVserva*, (17), 3-18. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2987>

Resumen: Los volcanes de pequeño volumen son los más abundantes en México y el mundo. Estos volcanes tienden a agruparse en el espacio formando lo que se conoce como campos volcánicos. Aquí se aplican técnicas de patrones puntuales espaciales para comparar el comportamiento de la intensidad espacial de los campos volcánicos de la Sierra Chichinautzin y Los Tuxtlas. Las intensidades espaciales se ajustan con modelos de procesos de Poisson no homogéneos. Posteriormente, se aplica una prueba de permutaciones, para esta se propone un estadístico de prueba basado en la razón de verosimilitudes de los modelos ajustados. Los resultados de la prueba de permutaciones presentaron evidencia para rechazar la hipótesis de igualdad de intensidades espaciales entre los campos volcánicos de la Sierra Chichinautzin y Los Tuxtlas. El intercepto del modelo ajustado del campo volcánico de Los Tuxtlas estima una intensidad (volcanes por unidad de área) de 0.42, mientras que el intercepto del modelo ajustado de la intensidad del campo volcánico Sierra Chichinautzin fue de 0.40 unidades.

Palabras clave: Volcán monogenético; estadística espacial; intensidad espacial; procesos puntuales de Poisson; máxima verosimilitud; pruebas de permutaciones.

Abstract: *Small-volume volcanoes are the most abundant in Mexico and worldwide and tend to cluster in space (volcanic fields). Here, spatial point pattern techniques are applied to compare the behavior of the spatial intensity of the Sierra Chichinautzin and Los Tuxtlas volcanic fields. Spatial intensities are fitted with inhomogeneous Poisson process models. Subsequently, a permutations test is applied, the likelihood ratio of the fitted models is proposed as a test statistic. The results of the permutations test provided evidence to reject the hypothesis of equality of spatial intensities between the volcanic fields of Sierra Chichinautzin and Los Tuxtlas. The intercept of the fitted model of the Los Tuxtlas volcanic field estimates an intensity (volcanoes per unit area) of 0.42 while the intercept of the fitted model of the intensity of the Sierra Chichinautzin volcanic field was 0.40 units.*

Keywords: *Monogenetic volcano; spatial statistics; spatial intensity; Poisson point pattern analyses; maximum likelihood; permutations tests.*

Introducción

En México, el vulcanismo activo se observa a lo largo del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) que se extiende de oeste a este a través del centro del país y es producto de la subducción de las placas Rivera y Cocos debajo de la Norteamericana. A lo largo del CVTM, volcanes de diferentes tipos se distribuyen de forma irregular (Connor, 1990). Además de los volcanes de grandes dimensiones, como el Pico de Orizaba o el Colima –que son longevos y de los cuales hay unas pocas decenas en el país–, los volcanes de pequeñas dimensiones ocurren por miles en México (Connor, 1990; Ferrari et al., 2012). Estos volcanes han sido comúnmente denominados como

“monogenéticos”, dado que muchos de ellos muestran actividad en un corto y único periodo de tiempo. No obstante, actualmente se ha demostrado que muchos de estos volcanes pueden o han hecho erupción en más de una ocasión (Hopkins *et al.*, 2021), por lo que no pueden estrictamente clasificarse como monogenéticos, en su lugar se ha adoptado el término “volcanes de pequeño volumen”. Asimismo, estos volcanes presentan la tendencia a agruparse en el espacio, formando grandes campos volcánicos con cientos de volcanes individuales (Le Corvec *et al.*, 2013).

Dado que el nacimiento de volcanes en un campo volcánico es el producto (parcialmente) observado de un sistema complejo, datos vulcanológicos son, por ende, estocásticos de por sí, de acuerdo con Bebbington (2009). Es oportuno aclarar que se asume un comportamiento “aleatorio” porque se desconocen las leyes fundamentales, ya sean físicas o químicas, que rigen su comportamiento. Una forma de estudiar los fenómenos naturales con comportamiento aleatorio es desde las matemáticas con el uso de los procesos estocásticos. Un proceso estocástico es una secuencia de variables aleatorias que cambian con el tiempo (Doob, 1990; Steele, 2001).

De acuerdo con Gelfand *et al.* (2010), los modelos estocásticos se pueden dividir en dos grupos, el primero llamado mecanicista en donde el modelo incluye leyes fundamentales como la física y la química. Dichos modelos son difíciles de desarrollar, ya que requieren de parámetros particulares para aplicarlos y un conocimiento profundo del fenómeno que se desea modelar.

Por otro lado, están los modelos estadísticos los cuales se basan en la probabilidad y la inferencia estadística. Estos modelos no consideran a las leyes fundamentales que hay detrás de los fenómenos. Su construcción es más sencilla, ya que no requieren de un conocimiento profundo del fenómeno a estudiar, ni de parámetros particulares. Tradicionalmente los procesos estocásticos se utilizan para estudiar fenómenos que varían a lo largo del tiempo; sin embargo, también es posible el estudio, con procesos estocásticos, de fenómenos que varían en el espacio. Dentro de los procesos estocásticos espaciales, se encuentra una disciplina que es la teoría de los procesos estocásticos espaciales puntuales (Boots y Getis, 1988).

La teoría de los procesos puntuales espaciales proporciona las herramientas para describir el mecanismo que genera ubicaciones espaciales de eventos de interés para el investigador. Los procesos puntuales espaciales describen al mecanismo generador de la ocurrencia del fenómeno en el espacio. Un patrón puntual espacial es un conjunto de puntos en un espacio bien definido.

Este patrón puntual es generado por un proceso estocástico (proceso puntual), es decir, por un mecanismo aleatorio que genera eventos que son ubicaciones que ocurren de manera aleatoria en el espacio de estudio (Baddeley *et al.*, 2015).

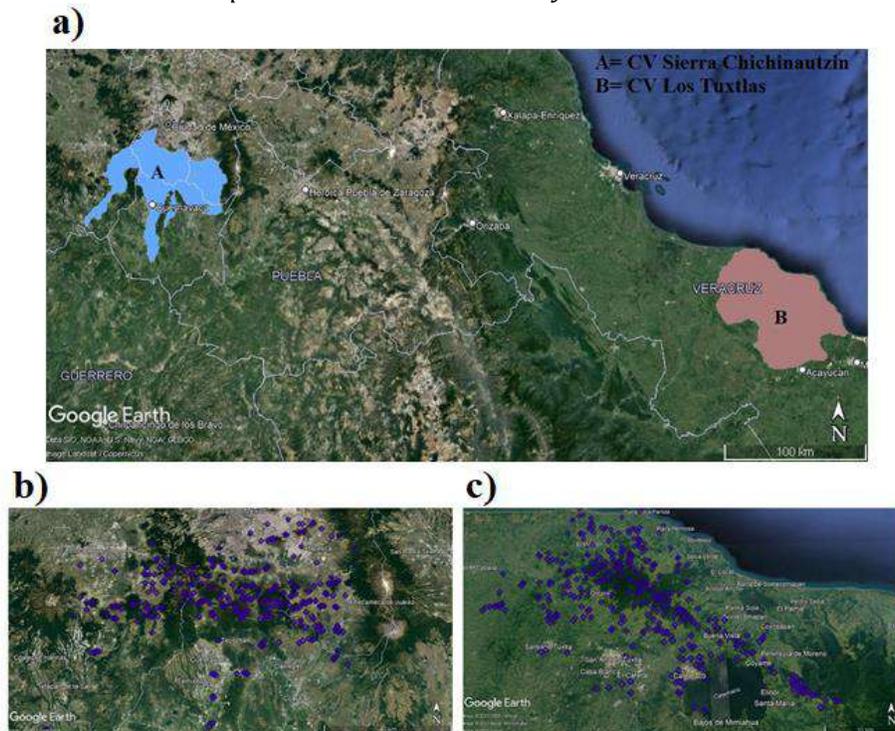
La ubicación de volcanes individuales dentro de un campo volcánico, producto de nuevos nacimientos de volcanes en el tiempo, se puede expresar como un “punto” en el espacio a través de sus coordenadas. La disposición espacial de los volcanes dentro de los campos volcánicos es de gran interés, ya que comprender el patrón de los volcanes individuales a lo largo del tiempo y el espacio es la base para cualquier análisis de riesgos posterior.

Los patrones puntuales espaciales son una herramienta útil en el estudio de estos fenómenos, ya que contribuyen a la descripción y caracterización de la distribución de

la ubicación de los volcanes, así como a mejorar la comprensión de su estructura espacial.

Así también, facilitan la detección de agrupamientos y ayudan a modelar los procesos que intentan explicar los mecanismos que generan la distribución y tendencia de los eventos en el espacio. En este trabajo se determinan y comparan las intensidades (volcanes por unidad de área) de dos campos volcánicos de México que se consideran activos, se ubican cerca de grandes ciudades o generalmente en áreas pobladas y se conocen las ubicaciones de sus miembros gracias a estudios anteriores (Sieron *et al.*, 2021; 2023; Jaimes-Viera *et al.*, 2018). La **Figura 1** muestra a los dos campos volcánicos que se estudian en este trabajo.

Figura 1
Ubicación de los campos volcánicos Chichinautzin y Los Tuxtlas



Nota: a) Ubicación de los campos volcánicos Chichinautzin y Los Tuxtlas, A y B, en el centro y este del país. b) Los puntos azules son los volcanes que conforman el campo volcánico Sierra Chichinautzin. c) Los puntos azules son los volcanes que conforman el campo volcánico Los Tuxtlas.

Fuente: Elaboración propia.

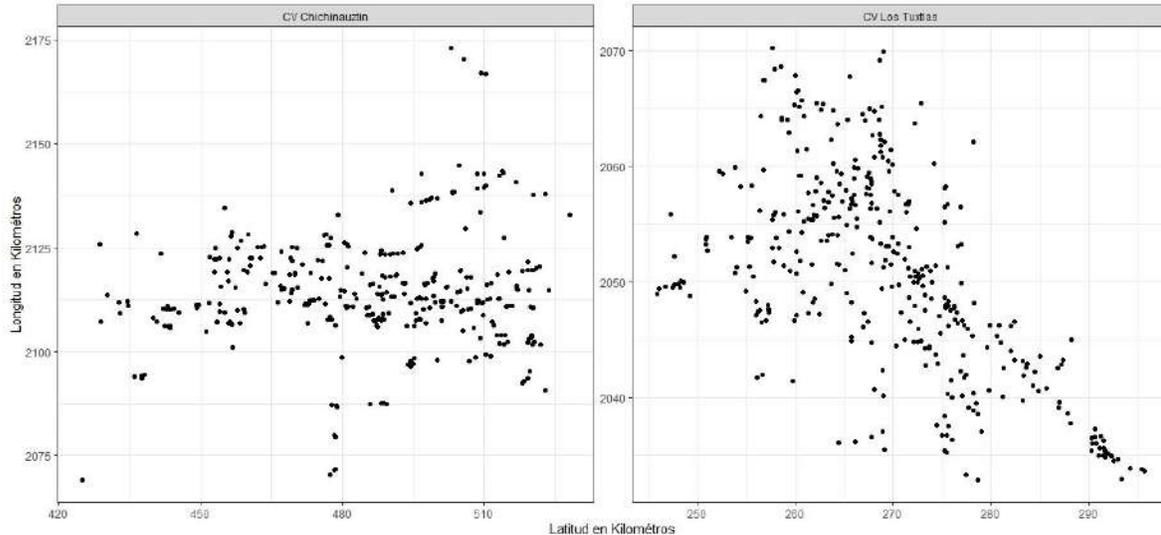
1. Metodología

La base de datos utilizada en este trabajo contiene las ubicaciones de los volcanes individuales de los dos campos volcánicos en el espacio, expresados en coordenadas (**Figura 2**). Las coordenadas de los volcanes monogenéticos han sido anteriormente publicadas (Sieron *et al.*, 2021; Sieron *et al.*, 2023) y han sido derivados de análisis de

imágenes satelitales y trabajo de campo. El campo Sierra Chichinautzin tiene casi 11 km² y tiene 356 volcanes individuales; mientras que el campo Los Tuxtlas tiene casi dos mil km² y 368 volcanes.

Figura 2

Coordenadas en km de las ubicaciones de los volcanes



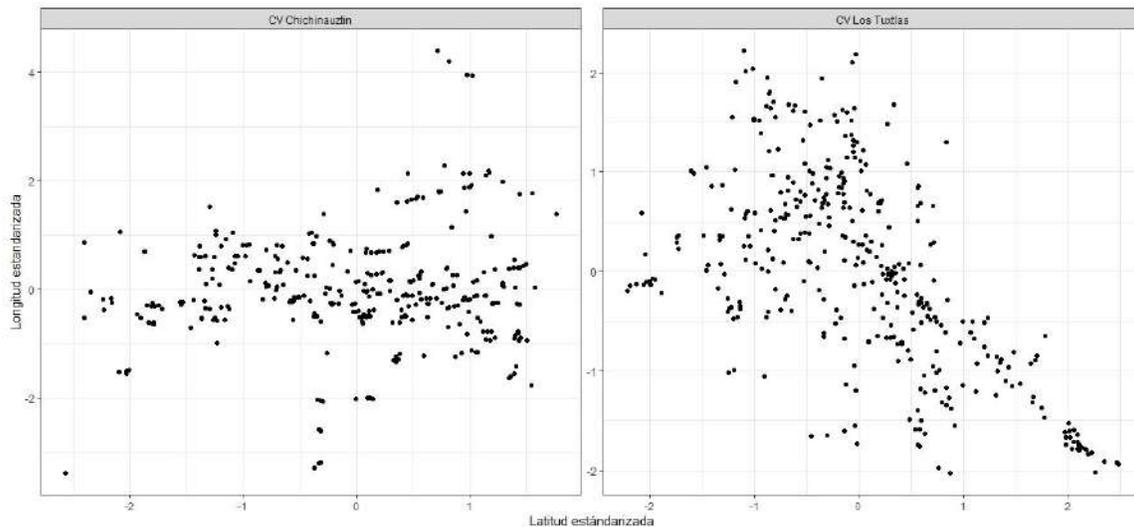
Fuente: Elaboración propia.

La intensidad espacial de un campo volcánico, λ , es el número esperado de puntos por unidad de área (valor de λ depende de la unidad de medida). Para conocer a la intensidad primero consideramos a las ubicaciones de los volcanes como un patrón puntual espacial.

Esto es posible, ya que un campo volcánico cumple con los requisitos fundamentales para considerarse como tal, como es la ventana de observación (límites del campo) y los puntos incluidos en la ventana de observación (ubicaciones de los volcanes). Para poder comparar mejor la distribución de los volcanes individuales (puntos) en los dos campos, se transformaron las coordenadas originales mediante una estandarización z (**Figura 3**).

La estandarización z transforma a los datos a una escala común dada por la desviación estándar de las coordenadas originales (**Figura 2**). Es decir, la transformación de los datos y su escalamiento están en función de su variabilidad en el espacio. Con la estandarización z se preservan las posiciones relativas entre los volcanes (puntos) en cada campo, pero ahora se pueden comparar las configuraciones de puntos en el espacio, debido al nuevo sistema que ahora tiene un “mallado” común y por lo tanto comparable.

Figura 3
 Coordenadas estandarizadas de las ubicaciones de los volcanes



Fuente: Elaboración propia.

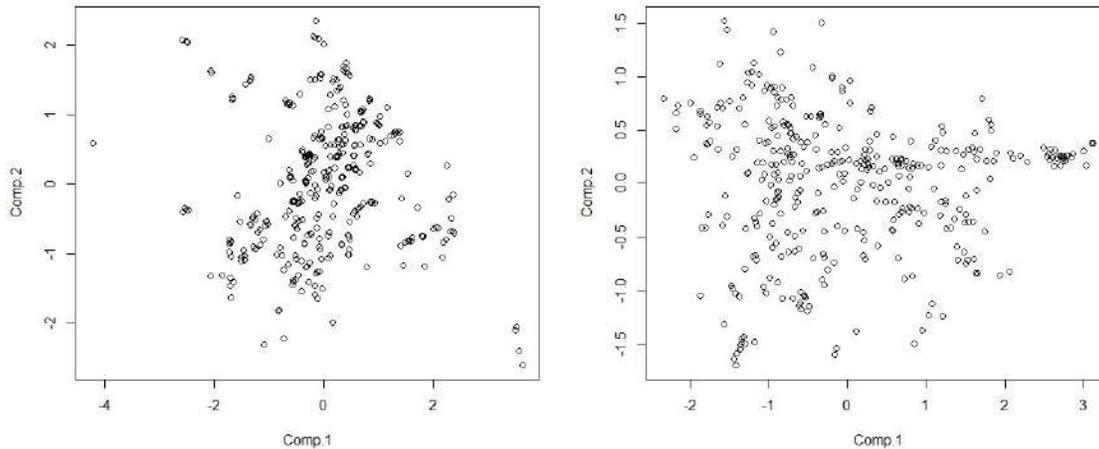
Posteriormente, se orientaron las ubicaciones de los volcanes individuales hacia los ejes de máxima variabilidad. Esto se hizo con el método de componentes principales (**Figura 4**).

Los eigenvectores de la matriz de correlaciones de las ubicaciones espaciales de los volcanes indican las direcciones de máxima variabilidad y que son ortogonales entre ellas. De manera tradicional, el método de componentes principales se aplica para reducir la dimensionalidad (Kambhatla y Leen, 1997). Sin embargo, en este caso lo usamos para orientar a los patrones puntuales hacia las direcciones de máxima variabilidad.

La metodología de patrones puntuales espaciales considera que existe un mecanismo aleatorio, éste genera las ubicaciones de eventos en el plano, Diggle (2013). En nuestro caso hemos orientado los patrones puntuales hacia los ejes de máxima variabilidad, mediante componentes principales, para que la comparación entre los dos campos solo considere la heterogeneidad de las ubicaciones relativas de los volcanes. Implícitamente, lo que estamos haciendo es desarrollar un procedimiento de comparación de las posiciones relativas de los volcanes entre los campos volcánicos ya que –de la inspección de la **Figura 1**– es evidente que los campos no son isotrópicos: Sierra Chichinautzin presenta mayor dispersión de sus volcanes en la dirección oeste-este, mientras que Los Tuxtlas presenta mayor dispersión en la dirección noroeste-sureste. Se dice que un proceso puntual espacial tiene isotropía cuando su distribución de probabilidad es invariante a rotaciones ortogonales de los ejes.

Figura 4

Coordenadas estandarizadas de las ubicaciones de los volcanes orientadas hacia los ejes de máxima variabilidad



Fuente: Elaboración propia.

A las ubicaciones de los volcanes de cada campo volcánico, orientadas hacia los ejes de máxima variabilidad, se les ajustó un modelo de proceso Poisson no homogéneo. Se eligió ajustar un modelo de proceso Poisson no homogéneo debido a que en vulcanología se ha documentado que los campos volcánicos de volcanes de pequeño volumen tienden a agruparse en el espacio (Connor *et al.*, 2000).

Así, el proceso puntual espacial de las ubicaciones de los volcanes lo modelamos con procesos Poisson no homogéneos. Los modelos ajustados de proceso Poisson no homogéneo para cada campo volcánico se obtuvieron modelando a la intensidad con un modelo polinomial saturado de segundo grado en las coordenadas $x =$ primer componente principal, $y =$ segundo componente principal (**Figura 4**). Esos modelos polinomiales se simplificaron mediante el método de selección de variables hacia atrás.

Las intensidades espaciales ajustadas a los campos volcánicos se compararon con una prueba de significancia de permutaciones, para lo cual se propuso como un estadístico de prueba ad hoc basado en el cociente de verosimilitudes de los modelos ajustados a cada campo. Los detalles del estadístico de prueba se presentan en el apéndice. Los pasos que involucra la prueba de permutaciones se describen a continuación: Se plantea la hipótesis nula.

H_0 : Los dos campos volcánicos tienen la misma intensidad

Si esta hipótesis nula es verdadera, entonces las ubicaciones de los volcanes en la **Figura 4** no dependen del campo volcánico. Es decir, la ubicación de cada volcán no depende del campo volcánico al que pertenece. Bajo este supuesto, el valor del cociente de verosimilitudes (el estadístico de prueba) sólo refleja la asignación al azar de los volcanes a los campos volcánicos. Así, una prueba de permutaciones para comparar a las intensidades de los campos volcánicos está dada por el siguiente algoritmo:

1. Calcula el valor del cociente de verosimilitudes con las ubicaciones de los volcanes dada en la **Figura 4**.
2. Elige al azar 356 volcanes del total de 724 volcanes y asígnales la etiqueta Chichinautzin. A los 368 restantes volcanes asígnales la etiqueta Los Tuxtlas. Esta nueva agrupación de las ubicaciones se conoce como una permutación de los volcanes.
3. Calcula el valor del cociente de verosimilitudes con la permutación de los volcanes obtenida en 3.
4. Repite los pasos 2 y 3 un número “grande” M de veces. La distribución de los valores resultantes del cociente de verosimilitudes se conoce como la distribución de permutaciones del cociente de verosimilitudes.
5. Sea N el número de los valores del cociente de verosimilitudes en la distribución de permutaciones que son mayores o iguales que el valor del cociente de verosimilitudes calculado en 1. El p-valor de la prueba es:

$$p - \text{valor} = \frac{N + 1}{M + 1}$$

Entre más pequeño es el p-valor, más grande es la evidencia empírica de que la hipótesis nula es falsa. Para más detalles sobre las pruebas de permutaciones véase Good (2013).

Se eligió al cociente de verosimilitudes como estadístico de prueba porque es el que se utiliza en los modelos de proceso Poisson no homogéneos ajustados a campos volcánicos (Wackerly *et al.*, 2002; Baddeley, 2015). La expresión del cociente de verosimilitudes que se utilizó se presenta en el apéndice.

2. Resultados

La máxima variabilidad de los datos, o ubicaciones de volcanes individuales dentro de Los Tuxtlas es hacia el NW-SE, mientras que en La Sierra Chichinautzin es hacia el E-W. Después de la transformación realizada (**Figura 3**) las ubicaciones de los volcanes están en términos de las desviaciones estándar. Entonces, al transformar los datos, se conserva el fenómeno considerando como eje principal las desviaciones estándar de las distancias entre los volcanes. Esto hace posible analizar la información para las estimaciones de intensidad. En la **Figura 3** vemos que la Sierra Chichinautzin tiene de -2 a 2 en el eje x y -4 a 4 en el eje y ; mientras que Los Tuxtlas tiene de -2 a 3 en el eje x y en el eje y tiene de -2 a 2 aproximadamente. Chichinautzin tiene, por ende, más variabilidad entre las distancias entre sus volcanes, lo que indica que están más separados los volcanes entre ellos a diferencia de Los Tuxtlas, que están más cercanos entre sí.

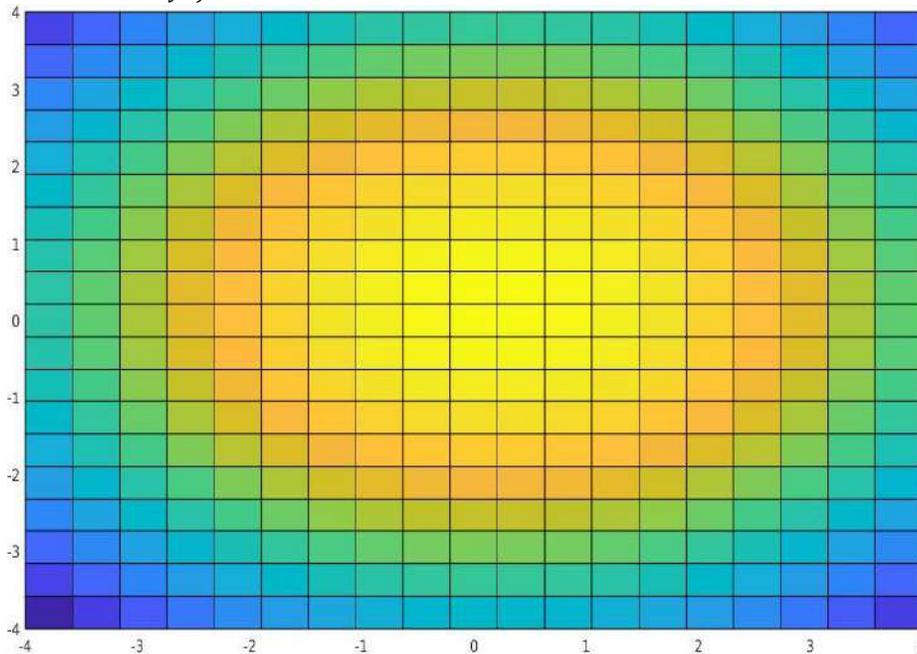
Las curvas de nivel de las intensidades no homogéneas Poisson ajustadas a los campos volcánicos se presentan en las **Figuras 5 y 6**. Para Sierra Chichinautzin, se

identifica que los volcanes están más separados entre sí en comparación con Los Tuxtlas.

Esto indica que hay una mayor distancia entre eventos y por ende también una menor intensidad espacial en comparación con el modelo ajustado para el campo volcánico de Los Tuxtlas. Las estimaciones de intensidad del modelo Poisson no homogéneo ajustado al campo volcánico de Sierra Chichinautzin en la parte central se estiman entre 1 a 1.4 volcanes por unidad de área. La intensidad espacial de Los Tuxtlas alcanza un rango en la parte central de entre 1.2 a 1.5 eventos por unidad de área (cada unidad tiene una cuadrícula de 100*100 celdas). En las zonas lejanas a la parte central se presenta una intensidad estimada de entre 0.07 a 1 eventos por unidad de área.

Figura 5

Curvas de nivel de la intensidad Poisson ajustadas al campo volcánico Chichinautzin, $\hat{\lambda}_{chi}(x, y) = \exp(0.42 - 0.03x^2 - 0.12y^2)$



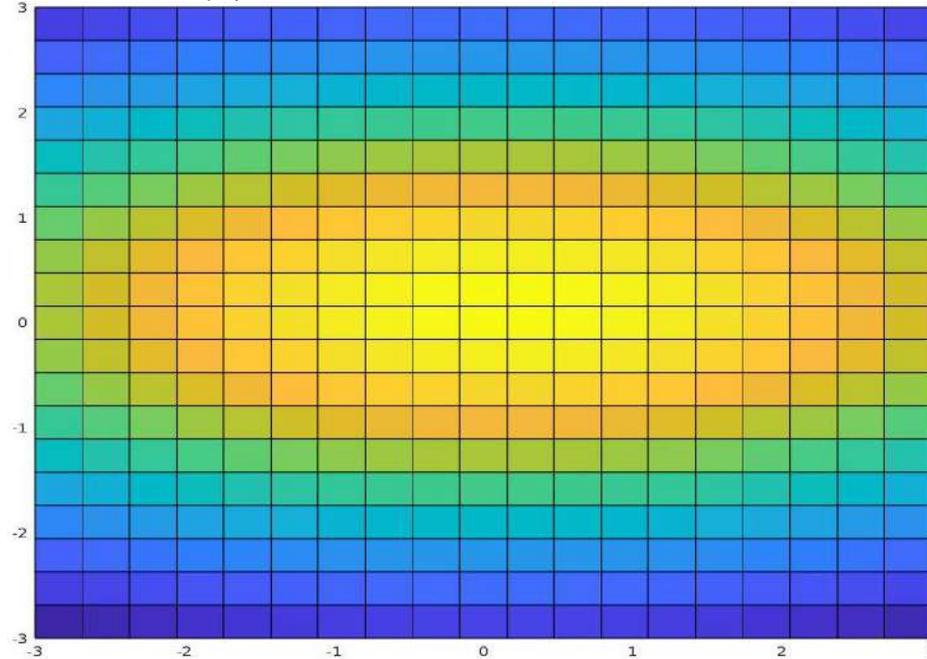
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las estimaciones de intensidad calculadas para ambos campos volcánicos, el de Los Tuxtlas presenta un mayor agrupamiento de los volcanes individuales en comparación con los del campo volcánico Sierra Chichinautzin, que tiene una menor intensidad y muestra una mayor distancia entre volcanes.

En la **Figura 7** se muestra la distribución de permutaciones del cociente de verosimilitudes para comparar las intensidades de los campos volcánicos. El histograma es la distribución de permutaciones del cociente de verosimilitudes, la línea negra suave es la densidad de la distribución que se aproxima a una distribución ji-cuadrada con tres grados de libertad. Los grados de libertad se calculan del número de coeficientes del modelo bajo la hipótesis alterna menos el número de coeficientes del modelo bajo la hipótesis nula.

Figura 6

Curvas de nivel de las intensidades Poisson ajustadas al campo volcánico Los Tuxtlas, $\hat{\lambda}_{LT}(x, y) = \exp(0.40 - 0.045x^2 - 0.053y^2)$

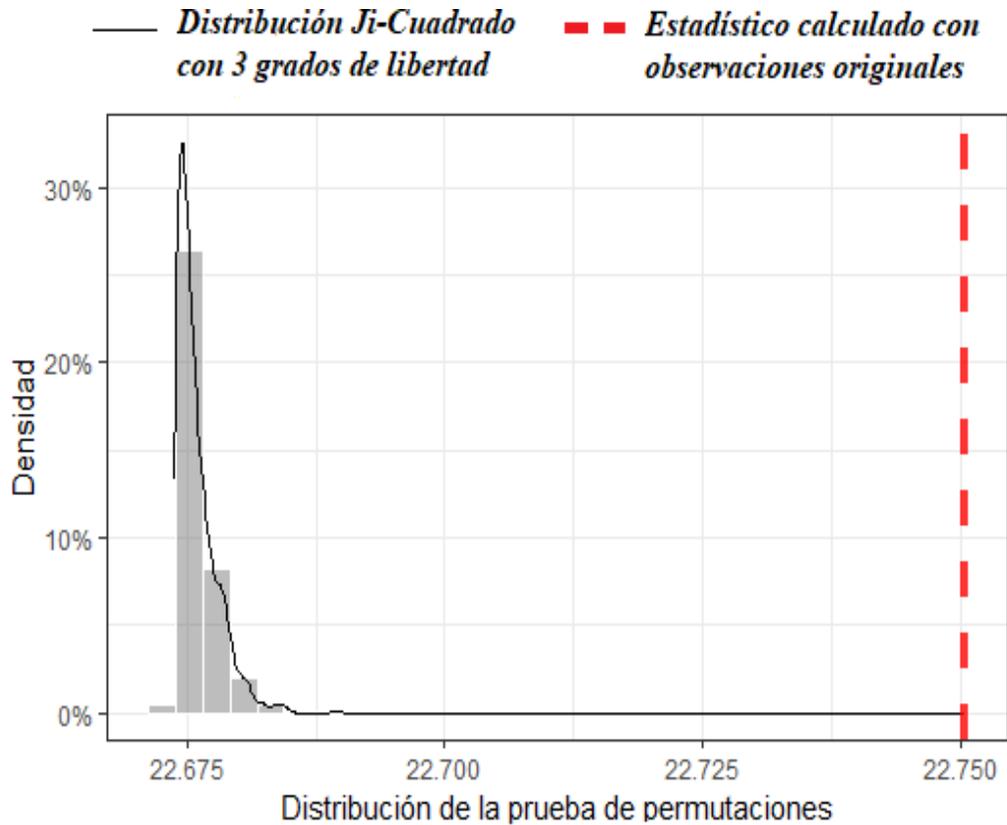


Fuente: Elaboración propia.

La línea punteada roja es el valor del cociente de verosimilitudes calculado de las observaciones originales que es igual a 22.75. Resulta que ningún valor de los cocientes de verosimilitudes calculados en las muestras de permutación fue mayor que el valor del cociente de verosimilitudes observado en los datos espaciales.

De modo que en $M = 1000$ permutaciones el p-valor es igual a 0.0009. Lo anterior, nos lleva a rechazar la hipótesis nula de igualdad de intensidades espaciales de los campos volcánicos. Se puede afirmar que las intensidades espaciales de los campos volcánicos Sierra Chichinautzin y los Tuxtlas son diferentes.

Figura 7
 Distribución de permutaciones del cociente de verosimilitudes



Fuente: Elaboración propia.

3. Discusión

El enfoque de análisis de comportamiento de la intensidad espacial de campos volcánicos ya se ha abordado anteriormente en la literatura; Ho y Smith (1998), Cappello *et al.* (2012), Becerril *et al.* (2013) y Cappello *et al.* (2013).

Las estimaciones de intensidad en estos trabajos se realizan mediante un modelado no paramétrico con estimaciones de densidad kernel. También hay trabajos recientes que proponen metodologías alternativas para la comparación de las intensidades espaciales de campos volcánicos, como es el caso de Sieron *et al.* (2023); aquí se comparan las intensidades y densidades espaciales de los campos volcánicos de Sierra Chichinautzin y Los Tuxtlas mediante componentes principales, metodologías SIG (point density tool) y estimación de densidad kernel bivariado. Los ajustes con kernel presentan mayor flexibilidad y generalmente una mayor calidad en los ajustes de intensidad.

Otras técnicas empleadas en la comparación de campos han sido por Mazzarini *et al.* (2010), en donde se busca la comparación de los campos volcánicos de Michoacán-Guanajuato y Sierra Chichinautzin mediante métodos de estadística multivariada.

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron similares a los obtenidos en Sieron *et al.* (2021) para el campo volcánico de Los Tuxtlas en donde se identifica que la mayor intensidad espacial se presenta en la parte central del campo volcánico. También hay coincidencia con los resultados de Mazzarini *et al.* (2010) en cuanto al comportamiento de agrupación autosimilar entre los campos volcánicos identificado con métodos con invarianza a transformaciones de escala. Es importante mencionar que enfocar la atención en los agrupamientos autosimilares después de una transformación puede resultar inconveniente y puede llevar a resultados equivocados. Lo anterior es posible evitarlo mediante la comparación de modelos ajustados que conserven la invariancia a la escala y empleando métodos robustos de comparación de intensidad espacial como las pruebas de hipótesis.

Así también los ajustes con kernel obtenidos en los resultados de la investigación de Sieron *et al.* (2023) presentan una mejor calidad en el comportamiento espacial de los campos volcánicos, a diferencia de los ajustes presentados en este trabajo que son más rígidos. Sin embargo, se trata de compensar esa cualidad mediante la prueba de permutaciones. Por otro lado, las estimaciones de intensidad espacial de los modelos de proceso Poisson no homogéneos son mayores en el campo volcánico de Los Tuxtlas en comparación con la Sierra Chichinautzin. Las ubicaciones espaciales de los campos volcánicos en el trabajo de Sieron *et al.* (2023) se analizan y comparan de manera separada y de manera descriptiva mediante ajustes de densidad kernel bivariado con estimación de ancho de banda SAMSE. Lo anterior motivó a realizar este trabajo para proponer una prueba estadística robusta que permita comparar las intensidades espaciales de los campos volcánicos y comparar los resultados.

Para el problema planteado en esta investigación, la comparación de la distribución espacial de volcanes en dos campos volcánicos no fue posible la aplicación de las diferentes metodologías de comparación de patrones puntuales espaciales existentes en la literatura tales como los de Ripley (1977), Besag y Diggle (1977), Ripley (1979), Diggle *et al.* (2000), y Hahn (2012), ya que dichos métodos tienen como base fundamental la estimación de la función K de Ripley. Dicha función parte de la estimación de la distancia entre los puntos, por lo que se asume igualdad de tamaño de área entre los patrones puntuales espaciales. En este caso los patrones puntuales espaciales que forman los campos volcánicos tienen diferente tamaño de área de estudio.

En este trabajo, se propone una prueba de permutaciones para comparar las intensidades espaciales. Estas pruebas también se emplean en Diggle *et al.* (2000) y Hahn (2012).

Sin embargo, nuestra propuesta es diferente ya que utilizamos a la verosimilitud de los modelos Poisson no homogéneos ajustados a cada campo volcánico. Se observó que la distribución de permutaciones del cociente de verosimilitudes es similar a una distribución ji-cuadrada. El método para comparar las intensidades de los patrones puntuales espaciales que forman los campos volcánicos en este trabajo tiene como característica fundamental que considera a las posiciones relativas entre los volcanes y

no las distancias entre ellos, como en los métodos de comparación de patrones puntuales espaciales mencionados anteriormente.

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible afirmar que las intensidades espaciales de los campos volcánicos de Sierra Chichinautzin y Los Tuxtlas no son iguales. Igual que en estudios anteriores con métodos discutidos en la sección anterior, se demuestra que Los Tuxtlas tienen una mayor intensidad espacial que La Sierra Chichinautzin. Las razones de la diferencia de intensidad en dos campos volcánicos considerados ambos activos, con una edad similar y tipos de volcanes predominantes han sido discutido en trabajos anteriores como Sieron *et al.* (2023) y comprenden el régimen tectónico que a su vez influye la tasa de ascenso de magma, así como el grosor de la corteza subyacente.

En cuanto a los métodos estadísticos para comparar la intensidad espacial de campos volcánicos de forma precisa, se puede decir el método de patrones puntuales espaciales resulta una alternativa atractiva para tratar de modelar la aleatoriedad espacial de los fenómenos volcánicos.

Debido a su naturaleza paramétrica, la modelación no paramétrica de la intensidad, mediante kernels y matriz de ancho de banda, pueden tener la ventaja de tener mayor flexibilidad y por ende aportar mejores ajustes al comportamiento de los campos volcánicos. Una diferencia importante de los métodos kernel y el kriging, es que tiene como eje central las distancias entre los puntos.

En este trabajo, el método de patrones puntuales espaciales tiene como eje central un proceso Poisson para el número de eventos por unidad de área. Sin embargo, no se tiene actualmente acceso a un método que compare estimaciones de densidad kernel mediante una prueba de hipótesis o métodos más robustos. De acuerdo con lo anterior, el método propuesto en este trabajo mediante patrones puntuales espaciales representa una alternativa con una prueba de hipótesis para la comparación de intensidades espaciales volcánicas.

Así mismo, de manera parcial, la prueba de permutaciones compensa los ajustes rígidos de los modelos paramétricos de procesos Poisson no homogéneo. Nuestra propuesta permite hacer comparaciones entre intensidades espaciales paramétricas polinomiales, como recomienda Baddeley (2015). Pero nuestra comparación va más allá de lo exploratorio, ya que aporta un nivel de significancia, un p-valor, a los resultados sobre las comparaciones de las intensidades espaciales.

Referencias

Baddeley, A., Rubak, E. y Turner, R. (2015). *Spatial point patterns: methodology and applications with R*. CRC Press.

Baddeley, A., and Turner, R. (2005). Spatstat: An R package for analyzing spatial point patterns.

- Bebbington, M.** (2009). Volcanic Eruptions: Stochastic Models of Occurrence Patterns. En R. Meyers, (Ed.), *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. (pp. 9831–9861). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30440-3_580
- Becerril, L., Cappello, A., Galindo, I., Neri, M. y Del Negro, C.** (2013). Spatial probability distribution of future volcanic eruptions at El Hierro Island (Canary Islands, Spain). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 257, 21-30.
- Besag, J. y Diggle, P. J.** (1977). Simple Monte Carlo tests for spatial pattern. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, 26(3), 327-333.
- Boots, B. y Getis, A.** (1988). Point Pattern Analysis. En Thrall, G. I. (Ed.), *The Web Book of Regional Science* (Web version, pp. 8-69). WVU Research Repository.
- Cappello, A., Bilotta, G., Neri, M. y Negro, C.** (2013). Probabilistic modeling of future volcanic eruptions at Mount Etna. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118(5), 1925-1935.
- Cappello, A., Neri, M., Acocella, V., Gallo, G., Vicari, A. y Del Negro, C.** (2012). Spatial vent opening probability map of Etna volcano (Sicily, Italy). *Bulletin of Volcanology*, 74, 2083-2094.
- Connor, C.** (1990). Cinder Cone Clustering in the TransMexican Volcanic Belt: Implications for Structural and Petrologic Models. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 95(B12), 1653. https://digitalcommons.usf.edu/geo_facpub/1653
- Connor, C., Conway, F. y Sigurdsson, H.** (2000). Basaltic volcanic fields. En H. Sigurdsson (Ed.), *Encyclopedia of Volcanoes* (2a ed., pp. 423-439). Academic Press.
- Diggle, P.** (2013). *Statistical analysis of spatial and spatio-temporal point patterns*. CRC press.
- Diggle, P. J., Mateu, J. y Clough, H.** (2000). A comparison between parametric and non-parametric approaches to the analysis of replicated spatial point patterns. *Advances in Applied Probability*, 32(2), 331-343.
- Doob, J.** (1990). *Stochastic Processes*. Wiley.
- Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V. y Manea, M.** (2012). The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. *Tectonophysics*, 522, 122-149.
- Gelfand, A. E., Diggle, P., Guttorp, P. y Fuentes, M.** (2010). *Handbook of spatial statistics*. CRC press.
- Good, P.** (2013). *Permutation tests: a practical guide to resampling methods for testing hypotheses*. Springer Science & Business Media.
- Hahn, U.** (2012). A studentized permutation test for the comparison of spatial point patterns. *Journal of the American Statistical Association*, 107(498), 754-764.
- Ho, C. y Smith, E.** (1998). A spatial-temporal/3-D model for volcanic hazard assessment: application to the Yucca Mountain region, Nevada. *Mathematical geology*, 30, 497-510.
- Hopkins, J., Smid, E., Eccles, J., Hayes, J., Hayward, B., McGee, L., Wijk, K., Wilson, T., Cronin, S., Leonard, G., Lindsay, J., Nemeth, K. y Smith, I.** (2021). Auckland Volcanic Field magmatism, volcanism, and hazard: a review, *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 64(2–3), 213-234. <https://doi.org/10.1080/00288306.2020.1736102>

- Jaimes-Viera, M., Del Pozzo, A., Layer, P., Benowitz, J. y Nieto-Torres, A. (2018).** Timing the evolution of a monogenetic volcanic field: Sierra Chichinautzin, Central Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 356, 225-242. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.03.013>
- Kambhatla, N. y Leen, T. (1997).** Dimension reduction by local principal component analysis. *Neural computation*, 9(7), 1493-1516. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.7.1493>
- Le Corvec, N., Spörli, K., Rowland, J. y Lindsay, J. (2013).** Spatial distribution and alignments of volcanic centers: clues to the formation of monogenetic volcanic fields. *Earth-Science Reviews*, 124, 96-114. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.05.005>
- Mazzarini, F., Ferrari, L. y Isola, I. (2010).** Self-similar clustering of cinder cones and crust thickness in the Michoacan–Guanajuato and Sierra de Chichinautzin volcanic fields, Trans-Mexican Volcanic Belt. *Tectonophysics*, 486(1-4), 55-64.
- R Core Team (2024).** *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ripley, B. (1977).** Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 39(2), 172-192.
- Ripley, B. (1979).** Tests of randomness for spatial point patterns. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 41(3), 368-374.
- Sieron, K., Guilbaud, M., Zarazúa-Carbajal, M. y Juárez-Cerrillo, S. (2023).** Monogenetic volcanism in subduction settings: comparative statistical study of the Sierra Chichinautzin and Los Tuxtlas Volcanic Fields in Mexico. *Bulletin of Volcanology*, 85(2), 14. <https://doi.org/10.1007/s00445-023-01625-4>
- Sieron, K., Juárez Cerrillo, S., González-Zuccolotto, K., Córdoba-Montiel, F., Connor, C., Connor, L. y Tapia-McClung, H. (2021).** Morphology and distribution of monogenetic volcanoes in Los Tuxtlas Volcanic Field, Veracruz, Mexico: implications for hazard assessment. *Bulletin of Volcanology*, 83(7), 47. <https://doi.org/10.1007/s00445-021-01467-y>
- Steele, J. (2001).** *Stochastic calculus and financial applications (Vol. 1)*. Springer.
- Wackerly, D., Mendenhall III, W. y Scheaffer, R. (2002).** *Estadística matemática con aplicaciones*. Cengage Learning.

Apéndice

Sean $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ las localizaciones de los volcanes del campo Chichinautzin. La verosimilitud de un proceso de Poisson puntual espacial para este proceso puntual espacial es

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \lambda_{Chi}(x_i, y_i; \beta) \exp \left\{ - \int_{-2}^2 \int_{-4}^4 \lambda_{Chi}(x, y; \beta) dx dy \right\}$$

donde $\lambda_{Chi}(x, y; \beta) = e^{\beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 x^2 + \beta_4 y^2 + \beta_5 xy}$ con $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_5) \in \Theta = \mathbb{R}^6$ y la región de observación es el rectángulo $S = [-2, 2] \times [-4, 4]$. De manera similar se

construye la verosimilitud para las localizaciones del campo Los Tuxtlas $\{(u_1, v_1), (u_2, v_2), \dots, (u_m, v_m)\}$

$$L(\gamma) = \prod_{i=1}^m \lambda_{LT}(u_i, v_i; \gamma) \exp \left\{ - \int_{-2}^2 \int_{-4}^4 \lambda_T(u, v; \gamma) dudv \right\}$$

donde $\lambda_{LT}(u, v; \gamma) = e^{\gamma_0 + \gamma_1 u + \gamma_2 v + \gamma_3 u^2 + \gamma_4 v^2 + \gamma_5 uv}$ con $\gamma = (\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_5) \in \Theta = \mathbb{R}^6$. La hipótesis nula es $H_0: \lambda_{Chi} = \lambda_{LT}$. Bajo la hipótesis nula, sea $\lambda = \lambda_{Chi} = \lambda_{LT}$ la densidad común que gobierna al proceso de Poisson de ambos campos. Entonces podemos unir las observaciones de ambos campos y tener la verosimilitud

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n \lambda(x_i, y_i; \theta) \prod_{i=1}^m \lambda(u_i, v_i; \theta) \exp \left\{ - \int_{-2}^2 \int_{-4}^4 \lambda(x, y; \theta) dx dy \right\}$$

donde $\lambda(x, y; \theta) = e^{\theta_0 + \theta_1 x + \theta_2 y + \theta_3 x^2 + \theta_4 y^2 + \theta_5 xy}$ con $\theta = (\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_5) \in \Theta = \mathbb{R}^6$. Si las intensidades son diferentes pero las localizaciones de los volcanes entre los campos son independientes entonces formamos la verosimilitud conjunta

$$L(\beta, \gamma) = L(\beta)L(\gamma).$$

El estadístico de prueba es el cociente de verosimilitudes

$$\Lambda = \frac{\max_{\theta \in \Theta} \max L(\theta)}{\max_{\beta \in \Theta, \gamma \in \Theta} L(\beta, \gamma)} = \frac{\max_{\theta \in \Theta} \max L(\theta)}{\max_{\beta \in \Theta} L(\beta) \max_{\gamma \in \Theta} L(\gamma)}$$

Todo el procesamiento computacional en este trabajo se hizo con R. En particular, la prueba de permutaciones se programó con R (R Core Team, 2024) y el cociente de verosimilitudes lo calculamos numéricamente con el paquete de R spatstat de Baddeley y Turner (2005).

Desigualdad de género en el trabajo doméstico y de cuidados en la población de la Universidad Veracruzana

Gender inequality in domestic and care work in the population of the Universidad Veracruzana

Rocío López-Lara ^a | Rubén Flores-González ^b

Recibido: 2 de febrero de 2024.

Aceptado: 14 de marzo de 2024.

^a Observatorio de Igualdad de Género (OIG), Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana (UV).
Xalapa, México. Contacto: rociolopez02@uv.mx | ORCID: [0000-0001-7201-4135](https://orcid.org/0000-0001-7201-4135)

*Autora para correspondencia.

^b Observatorio de Igualdad de Género (OIG), Centro de Estudios de Opinión y Análisis, Universidad
Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: rubeflores@uv.mx | ORCID: [0000-0002-2415-6742](https://orcid.org/0000-0002-2415-6742)

Cómo citar:

López-Lara, R. y Flores-González, R. (2024). Desigualdad de género en el trabajo doméstico y de cuidados en la población de la Universidad Veracruzana. *UVserva*, (17), 19-34. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3027>

Resumen: En el 2021 el Observatorio de Igualdad de Género (OIG) de la Universidad Veracruzana (UV) aplicó una encuesta para identificar las condiciones de desigualdad de género que experimenta la población estudiantil y trabajadora al interior de la universidad y en los espacios extrauniversitarios. Una de las dimensiones exploradas es la que se refiere al trabajo de cuidados, la corresponsabilidad familiar y las condiciones de conciliación. En este artículo se presentan los resultados correspondientes a esta dimensión. Se encontró que 3 de cada 10 hogares universitarios se identifican con necesidades de cuidados y son las mujeres, especialmente las trabajadoras, quienes se ocupan de esos cuidados, con las consecuentes sobrecargas de trabajo y costos en su bienestar físico y emocional. Los hombres universitarios cuentan con mayores apoyos familiares para redistribuir estas tareas. Se requiere emprender medidas institucionales para favorecer la corresponsabilidad familiar y la conciliación entre el trabajo y el hogar, garantizando así iguales oportunidades de participación para mujeres y hombres.

Palabras clave: Cuidados; conciliación; desigualdad de género; universidad.

Abstract: *In 2021, the Gender Equality Observatory of the Universidad Veracruzana applied its survey to identify the conditions of gender inequality experienced by the student and worker population within the university and in extra-university spaces. One of the dimensions explored is that which refers to care work, family co-responsibility and conciliation conditions. This article presents the results corresponding to this dimension. It was found that 3 out of 10 university households identify with care needs and it is women, especially the working women, who take care of this care, with the consequent work overloads and costs to their physical and emotional well-being. University men have greater family support to redistribute these tasks. It is necessary to undertake institutional measures to promote family co-responsibility and the conciliation between work and home, thus guaranteeing equal opportunities for participation for women and men.*

Keywords: *Care; Conciliation; Gender Inequality; University.*

Introducción

La mayoría de las sociedades del mundo se encuentran organizadas por lo que Gayle Rubin (1986) llamó el sistema sexo/género. Se trata de una organización simbólica y material a partir de la cual se atribuye valor y posición diferenciada a hombres y mujeres dentro de la estructura social. Opera como una serie de disposiciones, mandatos, normas y arreglos para que mujeres y hombres realicen tareas diferenciadas y reciban reconocimiento distinto por lo que hacen, de allí que la reproducción de este sistema se traduce material y políticamente en múltiples asimetrías, desventajas y roles subordinados que afectan negativamente a las mujeres. Uno de los mecanismos, a través de los cuales se sostiene el sistema sexo/género, es la división sexual del trabajo,

esto es el reparto desigual de los trabajos productivos (actividades remuneradas, para el mercado) y reproductivos (actividades domésticas y de cuidados, en el hogar); los primeros culturalmente supuestos para los hombres y los segundos para las mujeres.

Innumerables estudios han documentado que la incorporación de las mujeres al trabajo en el mercado no implicó que los hombres se incorporaran al trabajo del hogar; lo que sucedió es que las mujeres trabajadoras debieron asumir dobles y triples jornadas, con la consecuente sobrecarga de trabajo total, reducción de tiempos para el descanso, el autocuidado y el desarrollo profesional y, a la larga, consecuencias negativas en su bienestar y en sus oportunidades de acceder a empleos de calidad.

En México, la división sexual del trabajo es clara: las mujeres dedican tres veces más tiempo que los hombres al trabajo del hogar (Pacheco y Flórez, 2019). La Encuesta Nacional de Uso del Tiempo 2019 reportó que las mujeres dedican en promedio 28.8 horas por semana a las actividades de cuidados, mientras que los hombres dedican 12.9 horas.

Las universidades son espacios sociales generizados en el sentido de que asumen la incorporación de mujeres y hombres a la vida universitaria de forma neutra o ciega al género; es decir, sin considerar la forma como las desigualdades del hogar les facilitan u obstaculizan a unos y otras su participación en la vida académica. Un estudio en la UNAM mostró que todas las mujeres universitarias, independientemente de la configuración familiar, edad o nivel laboral, dedican más tiempo al trabajo del hogar, en comparación con los hombres universitarios. Las más afectadas son las mujeres administrativas, seguidas de las académicas, las estudiantes de posgrado y las de licenciatura (Flores *et al.*, 2017).

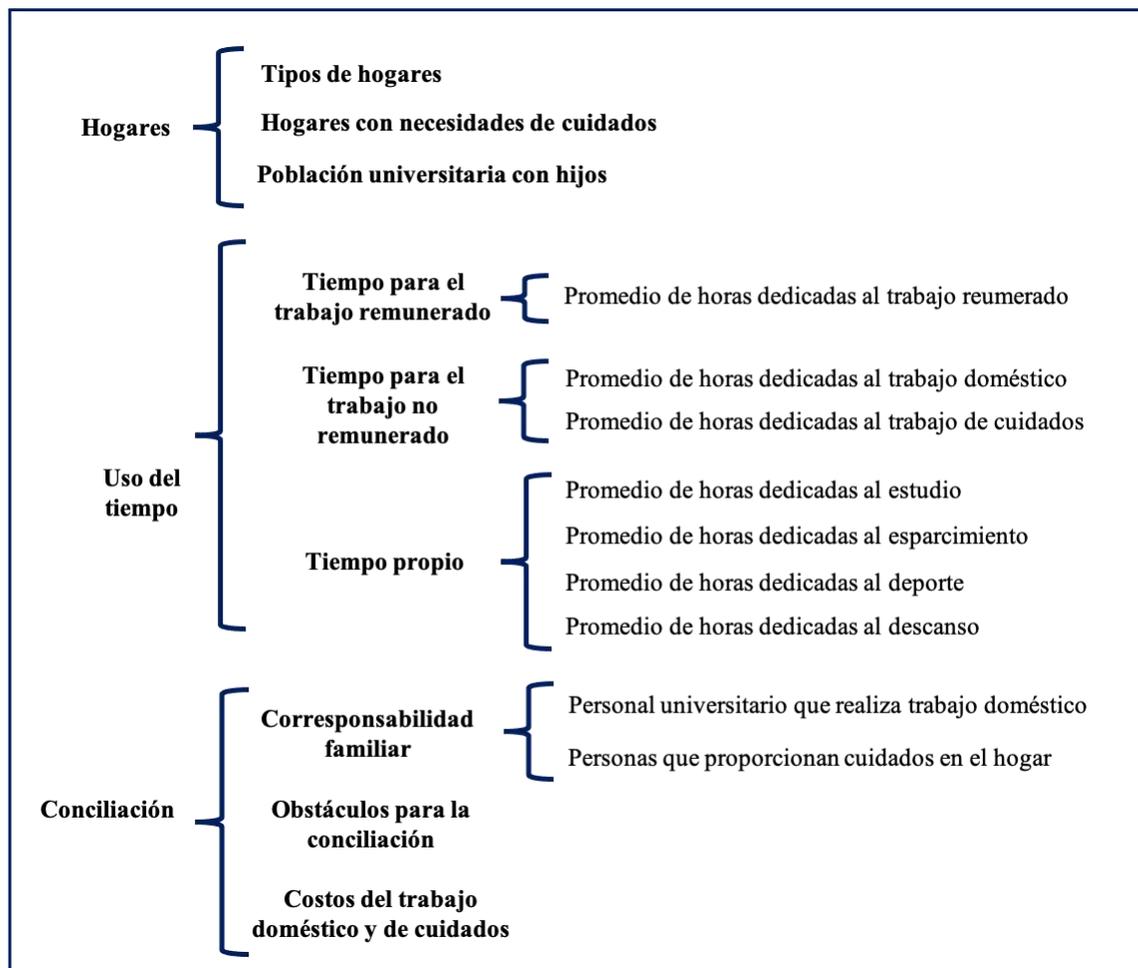
Se ha identificado que mientras más aumenta la escolaridad de los hombres incrementa el tiempo que dedican a los cuidados directos (atender o estar pendiente de personas menores, mayores o enfermas), pero disminuye su participación en el cuidado indirecto (el trabajo doméstico) (Pacheco y Flórez, 2019).

Por todo lo anterior, la medición del trabajo de cuidados que se realiza al interior de los hogares constituye, desde hace varias décadas, una prioridad para el diseño de políticas públicas e institucionales que contribuyan a la democratización de las relaciones entre mujeres y hombres en todos los ámbitos sociales.

En este sentido, el Observatorio de Igualdad de Género de la Universidad Veracruzana (OIGUV) se propuso identificar cómo se presentaba el reparto del trabajo doméstico y de cuidados en los hogares de la población estudiantil y trabajadora de la universidad, cuáles eran los niveles de corresponsabilidad (reparto equitativo de tareas domésticas y de cuidados entre integrantes del hogar) y cuáles los obstáculos para la conciliación (compatibilización satisfactoria de actividades productivas y reproductivas).

La dimensión de cuidados es una de las más ricas del modelo conceptual del OIGUV (López-Lara y Flores-González, 2022), ya que permite explorar las configuraciones de los hogares universitarios, el uso del tiempo y las prácticas de conciliación, a través de 14 indicadores desglosados por sexo (**Figura 1**) Además, permite analizar estos indicadores en su intersección con los de otras dimensiones como la de Acceso a oportunidades para el desarrollo académico y profesional o la de salud mental.

Figura 1
Variables e indicadores de la dimensión de cuidados (OIGUV)



Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema para el monitoreo de la (des)igualdad de género en la Universidad Veracruzana (OIGUV)

1. Métodos

Los siguientes resultados fueron obtenidos por el OIGUV en junio del 2021 a partir de la primera aplicación en línea de la *Encuesta sobre las condiciones familiares y comunitarias de la población universitaria para su acceso a la igualdad de género* (ENCOIGUV), a una muestra de la población universitaria, representativa por tipo de población, sexo y región universitaria. La encuesta explora información sobre la (des)igualdad en nueve dimensiones de la vida universitaria y extrauniversitaria; en este manuscrito se reporta lo relativo a la dimensión Trabajo de cuidados.

Durante la aplicación y manejo de la información se garantizó el anonimato de las y los informantes, así como la protección de datos personales sensibles.

2. Resultados

2.1. Descripción de la muestra

Se obtuvo la participación de 1730 personas, de las cuales el 56.8 % fueron mujeres y el 43.2 %, hombres (**Tabla 1**). En función de las regiones de adscripción, el 37.8 % de la participación correspondió a Xalapa, el 13.9 % a Veracruz-Boca del Río, el 16 % a Poza Rica-Tuxpan, el 21.4 % a Córdoba-Orizaba y el 10.9 % a Coatzacoalcos-Minatitlán.

Con relación a las áreas disciplinares, el 23.7 % correspondió a Económico-Administrativa, el 24.1 % a Ciencias de la Salud, el 14.5 % a Ciencias Biológicas y Agropecuarias, el 12 % a Humanidades, el 11.6 % al área Técnica, el 4.7 % a Artes y 9.4 % a otro tipo de adscripción (como Universidad Veracruzana Intercultural [UVI] o personal de la administración universitaria).

Tabla 1
 Composición final de la muestra

Tipo de población universitaria	Muestra de la ENCOIGUV-2021					
	Mujeres		Hombres		Total	
	F	%	F	%	F	%
Estudiantil	464	59.4	317	40.6	781	45.1
Personal universitario	519	54.7	430	45.3	949	54.9
Total	983	56.8	747	43.2	1730	100

Fuente: ENCOIGUV 2021

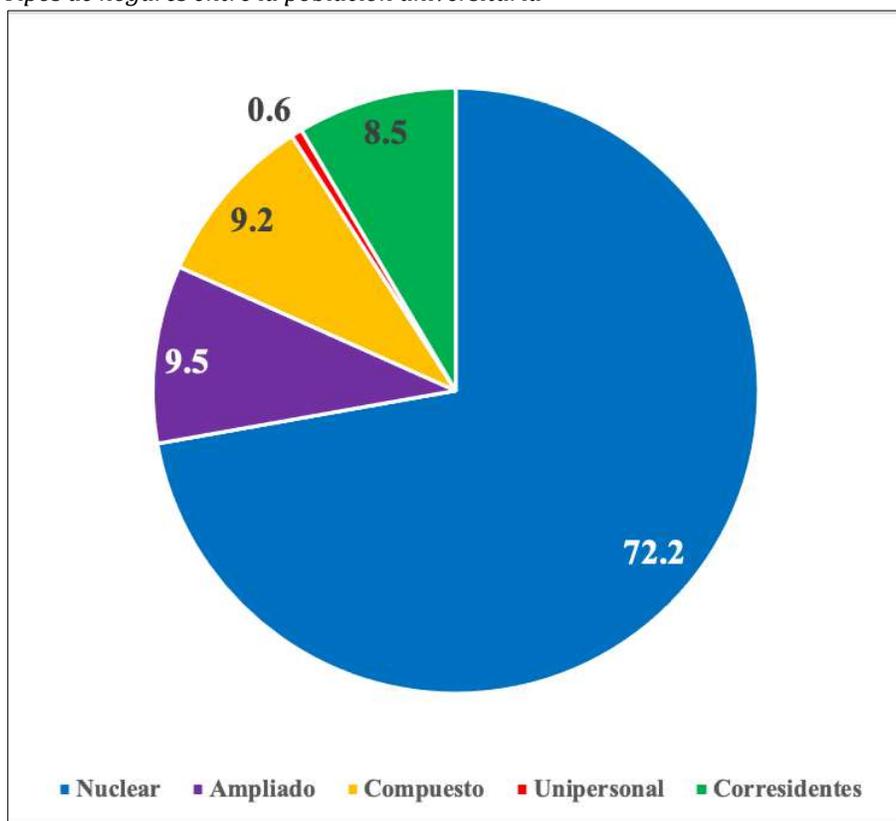
2.2. Caracterización de los hogares de la población universitaria

2.2.1. Tipos de hogares

Respecto a la tipología de los hogares, entre la población universitaria predominan los de tipo familiar. El 72.2 % del total de las personas encuestadas vive en hogares nucleares (4.9 % vive con sus padres; 5.1 % con su pareja; 40.7 % con su pareja e hijos/as; 21.5 % sólo con sus hijos/as); el 9.5 % de la muestra vive en hogares ampliados (familia nuclear más otros familiares, como padres o hermanos) y el 9.2 % en hogares compuestos (familia nuclear y ampliada más otras personas sin parentesco).

El resto de la muestra se ubica en hogares no familiares: 8.5 % vive con personas con las que no tiene parentesco (corresidentes) y 0.6 % vive solo o sola (hogares unipersonales).

Figura 2
Tipos de hogares entre la población universitaria



Fuente: ENCOIGUV 2021.

2.2.2. Hogares con necesidades de cuidados

El 32.3 % de la población universitaria encuestada vive al menos con una persona que requiere cuidados por edad (menores de edad o personas mayores) o situación de salud. Este porcentaje incrementa al 36 % entre la población trabajadora y disminuye al 27.8 % entre la población estudiantil.

En función del sexo, se reportan más hogares con necesidades de cuidados entre las mujeres universitarias (en el 35.3 % de la muestra de mujeres), mientras que esta situación disminuye al 28.4 % entre los hombres (**Tabla 2**).

Tabla 2

Población universitaria que vive en hogares con necesidades de cuidados, según sexo y tipo de población de la persona encuestada

Tipo de población	Vive con personas que requieren cuidados			
	Mujeres	%	Hombres	%
Estudiantil	153	33	64	20.2
Personal universitario	194	37.4	148	34.4
Total	347	35.3	212	28.4

Fuente: ENCOIGUV 2021

2.2.3. Población universitaria con hijos

Se encontró que el 35.2 % de la población encuestada tiene uno o dos hijos (7.9 % en el caso de estudiantes y 57.6 % en el caso de la población trabajadora) y el 6.7 % tiene tres o más hijos (0.5 % en estudiantes y 11.9 % entre trabajadores y trabajadoras).

Aunque en términos generales, 4 de cada 10 personas encuestadas tiene hijos, esta proporción disminuye a 1 de cada 10 entre la población estudiantil. En contraparte, el 57.9 % de la población universitaria encuestada no tiene hijos, predominando esta situación –como se mencionó– entre el estudiantado, mientras que 3 de cada 10 personas trabajadoras no tienen hijos (**Tabla 3**).

Tabla 3

Distribución porcentual de la muestra según tipo de población, sexo y número de hijos

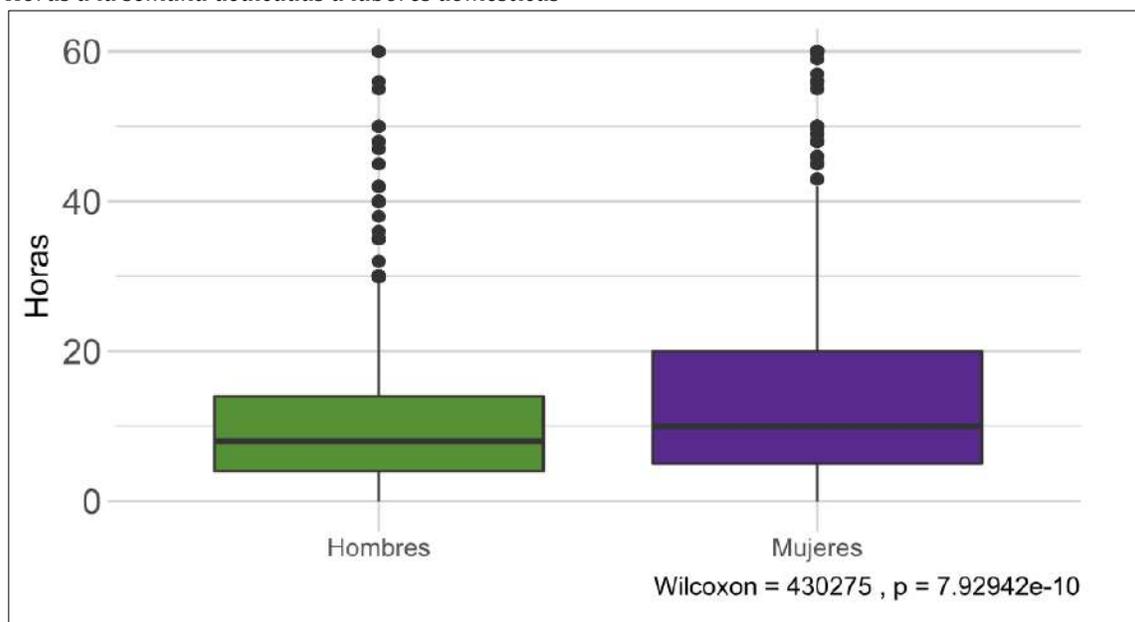
Tipo de población universitaria	Mujeres	Hombres	Total
Estudiantil			
0 hijos	90.6	92.1	91.2
1-2 hijos	8.2	7.6	7.9
3 o más hijos	1	0	0.5
Trabajadora			
0 hijos	28.1	33.3	30.5
1-2 hijos	63.0	51.2	57.6
3 o más hijos	8.9	15.6	11.9
Subtotal			
0 hijos	57.6	58.2	57.9
1-2 hijos	37.1	32.7	35.2
3 o más hijos	5.1	9.1	6.7

Fuente: ENCOIGUV 2021.

2.3. Uso del tiempo: trabajo remunerado, no remunerado y tiempo propio

Se observó que las mujeres de la Universidad Veracruzana (UV) dedican al trabajo remunerado una media de 24 horas semanales, por 25.9 horas/semana en el caso de los hombres. Esta diferencia resulta apenas significativa de acuerdo con la prueba de rangos Wilcoxon, $W = 346820$, $p = 0.047$.

Para el caso de labores domésticas y labores de cuidados no remuneradas, la diferencia es mucho más clara. En labores domésticas, la mujeres dedican 14.9 horas semanales en promedio, por 10.5 de los hombres (**Figura 3**). En labores de cuidados, semanalmente las mujeres dedican 7.6 horas, mientras que los hombres invierten en promedio 5.6 horas semanales en estas tareas.

Figura 3*Horas a la semana dedicadas a labores domésticas*

Fuente: ENCOIGUV 2021

Si se analiza el uso del tiempo sólo entre la población trabajadora, se observa claramente la sobrecarga de tiempo de trabajos en las mujeres que laboran para la universidad. Si bien hombres y mujeres dedican a la semana, en promedio, las mismas horas al trabajo remunerado, dado que las mujeres desarrollan más trabajo doméstico y de cuidados en el hogar, terminan trabajando cerca de 10 horas más que los hombres en la misma función, como es el caso del personal docente (**Tabla 4**).

Las horas dedicadas al trabajo doméstico no sólo son sensibles al sexo, sino también a la situación conyugal; mientras que los universitarios solteros dedican un promedio de 9.5 horas a la semana a estas actividades, las universitarias solteras dedican 12.2. En el caso de la población casada, en unión libre, divorciada o viuda, en conjunto, las mujeres dedican 19.2 horas, mientras que los hombres dedican en promedio 11.3 horas a la semana.

Sólo en el uso del tiempo propio las brechas de desigualdad se reducen entre mujeres y hombres; en ambas poblaciones –estudiantil y trabajadora– los dos sexos dedican un promedio de horas semejante al estudio y al esparcimiento; es en el deporte o ejercicio donde los académicos aventajan a las académicas respecto al tiempo semanal para estas actividades.

Tabla 4

Promedio de horas semanales dedicadas al trabajo total, al trabajo remunerado y no remunerado, por sexo y tipo de población

Tipo de población	Tiempo total		Trabajo remunerado		Trabajo no remunerado			
	Promedio de horas dedicadas al trabajo total (remunerado y no remunerado)		Promedio de horas dedicadas al trabajo remunerado		Promedio de horas dedicadas al trabajo doméstico en el hogar		Promedio de horas dedicadas al cuidado	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
Población trabajadora (n=949)	61.3	51.8	34.3	34.1	17.7	11.3	9.3	6.4
Mandos medios y superiores (n=129)	61.3	55.2	38.3	38.9	15.4	10.2	7.6	6.1
Personal académico (n=385)	61.2	52.4	34.1	33.8	17.8	12.5	9.3	6.1

Fuente: ENCOIGUV 2021

Llama la atención que, pese a que en general las trabajadoras reportaron dedicar mayor número de horas al trabajo total (la suma del remunerado y el no remunerado), son ellas las quienes reportan dedicar más horas a la semana al descanso, en comparación con los hombres.

Tabla 5

Promedio de horas semanales dedicadas al tiempo propio, por tipo de población y sexo

Tipo de población	Tiempo propio							
	Promedio de horas dedicadas al estudio		Promedio de horas dedicadas al esparcimiento y entretenimiento		Promedio de horas dedicadas al deporte o ejercicio		Promedio de horas dedicadas al descanso	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
Estudiantil	16.5	15.9	7.1	8.1	3.6	4.9	18.1	19.3
TSU, Licenciatura o ingeniería (n=630)	15.8	14.3	7.4	7.3	3.4	5.9	17.2	18.2
Posgrado (Especialidad, Maestría, Doctorado) (n=151)	23.1	24.3	8.1	9.1	4.3	5.5	22.1	23.5
Trabajadora	7.4	8.4	7.4	7.5	3.1	4.4	25.3	24.2
Mandos medios y superiores (n=129)	7.1	8.2	7.6	7.3	3.3	3.5	29.5	22.1
Personal académico (n=385)	10.4	10.4	7.1	8.7	3.2	5.5	26.7	25.3

Fuente: ENCOIGUV 2021

2.4. Conciliación

2.4.1. Corresponsabilidad familiar

La corresponsabilidad familiar se exploró con 2 indicadores: realización de trabajo doméstico por sexo y participación familiar en el trabajo de cuidados. Respecto al primer indicador, se encontró que hay una brecha de 17 puntos porcentuales entre las trabajadoras que siempre realizan las actividades domésticas en su hogar, en comparación con los trabajadores universitarios que realizan estas actividades en su hogar con la misma frecuencia.

Tabla 6

Regularidad con que el personal universitario realiza actividades domésticas en el hogar, por sexo

	Mujeres	Hombres
Siempre	56.3	39.1
Casi siempre	27.4	33.0
A veces	14.1	24.4
Casi nunca	2.3	3.0
Nunca	0	0.5

Fuente: ENCOIGUV, 2021.

De nuevo la situación conyugal contribuye a que los hombres realicen con menor regularidad actividades domésticas; el 59.7 % de las trabajadoras universitarias casadas, en unión libre, divorciadas o viudas reporta que son ellas quienes siempre realizan estas actividades en su hogar, mientras que en los trabajadores con similar situación conyugal el porcentaje disminuye al 38 %.

La brecha se reduce a la mitad entre hombres y mujeres en soltería. La brecha de desigualdad se observa también en la distribución de las actividades de cuidado. Una menor proporción de hombres universitarios enfrenta la situación de que en su hogar se requiera proveer cuidados a personas dependientes por edad o condición de salud, en comparación con las universitarias en la misma situación.

Pero, además, menos hombres participan de manera principal o secundaria en proveer ese cuidado en sus hogares. Mientras que el 35.3 % de las mujeres que vive con una persona dependiente se hace cargo de sus cuidados sin la participación de alguien más, solo el 13.2 % de los hombres se reconoce como cuidador único. El 27.2 % de los hombres que cuidan cuentan con la colaboración de su pareja; pero en el caso de las mujeres que cuidan la participación de la pareja se reduce al 9.9 % (**Tabla 7**).

Tabla 7

Participación familiar en la distribución de los cuidados, según sexo de la persona encuestada

	Mujeres		Hombres	
	F	%	F	%
Vive con una persona o más que requieren cuidados	347	35.3	212	28.4
Participan en el cuidado de la persona necesitada	283	81.6	151	71.2
Cuidan sin tener apoyo de nadie más	100	35.3	20	13.2
Comparten el cuidado con otros miembros de la familia o personal contratado	183	64.7	131	86.8
La pareja participa en el cuidado	28	9.9	41	27.2
No participan en el cuidado	64	18.4	61	28.8

Fuente: ENCOIGUV, 2021.

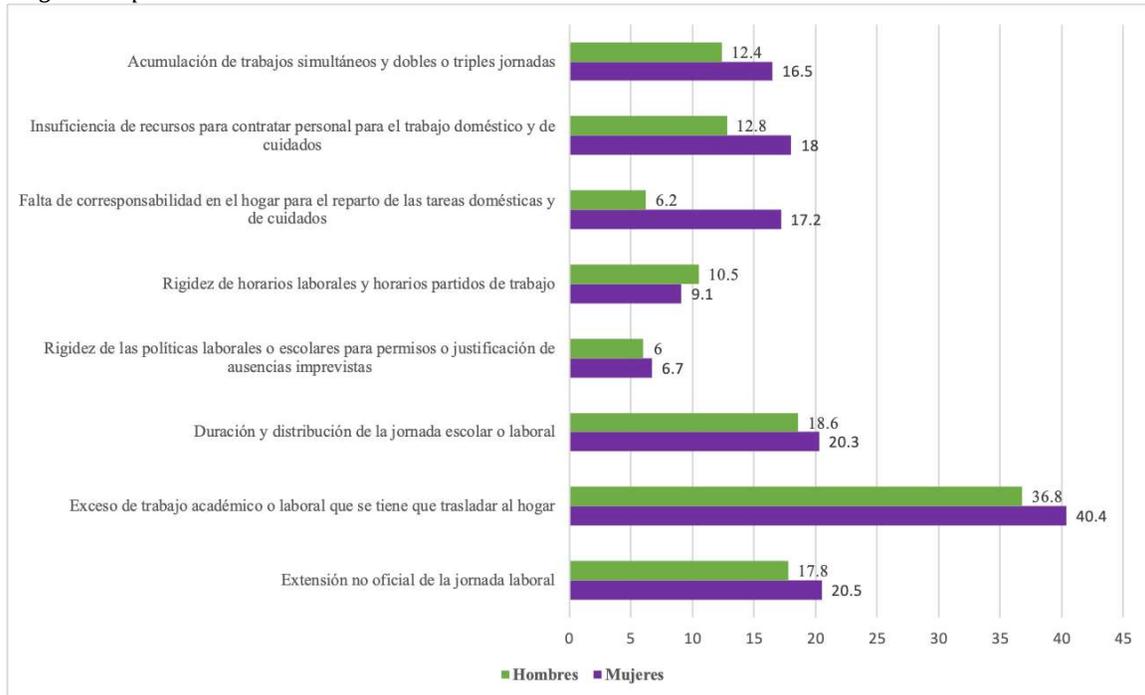
La desigualdad se confirma en la posibilidad de elegir no cuidar; el 18.4 % de las mujeres que viven en un hogar con necesidades de cuidados no participan en proveerlos; esta situación se eleva al 28.8 % en los hombres. En los casos donde las mujeres no cuidan es porque otra persona adulta o una persona contratada realizan estas actividades; mientras que en los casos donde los hombres no cuidan es porque la pareja –u otra persona adulta de la familia– se ocupa de cuidar.

2.4.2. Obstáculos para la conciliación

Cerca del 40% del personal universitario reporta como obstáculo para la conciliación el exceso de trabajo que se traslada al hogar, siendo las trabajadoras afectadas en mayor porcentaje. Este dato se refuerza con los resultados sobre la duración y distribución de la jornada laboral y su extensión no oficial. En el hogar el principal obstáculo para la conciliación es la falta de corresponsabilidad para el reparto de las tareas domésticas y de cuidados (**Figura 4**); de nuevo, son las trabajadoras quienes más enfrentan esta situación.

Figura 4

Distribución porcentual de los obstáculos que enfrenta el personal universitario para la conciliación, desglosada por sexo



Fuente: ENCOIGUV 2021

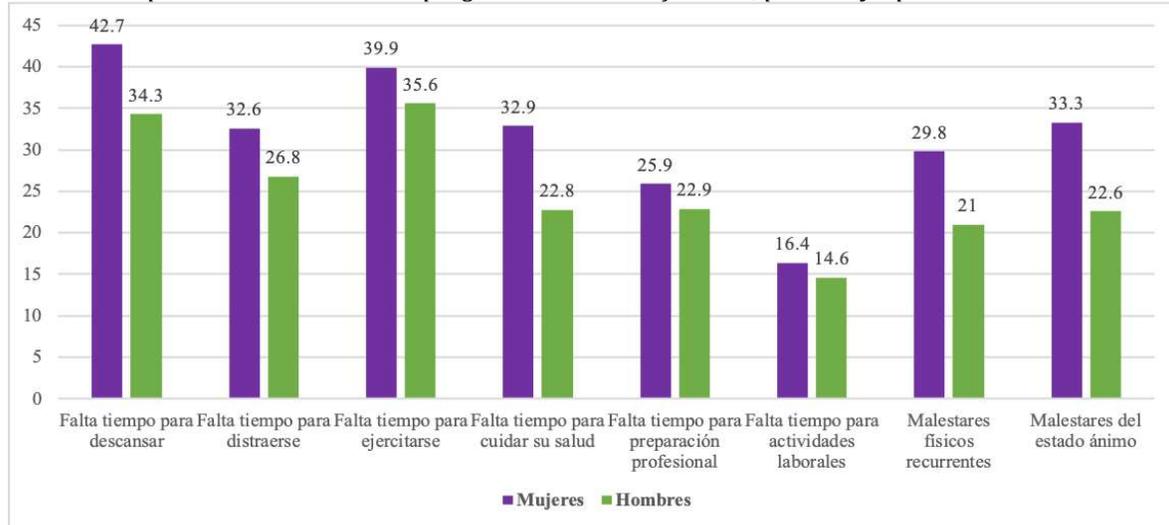
2.4.3. Costos del trabajo doméstico

Realizar actividades de cuidado, atención o asistencia a integrantes de la familia tiene efectos diferenciados en la disposición que mujeres y hombres hacen de su tiempo y esto, como consecuencia, genera costos físicos, emocionales y de bienestar general, también diferenciados.

La brecha entre mujeres y hombres respecto a la falta de tiempo para cuidar su salud y descansar es de 10 y 8 puntos porcentuales, respectivamente; de igual modo, la brecha es negativa para las mujeres en materia de malestares físicos y del estado de ánimo producto del trabajo de cuidados (**Figura 5**).

Figura 5

Distribución porcentual de los costos que genera el cuidado familiar, por sexo y tipo de costos



Fuente: ENCOIGUV, 2021.

La población más afectada en el estado de ánimo por realizar actividades de cuidado familiar son las estudiantes (37.72 %), mientras que la población más afectada por malestares físicos recurrentes asociados al cuidado son las trabajadoras (35.65 %); además, el 39.11 % de las trabajadoras reporta no tener tiempo para distraerse.

3. Discusión

Cinco hallazgos se destacan en este apartado. Primero, se encontró que el porcentaje de hogares con necesidades de cuidados entre la población universitaria (32 %) es significativamente menor a la identificada en población general (77 % según la ENASIC, 2022), lo que hace a la universitaria una población de particularidades en materia de necesidades de cuidados y motivo de mayores estudios que profundicen en sus diferencias con la población general.

Segundo, la brecha de género en materia de tiempo dedicado al trabajo doméstico y de cuidados es mucho menor en los hogares universitarios que la reportada por la ENUT 2019; las mujeres universitarias dedican a las labores de cuidados en sus hogares un promedio de 7.6 horas a la semana, lo que representa la tercera parte del tiempo dedicado por las mujeres de la población general a la misma actividad, según la misma encuesta; en el caso de los hombres universitarios, dedican 5.6 horas, la mitad del tiempo que los hombres de población general.

Tercero, mujeres y hombres universitarios dedican el mismo tiempo al trabajo remunerado y, como se mencionó antes, dedican menos tiempo a las labores domésticas y de cuidados, en comparación con la población general; sin embargo, las mujeres universitarias suman un promedio de 10 horas de trabajo total más que el tiempo de trabajo total de sus contrapartes masculinos; cubrir una jornada pública y

una jornada doméstica constituye explotación de su tiempo y de sus vidas (Lagarde, 1990/2015).

Cuarto, las mujeres universitarias -especialmente las trabajadoras casadas- trabajan más, cuidan más y, también, son más las mujeres que sufren la falta de tiempo o la presencia de malestares físicos y emocionales, por la falta de corresponsabilidad por parte de sus parejas y por las dinámicas laborales ciegas al género, lo que ha sido documentado en otras investigaciones (Ordorika *et al.*, 2015).

Por último, y a diferencia de lo concluido por Pacheco y Flórez (2019) respecto que a mayor escolaridad de los hombres aumenta el tiempo que dedican a los cuidados directos, en esta encuesta se encontró que los hombres universitarios dedican a las labores del hogar la mitad de horas en comparación con los hombres de población general. En sintonía con esto, se coincide con estudios que han mostrado que los hombres realizan tareas secundarias de cuidado (como transportar a los hijos o a los padres enfermos a las consultas médicas) y cuentan con más apoyos familiares para resolver las necesidades del hogar (Rodríguez y Galindo, 2019).

Los resultados de esta encuesta permiten documentar una realidad de los hogares de la población universitaria y, especialmente, las condiciones y determinaciones extrauniversitarias desde las cuales las mujeres se incorporan a la vida académica y laboral, significativamente desventajosas en comparación con las de los universitarios. Esto es relevante porque las desigualdades en el hogar, la falta de corresponsabilidad y de medidas de conciliación se pueden convertir en obstáculos para las trayectorias académicas y profesionales de las mujeres (Torres *et al.*, 2023; Alcázar y Balarin 2018), lo que debe ser del mayor interés de la Universidad Veracruzana como institución comprometida con la igualdad de género.

4. Conclusiones

La población universitaria no está exenta de la división sexual del trabajo que genera desigualdades entre mujeres y hombres; si bien ambos sexos dedican las mismas horas al trabajo en la universidad, las mujeres suman más horas de trabajo total por la sobrecarga del trabajo doméstico y de cuidados, lo que resulta en detrimento del tiempo propio, sobre todo para hacer ejercicio o deportes.

Pese a que más del 90% de los hogares de la población universitaria son del tipo familiar, son las mujeres quienes realizan en mayor medida el trabajo no remunerado en el hogar y esto se confirma en todos los análisis. Ninguna trabajadora universitaria está exenta de realizar con alguna regularidad el trabajo doméstico.

El mayor obstáculo para la conciliación entre el trabajo remunerado, el no remunerado y el disfrute del tiempo propio se relaciona con las dinámicas laborales al interior de la universidad (extensión de jornadas y trabajos que se trasladan al hogar) y la falta de corresponsabilidad al interior de la familia, especialmente por parte de los hombres; las más afectadas de la falta de un reparto equitativo son las trabajadoras casadas. Si bien hombres y mujeres refieren falta de tiempo para cuidar su salud, distraerse, descansar, ejercitarse, y además ambos reconocen padecer malestares

físicos y del estado de ánimo como consecuencia de cuidar, son las mujeres las más afectadas por esta situación.

La desigual distribución de los trabajos domésticos y de cuidados en los hogares universitarios se relaciona directamente con la escasa corresponsabilidad de integrantes masculinos; pero, las prácticas institucionales ciegas al género contribuyen al problema. La ausencia de políticas universitarias de conciliación tiene costos en la vida de mujeres estudiantes y trabajadoras, especialmente estas últimas; obstaculiza sus posibilidades de participar en la vida académica en condiciones de igualdad. El tema no es menor, más si se tiene en cuenta que 3 de cada 10 hogares entre la población universitaria encuestada tienen necesidad de cuidar a una persona dependiente por edad o situación de salud.

La corresponsabilidad en el cuidado y la sostenibilidad de los hogares no solo es un tema de las familias o un asunto entre mujeres y hombres; ética, laboral y políticamente es también un asunto del Estado, las instituciones, los sindicatos. En la UV se requieren medidas decididas en pro de la igualdad de oportunidades; los resultados muestran áreas de oportunidad para políticas de tiempo (licencias remuneradas de maternidad, paternidad, parentales, lactancia y flexibilización de horarios de trabajo); políticas de servicios (sistemas de cuidado que permitan a las mujeres derivar el cuidado infantil y de personas mayores a servicios institucionales; servicios de transporte que optimicen el uso del tiempo) y, sobre todo, políticas de transformación cultural (procesos de sensibilización y de cambio en las prácticas institucionales que ayuden a desmontar las barreras relativas a la estructura social generizada y coadyuven a la reorganización de roles en los hogares).

Referencias

- Alcázar**, L. y Balarin, M. (2018). ¿Cómo abordar el estudio de las inequidades de género en el mundo académico? En L. Alcázar y M. Balarin (Eds), *Desigualdad en la academia: mujeres en ciencias sociales peruanas* (pp. 26-35) Grupo Sofia y GRADE. <https://tinyurl.com/229jvv5c>
- Flores**, N., Nava, I., Ortiz, E. y García, T. (2017). *Trabajo doméstico y de cuidados: un análisis de las poblaciones académica, administrativa y estudiantil de la UNAM*. UNAM. <https://cieg.unam.mx/docs/publicaciones/archivos/105.pdf>
- Lagarde**, M. (1990/2015). *Los cautiverios de las mujeres. Madre-esposas, monjas, putas, presas y locas*. Siglo XXI.
- López-Lara**, R. y Flores-González, R. (2022). Sistema de indicadores del Observatorio de Igualdad de Género de la Universidad Veracruzana OIGUV. *UVserva*, (14), 65-69. <http://dx.doi.org/10.25009/uvs.vi14.2896>
- Ordorika**, T., Olivos, L. y Flores, N. (2015). Efectos del trabajo en el desempeño profesional y la calidad de vida. En: M. P. Castañeda y P. Ordorika, (Coords.), *Investigadoras en la UNAM: trabajo académico, productividad y calidad de vida* (pp. 133-168) CEIICH-UNAM. <https://tinyurl.com/yeyu4rzv>

- Pacheco, E. y Flórez, N.** (2019). Trabajo de cuidados directos e indirectos y su relación con la participación en el mercado de trabajo. En I. Rubio (Coord.), *Trabajo de cuidados y desigualdad* (pp. 175-243). OXFAM México.
<https://tinyurl.com/327n2heb>
- Rodríguez, A. y Galindo, E.** (2019). Acuerdos, tensiones y dilemas en la conciliación familiar y laboral de mujeres y hombres académicos. En: L. Castañeda-Rentería, K. Contreras y M. Parga (Coords.), *Mujeres en las Universidades Iberoamericanas: la búsqueda de la necesaria conciliación trabajo familia* (pp. 219-2459). Universidad de Guadalajara, Organización Universitaria Interamericana. <https://bit.ly/4dZe4nD>
- Rubin, G.** (1986). El tráfico de mujeres: notas sobre la “economía política” del sexo. *Nueva Antropología*, VIII(30), 95-145. <https://tinyurl.com/ymavxjy3>
- Torres, N., Pacheco, F. y Salazar, A.** (2023). Conciliación trabajo-familia: las académicas y la construcción social del género. *Millcayac. Revista digital de ciencias sociales*, X(18). <https://bit.ly/4bE5wRA>

Error médico auto percibido durante el proceso formativo
docente-asistencial de estudiantes de internado médico en
México

*Self-perceived medical error during the teaching-care training process
of medical internship students in Mexico*

Mauricio Fidel Mendoza González ^a | Francisco Domingo Vázquez Martínez ^b
Manuel Salvador Luzanía Valerio ^c

Recibido: 10 de febrero de 2023.

Aceptado: 5 de marzo de 2024.

^a Observatorio de Educación Médica y Derechos Humanos (OBEME), Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: mmendoza@uv.mx | ORCID: [0000-0003-1935-5744](https://orcid.org/0000-0003-1935-5744)

^b Observatorio de Educación Médica y Derechos Humanos (OBEME), Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: dvazquez@uv.mx | ORCID: [0000-0002-2931-3954](https://orcid.org/0000-0002-2931-3954)

^c Observatorio de Educación Médica y Derechos Humanos (OBEME), Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: mluzania@uv.mx | ORCID: [0000-0002-9377-6291](https://orcid.org/0000-0002-9377-6291) *Autor para correspondencia.

Cómo citar:

Mendoza-González, M. F., Vázquez-Martínez, R., Luzanía-Valerio, M. S. (2024). Error médico auto percibido durante el proceso formativo docente-asistencial de estudiantes de internado médico en México. *UVserva*, (17), 35-46. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2926>

Resumen: El objetivo del estudio fue estimar las diferencias de exposición a factores de riesgo y de protección que aporten información para explicar el error médico auto percibido en el espacio docente asistencial de estudiantes de internado médico en el estado de Veracruz, México. Se realizó un estudio transversal de periodo amplio en el que se empleó información, obtenida en el Observatorio de Educación Médica y Derechos Humanos (OBEME) de la Universidad Veracruzana (UV), de médicos adscritos a unidades hospitalarias en el estado de Veracruz, en los años 2020, 2021 y 2022, bajo la responsabilidad académica de la UV y las instituciones de salud receptoras de estudiantes de medicina en el estado de Veracruz, México. Se obtuvo información de 679 internos de pregrado. Se construyó un índice de tutoría y supervisión académica (ITSA) que se situó en 62.6 % el cual se consideró no haber alcanzado un valor satisfactorio para prevenir el error médico, y; un índice de prevención del error médico (IPE-Med) en 74.1 % que se situó en el límite de ser suficiente para ver cumplida su meta, con valores ligeramente superiores en las mujeres y por ende más satisfactorios. La evaluación analítica de factores de riesgo que explican el error médico auto percibido en los estudiantes de internado médico centra los valores con significancia estadística en aquellas condiciones que corresponden esencialmente a las decisiones autónomas, el trato, la comunicación o la seguridad. Dicho riesgo al error se incrementó en más de cinco veces al tomar decisiones clínicas autónomas.

Palabras clave: Error médico auto percibido; estudiantes de internado médico; educación médica; supervisión académica; prevención del error.

Abstract: *The objective of the study was to estimate the differences in exposure to risk and protective factors that provide information to explain self-perceived medical error in the teaching-care space of medical internship students in the state of Veracruz, Mexico. A long-term cross-sectional study was carried out using information obtained from the Observatory of Medical Education and Human Rights (OBEME) of the Universidad Veracruzana (UV), from doctors assigned to hospital units in the state of Veracruz, in the years 2020, 2021 and 2022, under the academic responsibility of the UV and the health institutions receiving medical students in the state of Veracruz, in Mexico. Information was obtained from 679 undergraduate interns. An academic tutoring and supervision index (ITSA) was constructed that stood at 62.6 %, which was considered not to have reached a satisfactory value to prevent medical error, and a medical error prevention index (IPE-Med) at 74.1 %, which was on the limit of being sufficient to meet its goal, with slightly higher values in women and therefore more satisfactory. The analytical evaluation of risk factors that explain self-perceived medical error in internal physicians focuses values with statistical significance on those conditions that essentially correspond to autonomous decisions, treatment, communication, or safety. This risk of error increased more than five times when making autonomous clinical decisions.*

Keywords: *Self-perceived medical error; medical internship students; medical education; academic supervision; error prevention.*

Introducción

La comisión de un error médico se puede deber a múltiples factores. Entre aquellos que se consideran de influencia directa, se incluye la formación y la destreza del personal médico, la encomienda de responsabilidades en médicos en formación o las cargas excesivas de trabajo, la fatiga y el estrés (Cantón-Fernández, 2016).

Hay evidencias que muestran que el error humano es la principal causa de eventos adversos que llevan a desenlaces desfavorables para las y los pacientes (Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America, 2000). Al respecto, se considera que, a pesar del vasto conocimiento del tema, aún falta mucho por hacer, especialmente para generar acciones efectivas para prevenirlos (Liu *et al.*, 2020; Ahsani-Estahbanati *et al.*, 2022).

El internado médico de pregrado es un ciclo académico que forma parte del plan de estudios de la Licenciatura en Medicina, se considera una fase teórico-práctica que se desarrolla en campos clínicos hospitalarios, incluye sesiones teóricas, atención clínica a pacientes y tareas administrativas. Las actividades se desarrollan durante doce meses en jornadas de trabajo extensivas que implican trabajo nocturno y permanencia en el hospital por más de 24 horas y por varios días a la semana (Norma Oficial Mexicana [NOM], 2014).

Esas actividades regularmente deben ser supervisadas por los médicos adscritos a la unidad de atención médica para prevenir y evitar, en la medida de lo posible, la comisión de algún error por parte del estudiante de internado médico, lo cual aporta beneficios sustanciales en la formación de los futuros médicos y puede garantizar una transmisión del conocimiento adecuado para las generaciones subsecuentes (Vázquez-Martínez, 2018).

No obstante, las condiciones laborales del internado médico se caracterizan por la sobrecarga de trabajo, el maltrato y la precariedad. La jornada laboral promedio de estos estudiantes es de aproximadamente 10 horas diarias, pero se puede prolongar hasta 36 horas sin descanso (Galán-Rodas *et al.*, 2010; Rojas, 2020).

En un estudio realizado en el estado de Nuevo León, México (Cobos-Aguilar *et al.*, 2019) durante el internado médico de pregrado, las mediciones finales de la aptitud clínica reflejan un nivel bajo e insuficiente para afrontar los problemas clínicos de los pacientes, lo cual no se corresponde con las distinciones de formación académica en diferentes escuelas o universidades. Sin embargo, algunos reportes en el país muestran la adquisición satisfactoria cuando se implementan intervenciones educativas dirigidas a mejorar los objetivos de aprendizaje (López *et al.*, 2020).

Hay también reportes que demuestran que durante el internado médico se puede ver afectada la calidad del sueño de forma crónica, condición que en ocasiones se acompaña de privación de este por largos periodos, siendo causa de somnolencia diurna, ansiedad y depresión, condiciones que se ven incrementadas al final de dicho ciclo académico. Un estudio realizado en la Ciudad de México mostró una prevalencia de mala calidad del sueño que pasó de 55.6 % a 84 %, $p < 0.01$; la somnolencia diurna de 8.9 % a 24.4 %, $p = 0.025$ y la proporción de ansiedad global (todos los niveles) se elevó de 26.7 % a 51.1 % (Gómez *et al.*, 2019).

La comisión del error médico en general ha sido ampliamente estudiada y queda clara la relevancia de su identificación, pero la autopercepción del mismo le da un sentido de objetividad asumida en extremo relevante lo cual, expresado, analizado e identificado en los periodos de formación académica abre expectativas de intervención potencial con un alto rendimiento, especialmente porque es un fenómeno frecuente que debe ser reflexionado en el proceso docente asistencial hospitalario (Mendoza-González *et al.* 2023).

El presente trabajo fue desarrollado para estimar las diferencias de exposición a factores potenciales de riesgo y de protección que coadyuven a una explicación preliminar del error médico auto percibido en el espacio docente asistencial en estudiantes de internado médico durante el periodo 2019–2021 en el estado de Veracruz México.

Material y Métodos

Se emplearon las bases de datos de los estudiantes de internado médico adscritos en unidades hospitalarias en el estado de Veracruz, las cuales son obtenidas de forma anual por el Observatorio de Educación Médica y Derechos Humanos (OBEME), a quienes cursaron y egresaron en los periodos anuales 2020, 2021 y 2022, bajo la responsabilidad académica compartida entre la Universidad Veracruzana (UV) y las instituciones de salud receptoras de estudiantes de medicina en el estado de Veracruz en México.

La información provino de la aplicación del cuestionario desarrollado por el OBEME, el cual ha sido validado para su aplicación en la población de becarios universitarios en formación clínica de internado médico, del servicio social y de especialidades médicas en México; instrumento que ha obtenido una valoración satisfactoria en cuanto a validez y precisión con un Alfa de Cronbach para la evaluación del derecho a la educación de 0.781 y para la evaluación del derecho al trabajo digno, de 0.792 (OBEME, 2018).

El atributo metodológico fue de un estudio transversal y se consideró el lapso de tres años como el periodo de análisis, en vista de la homogeneidad preevaluada de los datos. Se dio tratamiento a las variables de estudio contenidas en la encuesta de Educación Médica y Derechos Humanos (OBEME, 2023), de tal manera que fueran útiles y concordantes para el análisis planificado. Las variables sociodemográficas fueron dicotomizadas y se consideraron características de exposición, de aquellos atributos que pudieran ser condiciones de riesgo.

Se construyeron dos variables de contraste para el resultado, el índice de tutoría y supervisión académica (ITSA) y el índice de prevención del error médico (IPE-Med). El ITSA consideró el resultado de 8 variables del cuestionario original, los cuales orientan hacia la probabilidad de recibir tutoría y supervisión académica durante el proceso formativo, integrando el desarrollo académico, la función educativa, el adiestramiento para la atención médica, la asignación de tareas y de estas, la correspondencia con el grado formativo, la supervisión, retroalimentación, motivación y comunicación.

El ITSA comprende una expresión que puede tomar un valor porcentual de 0 a 100 por ciento, donde la calificación mayor representa las mejores condiciones auto percibidas de tutoría y supervisión académica recibidas; además, se construyó el índice de tutoría y supervisión académica dicotómico (ITSA-d) con un punto de corte, el cual consideraba que, al ser igual o superior a 75 % era representativo de tutoría y supervisión académica satisfactoria desde la percepción de los estudiantes de internado médico.

El índice de prevención del error médico (IPE-Med) incluyó dos variables de resultado que se refieren al error diagnóstico o terapéutico auto percibido, y que son parte del cuestionario base, ya sea por falta de supervisión académica durante las actividades asistenciales o por falta de competencias clínicas. La expresión porcentual de este indicador va de 0 a 100 por ciento, donde la calificación más alta representa la mayor probabilidad de prevención del error médico.

La expresión dicotómica que surge de esta variable, el IPE-Med-d, se aduce e interpreta hacia el riesgo de cometer error, donde aquellos valores menores a 75 % constituyen la probabilidad superior de cometer un error médico.

La expresión continua del ITSA y del IPE-Med fueron empleadas para realizar un análisis de correlación, empleando el coeficiente de Spearman. La variable IPE-Med-d fue construida como una condición de resultado que permitió evaluar la mayor probabilidad de exposición a variables consideradas de riesgo para cometer un error.

Las variables consideradas de riesgo incluyeron la percepción de recibir tratos discriminatorios, jornadas de trabajo interferentes con la vida social y familiar, la toma de decisiones diagnósticas o terapéuticas sin asesoría, el acoso sexual, las jornadas académico-laborales de riesgo para la salud, el sentir ansiedad o percibir temor de recibir castigo, las circunstancias de la seguridad pública amenazantes a la seguridad personal o el daño manifiesto por dicha causa.

Para ello también se incluyeron las variables sociodemográficas, el tipo de institución receptora, la edad menor a 26 años y el tiempo destinado para sus actividades docentes asistenciales.

De la misma forma se estimó el resultado de la variable IPE-Med-d, como respuesta diferencial de exposición a las variables que, suponían condiciones favorables para evitar o reducir el error médico tales como: la percepción de un clima docente asistencial adecuado, la percepción de que en la unidad de adscripción se priorizara el proceso enseñanza-aprendizaje, en la dotación de material para el aprendizaje, el uso de simuladores y si había una participación adecuada de la universidad en el desarrollo académico; un horario que considerara la necesidad de esparcimiento, descanso, alimentación; sí como la percepción de contar con medidas de seguridad adecuadas, se consideraron variables potencialmente protectoras del error médico. Igualmente fue utilizada para tal fin la variable ITSA-d.

En el presente trabajo se estimaron medidas de tendencia central, frecuencia y dispersión. La prueba de ANOVA se empleó para conocer las diferencias entre variables comparativas con expresión continua y la Chi cuadrada en aquellas que tenían una expresión cuantitativa no continua.

Para conocer las posibilidades diferenciales de exposición y evaluar el riesgo del error médico o la protección de este se calculó la Odds ratio de prevalencia (ORp), con

intervalos de confianza al 95 %. En todos los casos un valor de p menor a 0.05 estableció la condición de significancia estadística.

Resultados

Se obtuvo información de 679 estudiantes de internado médico, adscritos en unidades médicas hospitalarias en el estado de Veracruz, de ellos 51.5 % eran mujeres (n=350), la edad promedio fue 24.8 años (DE 1.8) sin diferencias por condición de sexo (p>0.05). El 2 % de la población mencionó estar casados y el 4 % señaló tener hijos.

La distribución en regiones universitarias es homogénea entre sexos; la selección y asignación institucional solo muestra ligeras diferencias regionales. El índice de tutoría y supervisión académica (ITSA) se situó en 62.6 % y el índice de prevención del error médico (IPE-Med) en 74.1 %, ligeramente superiores en las mujeres, pero sin diferencia significativa (**Tabla 1**).

Tabla 1

Características de los estudiantes de internado médico adscritos a unidades médicas en el estado de Veracruz y en responsabilidad académica de la Universidad Veracruzana. Periodos anuales 2019-20, 2020-21, 2021-22

Característica	Sexo				Diferencia (*)	Total	
	Mujer		Hombre			Media	DE
	Media	DE	Media	DE		Media	DE
Edad	24.8	1.9	24.9	1.7	NS	24.8	1.8
Índice de tutoría académica	63.3	17.2	61.8	18.7	NS	62.6	17.9
Índice de error médico	74.8	18.3	73.4	19.2	NS	74.1	18.7
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Diferencia (**)	Frecuencia	%
Estado marital							
Soltero	345	98.6%	322	97.9%	NS	667	98.2%
Casado	5	1.4%	7	2.1%		12	1.8%
Hijos (responsabilidad)							
Tiene hijos	11	3.1%	15	4.6%	NS	26	3.8%
No tiene hijos	339	96.9%	314	95.4%		653	96.2%
Número de hijos							
0	337	96.3%	312	94.8%	NS	649	95.6%
1	11	3.1%	14	4.3%		25	3.7%
2	2	.6%	1	.3%		3	.4%
3	0	0.0%	2	.6%		2	.3%
Región universitaria de adscripción							
Ciudad Mendoza	63	18.0%	66	20.1%	NS	129	19.0%
Minatitlán	51	14.6%	47	14.3%		98	14.4%
Poza Rica	47	13.4%	45	13.7%		92	13.5%
Veracruz	107	30.6%	98	29.8%		205	30.2%
Xalapa	82	23.4%	73	22.2%		155	22.8%
Institución receptora (servicio de salud)							
IMSS NORTE	117	33.4%	94	28.6%	NS	211	31.1%
IMSS SUR	50	14.3%	65	19.8%		115	16.9%
ISSSTE	36	10.3%	40	12.2%		76	11.2%
MARINA	7	2.0%	4	1.2%		11	1.6%
PRIVADO	0	0.0%	1	.3%		1	.1%
SEDENA	1	.3%	2	.6%		3	.4%
SSA (INNSZ)	0	0.0%	2	.6%		2	.3%
SSA (SESVER)	139	39.7%	121	36.8%		260	38.3%

Notas: IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social)/ IMSS NORTE (Instituto Mexicano del Seguro Social delegación Veracruz Norte)/ IMSS SUR (Instituto Mexicano del Seguro Social delegación Veracruz Sur)/ ISSSTE (Instituto de Seguridad Social y Servicios para los Trabajadores del Estado)/ MARINA (Servicio Médico de la Secretaría de Marina)/ SEDENA (Servicio Médico de la Secretaría de la

Defensa Nacional)/ PRIVADO (Unidad Médica Privada)/ SSA (SESVÉR) (Secretaría de Salud, Servicios de Salud de Veracruz)/ SSA (INNSZ) (Secretaría de Salud, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán). (*) Anova (**) Chi cuadrada NS= No significativo valor de $p > 0.05$ / % porcentaje/ Frecuencia= número de unidades. Fuente: Elaboración propia/ base de datos.

El análisis bivariado de factores de riesgo que explican el error médico auto percibido en los estudiantes de internado médico centra los valores con significancia estadística en aquellas condiciones que se correspondieron con las decisiones autónomas, el trato, la comunicación o la seguridad. Dicho riesgo al error se incrementó en más de cinco veces cuando los internos tomaron decisiones clínicas de forma autónoma sin asesoría (ORp 5.55; IC95 % 2.35-13.09; $p < 0.01$), seguido por la percepción de ansiedad o temor de la autoridad de la sede de adscripción, por el riesgo de recibir algún castigo, hasta en 4 veces (ORp 4.10; IC95 % 2.67-6.29; $p < 0.01$); o algunas condiciones como recibir tratos discriminatorios, acoso sexual, la percepción de un espacio de trabajo docente asistencia que pusiera en riesgo la salud o por la inseguridad personal (**Tabla 2**).

Tabla 2

Condiciones de riesgo auto percibido para la comisión de error por falta de supervisión o de competencias clínicas en médicos internos de pregrado adscritos a unidades médicas en el estado de Veracruz y responsabilidad de la Universidad Veracruzana. Periodos anuales 2019-20, 2020-21, 2021-22

Variables Riesgo	IE-Med		ORp	IC 95 %		Valor de P
	Error médico (n=239)	No Error Médico (n=440)		icm	ICM	
Recibir tratos discriminatorios	SI	172	2.66	1.90	3.73	<0.01
	NO	67				
Recibir acoso sexual	SI	158	2.59	1.87	3.59	<0.01
	NO	81				
Ansiedad temor (autoridad hospitalaria)	SI	209	4.10	2.67	6.29	<0.01
	NO	30				
Riesgo para la salud en ámbito laboral	SI	189	2.38	1.65	3.43	<0.01
	NO	50				
Amenaza seguridad personal	SI	189	2.38	1.65	3.43	<0.01
	NO	50				
Daño directo	SI	19	1.91	0.99	3.69	NS
	NO	220				
Toma de decisiones sin asesoría	SI	233	5.55	2.35	13.09	<0.01
	NO	6				
Jornada de trabajo interferencia	SI	237	1.36	0.26	7.07	NS
	NO	2				
Sexo	Mujer	118	0.87	0.64	1.20	NS
	Hombre	121				
Estado civil	Soltero	236	1.64	0.44	6.13	NS
	Casado	3				
Tipo de institución receptora	SS	142	0.89	0.64	1.22	NS
	No SS	97				
Tiempo	≥ 80 horas	183	1.02	0.71	1.48	NS
	<80 horas	56				
Edad Menores a 26 años	SI	198	1.40	0.94	2.10	NS
	NO	41				

Notas: IE_Med= índice de error médico (auto percibido); ORp Odss Ratio de prevalencia; IC95= Intervalo de confianza a 95%; icm= Intervalo de Confianza Menor (inferior) / ICM= Intervalo de Confianza Mayor (superior); Valor de P= 95%. SS= Institución médica de Seguridad Social/ No SS= Institución Médica para población sin seguridad social.

Fuente: Elaboración propia/ base de datos.

No se observaron diferencias estadísticas de exposición con respecto al error médico cuando se analizaron las características sociodemográficas, el tipo de institución receptora donde se desarrolló el espacio y proceso docente-asistencial, según la

característica de ser o no de seguridad social o las condiciones de una jornada laboral en el espacio asistencial mayor de 80 horas a la semana.

Las características consideradas como favorecedoras del derecho a la educación médica fueron contrastadas para evaluar el efecto hacia el error médico. De manera significativa diferentes variables vieron reducida la probabilidad de error auto percibido cuando se incluyeron condiciones del clima de trabajo asistencial, del ambiente del espacio de desarrollo académico y la seguridad. Cuando los estudiantes percibían una asistencia académica respetuosa (ORp 0.41; IC95 % 0.29-0.59; pval<0.01) o un ambiente cordial en el espacio docente asistencial (ORp 0.43; IC95 % 0.30-0.60; pval<0.01), la reducción estimada del riesgo fue alrededor de 60%; el apoyo para asistir a actividades académicas, el haber recibido calificaciones justas, el tener una jornada académico - laboral adecuada en cuanto a tiempo y el contar con material didáctico se redujeron aproximadamente en 50 % (**Tabla 3**).

En general, la percepción de que en la unidad receptora se priorizara el proceso enseñanza-aprendizaje o el haber manifestado una condición percibida de que se hayan realizado acciones de seguridad pública adecuadas para su protección, en el entorno de la unidad médica, mostraron una reducción del riesgo de error médico de 40 % aproximadamente. Cobra especial relevancia la reducción del riesgo de cometer un error médico hasta en 70 % cuando se contrastó con la variable ITSA-d, variable que concentra las mayores condiciones benéficas de tutoría y supervisión académica y un ambiente de mayor beneficio para el desarrollo de su actividad.

Aquellas variables que midieron criterios de tiempo de la jornada de trabajo en cuanto a descanso, consumo de alimentos, esparcimiento, la remuneración económica justa, las condiciones de participación de la escuela universitaria responsable, los apoyos externos o el uso de simuladores para el aprendizaje, no mostraron diferencia significativa vinculante al riesgo a cometer errores (**Tabla 3**).

Tabla 3

Condiciones de reducción de riesgo o protección para el error por falta de supervisión o de competencias clínicas en estudiantes de internado médico adscritos a unidades médicas en el estado de Veracruz y responsabilidad de la Universidad Veracruzana. Periodos anuales 2019-20, 2020-21, 2021-22

Variable de protección		IE-Med		ORp	IC 95 %		Valor de P
		Error médico (n=239)	No Error Médico (n=440)		icm	ICM	
Ambiente cordial docente-asistencial	SI	142	341	0.43	0.30	0.60	< 0.01
	NO	97	99				
Priorización en el proceso enseñanza-aprendizaje	SI	73	181	0.63	0.45	0.88	< 0.01
	NO	166	259				
Apoyo para asistir a actividades académicas	SI	100	260	0.50	0.36	0.69	< 0.01
	NO	139	180				
Asistencia académica respetuosa y paciente	SI	156	361	0.41	0.29	0.59	< 0.01
	NO	83	79				
Apoyo para realizar actividades académicas	SI	120	300	0.47	0.34	0.65	< 0.01
	NO	119	140				
Horario adecuado para actividades de esparcimiento	SI	43	75	1.07	0.71	1.61	NS
	NO	196	365				
Uso de simuladores para el aprendizaje	SI	58	122	0.84	0.58	1.20	NS
	NO	181	318				
La Escuela se involucró en el desarrollo académico	SI	35	80	0.77	0.50	1.19	NS
	NO	204	360				
Las calificaciones recibidas justas	SI	118	289	0.51	0.37	0.70	< 0.01
	NO	121	151				

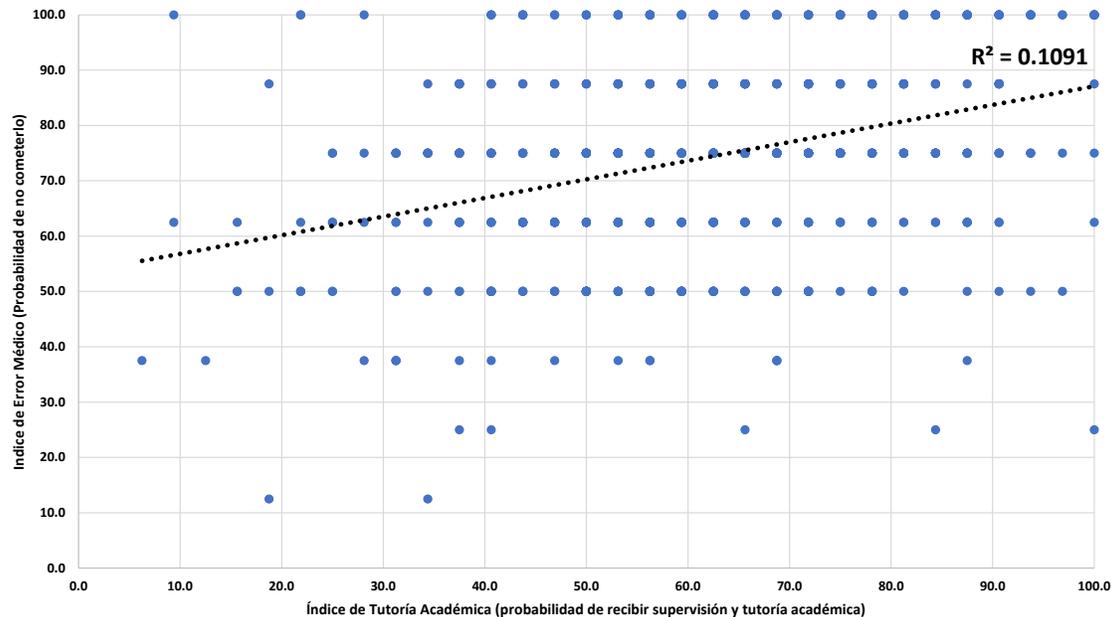
La unidad proveyó recursos materiales justos	SI	121	290	0.53	0.38	0.73	< 0.01
	NO	118	150				
Horas de jornada académico-laboral adecuadas	SI	71	197	0.52	0.37	0.73	< 0.01
	NO	168	243				
Tiempo de descanso/ Alimentos adecuados	SI	58	125	0.81	0.56	1.16	NS
	NO	181	315				
Remuneración justa de acuerdo al trabajo realizado	SI	57	109	0.95	0.66	1.37	NS
	NO	182	331				
Seguridad pública justa (protectora)	SI	111	260	0.60	0.44	0.82	< 0.01
	NO	128	180				
Apoyo o beneficio externo institucional	SI	34	66	0.94	0.60	1.47	NS
	NO	205	374				

Notas: IE_Med= índice de error médico (auto percibido); ORp Odss Ratio de prevalencia; IC95= Intervalo de confianza a 95%; icm= Intervalo de Confianza Menor (inferior) / ICM= Intervalo de Confianza Mayor (superior); Valor de P= 95%. SS= Institución médica de Seguridad Social/ No SS= Institución Médica para población sin seguridad social. Fuente: Elaboración propia/ base de datos.

La correlación de Pearson –entre los índices contruidos exprofeso– permitió apreciar una correlación positiva moderada, explicativa del 33 % del error médico, pero significativa; donde podemos considerar que a mayor evidencia de acciones de tutoría y supervisión académica, se incrementan las probabilidades de prevenir el error médico, desde la perspectiva auto percibida de los estudiantes del internado médico (Figura 1).

Figura 1

Correlación del Error Médico por falta de supervisión o competencias clínicas de acuerdo con los índices de tutoría y supervisión académica y de prevención del error médico. Estudiantes de internado médico adscritos a unidades médicas en el estado de Veracruz y responsabilidad de la Universidad Veracruzana. Periodos anuales 2019-20, 2020-21, 2021-22



Nota: Coeficiente de Correlación 0.3303 (33 %).

Fuente: Elaboración propia/ base de datos.

Discusión

La comisión de errores médicos por parte de los estudiantes de medicina que realizan sus estudios profesionales o de posgrado en las unidades médicas es un grave problema de derechos humanos y de salud pública en México, que involucra y compete directamente, en apariencia culpabilizada única, a las universidades e instituciones de educación superior (Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH], 2009; OBEME, 2020). La información que se ha documentado acerca de esos problemas formativos y las consecuencias son diversas y, para ello, se emiten resultados que se sitúan sustancialmente –y casi por atribución directa– en el espacio asistencial de atención médica, lo que pone en tensión la valoración de la calidad médica (Hernández-González, 2022). Polaridad que incrementa la dificultad comprensiva en tanto se ubica en aquel espacio, a la vez de procesos formativos múltiples, que actualmente se le denomina docente-asistencial (Fonseca y Corona, 2021; Vázquez, 2022).

En el presente estudio se identifican variables asociadas a la probabilidad de cometer errores médicos por parte de estudiantes de internado médico. Periodo formativo que se desarrolla durante la fase final del pregrado y que se supondría respaldado por acciones de prevención y protección, basadas en la supervisión y la tutoría académica. Se sustentó en un ejercicio de autopercepción del error y por ende autoaceptación, de lo cual se cuenta con relativa poca información en esta fase formativa, teniendo algunos datos en el periodo de la residencia médica o en médicos especialistas (Mendoza *et al.*, 2023; Tornero *et al.* 2022).

Las variables que incrementan la posibilidad de cometer errores por parte de los internos de pregrado están relacionadas con el derecho a la educación. En el presente estudio se identifican las siguientes: la toma de decisiones clínicas por los internos sin asesoría o supervisión de profesores o médicos adscritos a los servicios médicos, el temor de los estudiantes a las figuras de autoridad de las unidades médicas, el acoso, la discriminación y la inseguridad. Estas variables apuntan a la carencia de profesores y asesores, a la que se suma el temor a consultar y preguntar a profesores o médicos adscritos.

Por el contrario, las variables que protegen a los pacientes de los errores médicos que puedan cometer los internos están relacionadas con la presencia de supervisión académica, el apoyo para la realización de actividades académicas, el apoyo respetuoso y paciente de los supervisores y tutores a los estudiantes, y, en general, un ambiente de cordialidad en los espacios en que convergen los procesos educativos y asistenciales.

Conclusión

Desde la perspectiva de los derechos humanos es clara la interrelación del derecho a la educación médica con el derecho a la atención médica, sin garantías para el primero se torna imposible atender al segundo. En este punto resalta la responsabilidad de las universidades e instituciones de educación superior. Todas las variables identificadas son susceptibles de modificación mediante una política universitaria clara y decidida.

Resalta la necesidad de impulsar el reconocimiento universitario y de las instituciones de salud al trabajo académico de profesores y personal médico adscrito a los espacios asistenciales que reciben estudiantes. Sin profesores, asesores y supervisores comprometidos y capacitados, los estudiantes de internado médico seguirán tomando decisiones clínicas de manera autónoma, muchas veces por el temor a consultar y, por ello, ser señalado o castigado.

Referencias

- Ahsani-Estahbanati, E., Sergeevich, V. y Doshmangir, L. (2022).** Interventions to reduce the incidence of medical error and its financial burden in health care systems: A systematic review of systematic reviews. *Frontiers in Medicine*, 9, 875426. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.875426>
- Cantón-Fernández, S. (2016).** El error médico como causa de muerte. *Boletín Conamed OPS. CONAMED*. <https://bit.ly/3R62Ofq>
- Cobos-Aguilar, H., Pérez-Cortés, P., Mendoza-Villalba, J., García-Gómez, S., Álvarez-Longoria, J., Hernández-Portales, J., Jacobo-Saucedo, L., Martínez-Delgado, G. (2019).** Aptitud clínica final en internado de pregrado en sedes hospitalarias en Nuevo León. *Investigación en Educación médica*, 8(32), 89-99. <https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2019.32.18150>.
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH). (2009).** *Recomendación General No. 15. Sobre el derecho a la protección de la salud.* CNDH. <https://tinyurl.com/2dvnpynp>
- Fonseca, M. y Corona, L. (2021).** El pase de visita docente asistencial como modalidad de la educación en el trabajo. Regularidades y limitaciones en su teoría. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 308-313. <https://tinyurl.com/3hz4uh7v>
- Galán-Rodas, E., Díaz-Vélez, C., Maguiña, C. y Villena, J. (2010).** Bioseguridad durante el Internado de Medicina en Hospitales de Trujillo-La Libertad 2010: a propósito de la muerte de un estudiante de medicina. *Acta Médica Peruana*, 27(2), 119-22. <https://tinyurl.com/4yyyt3ye>
- Gómez, O., Zúñiga, A., Granados, J., Velasco, F. (2019).** Cambios en la calidad de sueño, somnolencia diurna, ansiedad y depresión durante el internado médico de pregrado. *Investigación en Educación Médica*, 8(31), 48-54. <https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2019.31.18118>
- Hernández-González, V. (2022).** Educación médica... ¿de calidad? *Enlace UIC: Revista De Investigación De La División De Posgrados De La Universidad Intercontinental*, 2(3), 74-87. <https://revistas.uic.mx/index.php/enlaceuic/article/view/16>
- Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America, Kohn, L. T., Corrigan, J. M., y Donaldson, M. S. (Eds.). (2000).** *To Err is Human: Building a Safer Health System.* National Academies Press (US). <https://bit.ly/4c25F15>
- Liu, J., Liu, P., Gong, X. y Liang, F. (2020).** Relating Medical Errors to Medical Specialties: A Mixed Analysis Based on Litigation Documents and Qualitative Data. *Risk management and healthcare policy*, 13, 335-345. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S246452>

- López, V., Gracia, S. y Cerda, A.** (2020). La rúbrica como estrategia de aprendizaje en metodología de la investigación en pregrado de medicina. *Investigación en educación médica*, 8(29), 30-35. <https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2019.29.1769>
- Mendoza-González, M., Vázquez, F., Mota, M., Ortiz-Chacha, C., Delgado, C., Cortés Jiménez, H. y Luzanía, M.** (2023). Error médico autopercebido: análisis del enfoque de salud basado en los derechos humanos en México. *Investigación en Educación Médica*, 12(46), 79-92. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2023.46.22484>
- Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-033-SSA3-2013.** (2014). Educación en salud. Criterios para la utilización de los establecimientos para la atención médica como campos clínicos para ciclos clínicos e internado de pregrado de la licenciatura en medicina. Diario Oficial de la Federación. <https://bit.ly/3R89x8v>
- OBEME.** (2018). *Educación Médica y Derechos Humanos. Evaluación del respeto a los derechos humanos de estudiantes de medicina de la Universidad Veracruzana, en las unidades de atención médica (2017-2018)*. Xalapa, Ver. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/obeme/files/2019/05/01-Primer-Informe-Educacion-Medica-Derechos-Humanos.pdf>
- OBEME.** (2020). *Educación Médica y Derechos Humanos. Evaluación del respeto a los derechos humanos de estudiantes de medicina de la Universidad Veracruzana, en las unidades de atención médica (2019-2020)*. Xalapa, Ver. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/obeme/files/2019/05/3er-informe-Obeme.pdf>
- OBEME.** (2023). *Encuesta de Educación Médica y Derechos Humanos*. Universidad Veracruzana. <https://tinyurl.com/2cer5c5a>
- Rojas, D.** (2020). Diario de un interno de medicina. Aproximaciones a la educación médica y al sistema de salud en Lima. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 49(1), 231-234. <https://doi.org/10.4000/bifea.12154>
- Tornero, S., Hernández, E., Alonso, I., Borja, G. y Romero, L.** (2022). Características de los errores médicos autopercebidos en una muestra de pediatras de Atención Primaria. *Pediatría Atención Primaria*, 24(96), e383-e385. <https://tinyurl.com/566jxuw>
- Vázquez-Martínez, F.** (2018). El derecho a la educación de los estudiantes de medicina durante el internado rotatorio. *UVserva*, (6). <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i6.2577>
- Vázquez, F.** (2022). Ética docente-asistencial. *Medicina y ética*, 33(2), 441-471. <https://doi.org/10.36105/mye.2022v33n2.04>

Condiciones higrotermométricas en dos sistemas cafetaleros: Periodo marzo 2022 – febrero 2023

Hygrothermometrical conditions in two coffee production systems: Period March 202–February 2023

Giovanni Becerra Dávila ^a | Gustavo Ortiz Ceballos ^b
Juan Cervantes-Pérez ^c | Carlos Roberto Cerdán Cabrera ^d
Paulo César Parada-Molina ^e | Mario Alejandro Hernández-Chontal ^f

Recibido: 1 de julio de 2023.

Aceptado: 1 de abril de 2024.

^a Observatorio de la Cafecultura Veracruzana (OBSERVACAFÉ), Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: giovabec1999@gmail.com | ORCID: [0009-0001-7718-2469](https://orcid.org/0009-0001-7718-2469)

^b Observatorio de la Cafecultura Veracruzana (OBSERVACAFÉ), Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: gusortiz@uv.mx | ORCID: [0000-0002-4979-0520](https://orcid.org/0000-0002-4979-0520)

^c Observatorio de la Cafecultura Veracruzana (OBSERVACAFÉ), Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: jcervantes@uv.mx | ORCID: [0000-0002-1429-3348](https://orcid.org/0000-0002-1429-3348)

^d Observatorio de la Cafecultura Veracruzana (OBSERVACAFÉ), Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: ccerdan@uv.mx | ORCID: [0000-0002-0498-2617](https://orcid.org/0000-0002-0498-2617)

^e Observatorio de la Cafecultura Veracruzana (OBSERVACAFÉ), Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: pparada@uv.mx | ORCID: [0000-0001-9567-7142](https://orcid.org/0000-0001-9567-7142) *Autor para correspondencia.

^f Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: mariohernandez03@uv.mx | ORCID: [0000-0002-9711-7971](https://orcid.org/0000-0002-9711-7971)

Cómo citar:

Becerra-Dávila, G., Ortiz-Ceballos, G., Cervantes-Pérez, J., Cerdán-Cabrera, C., Parada-Molina, P. y Hernández-Chontal, M. (2024). Condiciones higrotermométricas en dos sistemas cafetaleros: Periodo marzo 2022–febrero 2023. *UVserva*, (17), 47-56. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2953>

Resumen: Una de las actividades del Observatorio de la Cafecultura Veracruzana (OBSERVA-CAFÉ) es dar seguimiento al monitoreo y generación de información de las condiciones agroclimáticas de sistemas de producción de café del estado de Veracruz. Por lo que este trabajo tuvo como objetivo analizar las condiciones higrotermométricas, a diferentes escalas temporales, en dos sistemas de producción de café de café bajo sombra: 1) Café-Nacaxtle (CE) y 2) Café-Chalahuite (CI). Se encontró, a escala anual, condiciones más cálidas y secas en el sistema productivo CI en comparación con CE. En la escala de análisis por temporadas, es más evidente durante DEF (temporada diciembre a febrero). Además, de acuerdo con los valores diurnos del DPV (déficit de presión de vapor), las plantas de café en ambos sistemas estudiados experimentaron periodos de déficit hídrico durante la temporada marzo a mayo (MAM). Esto podría ayudar a planear estrategias de mitigación del déficit hídrico, de acuerdo con las características particulares de cada sistema productivo, durante MAM.

Palabras clave: *Coffea arabica*; estrés hídrico; sistemas cafetaleros; temporadas.

Abstract: *One of the activities of the Observatory of Veracruz Coffee Growing (OBSERVA-CAFÉ), is to follow up on the monitoring and generation of information on the agroclimatic conditions of coffee production systems in the state of Veracruz. Therefore, this work aimed to analyze the hygrothermometric conditions at different time scales in two shade-cast coffee production systems; 1) Café-Nacaxtle (CE) and 2) Café-Chalahuite (CI). On an annual scale, warmer and drier conditions were found in the CI production system compared to EC. On the scale of analysis by seasons, it is most evident during DEF (season December to February). In addition, according to the diurnal values of the DPV (vapor pressure deficit), coffee plants experience periods of water deficit during the March to May season (MAM), in both systems studied. This could help to plan specific mitigation strategies, according to the particular characteristics of each production system, during MAM.*

Keywords: *Coffea arabica*; water stress; coffee systems; seasons.

Introducción

Actualmente, el café es uno de los productos agrícolas más comercializados a nivel mundial, siendo de gran valor económico, social y cultural. Si bien México es el undécimo productor mundial y uno de los mayores exportadores de café orgánico, su producción se ha reducido cerca del 40 % en los últimos 20 años (Rodríguez *et al.*, 2019); en Chiapas y Veracruz, principales estados productores de este aromático, no son la excepción.

De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP] (2022), la disminución en la producción de café en Veracruz fue de alrededor del 54 % del año 2000 al 2020 y, si bien la superficie sembrada sólo disminuyó un 5.2 %, los rendimientos se redujeron 48.3 %. Los cambios en las variables climáticas han influido

en ello (Pérez-Akaki y Echánove-Huacuja, 2006) así como los impactos de la roya del café (Libert y Paz, 2018; Talhinhos *et al.*, 2017); además de aspectos económicos como el incremento del 340 % del salario mínimo en 2020 con relación al del año 2001 (CONASAMI, 2021), incrementándose los costos de producción de café.

Coffea arabica es la especie de mayor producción mundial, incluido México, se ha cultivado tradicionalmente en sotobosque, bajo árboles nativos y variados (Ruiz-García *et al.*, 2022). Su cultivo y producción resultan afectados por las condiciones climáticas. Además, las condiciones ambientales en las que se desarrolla la planta del café también se ven moduladas por el tipo de cobertura arbórea que depende directamente de las especies empleadas en el sistema de producción bajo sombra (Parada-Molina *et al.*, 2021; Siles *et al.*, 2022).

Sin embargo, entre las prácticas para incrementar la producción de este cultivo se encuentra la reducción de la cobertura arbórea. Esta reducción altera las condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas y las exponen a diversos factores que podrían incidir de manera negativa en su desarrollo y producción. Entre estos, los cambios en las condiciones microclimáticas podrían conducir a un desarrollo limitado de este cultivo, afectando las cosechas; sin dejar de lado la generación de condiciones favorables para la proliferación de plagas y enfermedades.

Es por ello que los sistemas agroforestales cafetaleros resultan ser económicamente rentables, aun con la volatilidad de los precios, debido a que generan ingresos de variadas fuentes como materiales maderables provenientes de los árboles de sombra y productos derivados de la diversificación de cultivos (Moguel y Toledo, 1999).

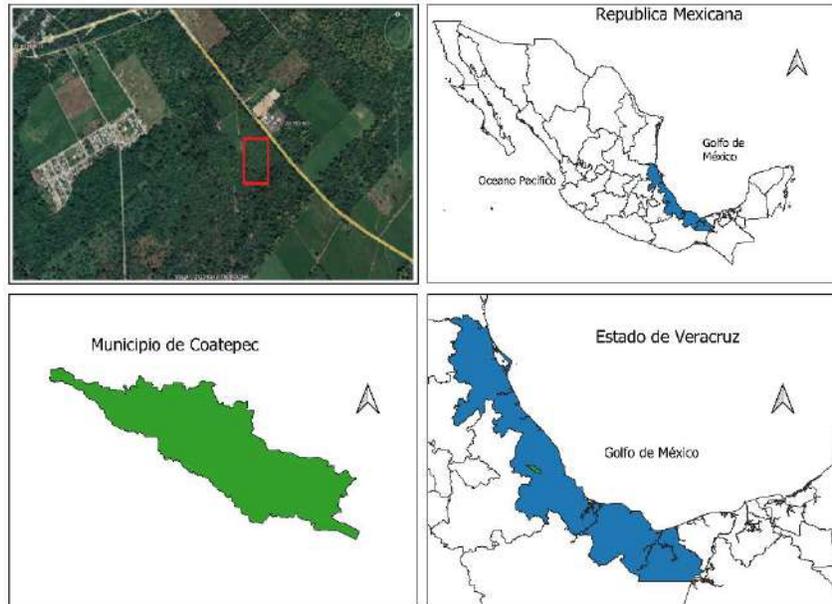
Ambientalmente los sistemas de producción tradicional intervienen en la conservación de la biodiversidad proveen servicios ambientales (Manson *et al.*, 2008; Perfecto y Vandermeer, 2015) y regulan las condiciones microclimáticas (Barradas y Fanjul, 1986; Charbonnier *et al.*, 2017).

Por lo anterior, como parte de las actividades del grupo de colaboradores del Observatorio de la Cafeticultura Veracruzana de la Universidad Veracruzana (OBSERVACAFE), se realiza el monitoreo y seguimiento de las condiciones ambientales al interior de dos sistemas de producción bajo sombra de diferentes especies arbóreas en el municipio Coatepec, Veracruz, México. Por ello, con el objetivo de fue evaluar las condiciones higrotermométricas en dos sistemas de producción de café (nacastle y chalahuite) bajo sombra. Esto con la finalidad de caracterizar los sistemas de producción, que permitan generar propuestas de manejo agronómico y de planeación, coadyuvando a la mejora la producción del cultivo de café.

1. Materiales y métodos

Este estudio se realizó en una finca cafetalera con dos sistemas de producción localizada a 19° 25' 52.3" N y 96° 53'44.3" W, en el municipio de Coatepec, Veracruz (México) a una altitud de 1042 m. s. n. m. (**Figura 1**). De acuerdo con la información climatológica proporcionada por estaciones del Servicio Meteorológico Nacional [SMN], (2022), se presenta un clima templado húmedo a semicálido húmedo con temperatura y precipitación media anual de 19.6 °C y 1800.8 mm respectivamente.

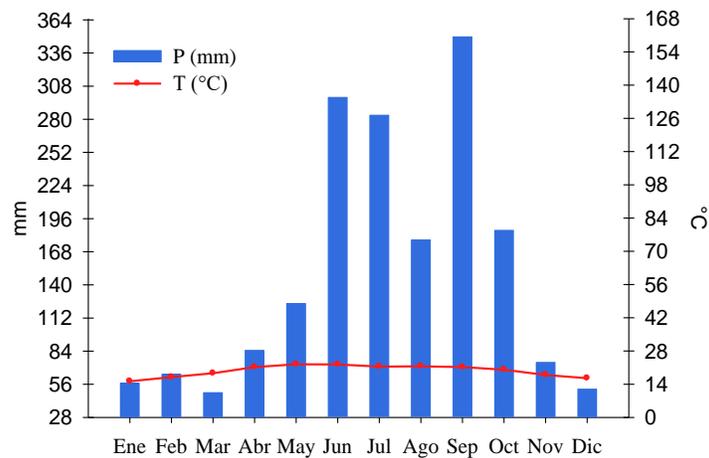
Figura 1
Localización del sitio de estudio



Fuente: Elaboración propia con datos Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO] (2023).

Las temperaturas más altas se presentan en mayo y junio con valores de 22.4 °C y 22.3 °C, respectivamente; mientras que la precipitación presenta dos incrementos significativos durante junio y septiembre de 298.4 y 349.6 mm respectivamente, derivado del fenómeno de la canícula (**Figura 2**).

Figura 2
Diagrama ombrotérmico (climograma) para la estación 30026-Coatepec del periodo 1981 a 2010



Fuente: Elaboración propia a partir de las Normales climatológicas (SMN, 2022).

En esta finca, el café (*Coffea arabica*) se cultiva bajo árboles de sombra, principalmente *Inga vera* (Chalahuite) y *Enterolobium cyclocarpum* (Nacaxtle). Estos sistemas productivos, Café-Chalahuite (CI) y Café-Nacaxtle (CE), se equiparon con dos sensores (U23 Pro v2, Onset) para monitorear variables higrotermométricas: temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), amplitud térmica diaria (ΔT), humedad relativa (HR), al interior de cada sistema, por arriba de las plantas de café. El periodo analizado comprende marzo 2022 a febrero 2023. Dichas variables se miden cada 5 s, registrando el promedio cada 15 min.

Además, el déficit de presión de vapor se determinó como la diferencia entre la presión de vapor de agua actual y la presión de vapor de saturación mediante la siguiente ecuación (Allen *et al.*, 2006):

$$DPV = e_s - e_a$$

Donde:

DPV=Déficit de presión de vapor (kPa)

e_s = Presión de vapor actual (kPa)

e_a = Presión de vapor de saturación (kPa)

La e_s fue determinada a partir de temperatura del aire (T, °C) y la e_a a partir de la humedad relativa (HR, %), mediante las siguientes ecuaciones, respectivamente (Allen *et al.*, 2006):

$$e_s = 0.06105 \exp \left[\frac{17.27 T}{T + 237.5} \right] \quad e_a = e_s \left[\frac{HR}{100} \right]$$

Posteriormente, para cada variable, se calculó el promedio anual por temporada y a escala horaria (por temporada). Con relación a escala por temporada, ésta se consideró en intervalos de tres meses: marzo, abril y mayo (MAM); junio, julio y agosto (JJA); septiembre, octubre y noviembre (SON); y diciembre, enero y febrero (DEF).

El siguiente paso consistió en realizar un análisis exploratorio descriptivo de dichas variables a las distintas escalas temporales para ambos sistemas cafetaleros y, finalmente, para identificar diferencias significativas en las condiciones higrotermométricas, entre los dos sistemas de producción de café estudiados, se implementó la prueba de estadística de *t-student* a un nivel de confianza del 95 % utilizando el software *InfoStat*, 2020.

2. Resultados y discusión

El análisis de la información permitió identificar que, a escala anual, la temperatura máxima (Tmax), la humedad relativa (HR) y el déficit de presión de vapor (DPV) presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los dos sistemas de producción evaluados. Donde en el sistema de producción CE se registraron Tmax más alta (26.27 °C), HR más baja (86.26) y mayor DPV (0.42 kPa) que el sistema CI, durante el periodo analizado (**Tabla 1**).

Tabla 1

Valores medios (periodo marzo 202 – febrero 2023) de temperaturas media (T), máxima (T_{max}), mínima (T_{min}), amplitud térmica (ΔT), humedad relativa (HR) y déficit de presión de vapor (DPV), durante el periodo marzo 2022–febrero 2023, en dos sistemas de producción de café (Café-Chalahuite, CI y Café-Nacaxtle, CE)

Variable	Sistema de producción	
	CI	CE
T (°C)	19.98 ± 2.3	20.19 ± 2.22
T_{max} (°C)	25.78 ± 3.37	26.27 ± 3.33
T_{min} (°C)	15.28 ± 2.44	15.51 ± 2.4
ΔT (°C)	10.5 ± 3.46	10.75 ± 3.65
HR (%)	86.99 ± 6.43	86.26 ± 6.41
DPV (kPa)	0.39 ± 0.26	0.42 ± 0.25

Nota: Valores medios ± sd. En negritas valores que presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sistemas. Fuente: Elaboración propia.

Esto hace evidente el efecto de las especies arbóreas en la modulación de las condiciones higrotermométricas, donde la edad tiene un papel importante en la forma, altura y estructura de la copa de los árboles. En un estudio anterior, durante el periodo 2018-2021, Parada-Molina *et al.* (2021) reportaron diferencias a escala anual en T_{min} , ΔT y el DPV , presentándose condiciones menos extremas en el sistema CE; además, reportaron condiciones térmicas y de humedad más cálidas y secas, en comparación con el periodo actualmente evaluado (2022-2023).

Por temporada (**Tabla 2**), MAM no se identificaron diferencias significativas entre las condiciones higrotermométricas de los sistemas cafetaleros evaluados; en JJA, solo la T_{min} , aunque las diferencias de pequeña magnitud (~ 0.2 °C), caso similar se presentó para la HR en la temporada JJA. DEF fue la temporada con mayores diferencias significativas ($p < 0.05$) en las condiciones higrométricas entre ambos sistemas (Café-Chalahuite y Café-Nacaxtle), donde la T , T_{max} , ΔT y el DPV fueron significativamente mayores en el sistema CE, evidenciando una mayor demanda evapotranspirativa bajo el árbol de nacaxtle, en esta temporada. Esto difiere a lo reportado por Parada-Molina *et al.* (2021), donde T_{min} y ΔT presentaron diferencias significativas en las cuatro temporadas analizadas y T_{max} presentó diferencias significativas durante MAM y DEF ($p < 0.05$) y DPV presentó diferencias significativas en MAM, en los mismos sistemas de producción evaluados. Se identificó también la ocurrencia de T_{max} menos cálidas, T_{min} también menos cálidas, excepto en MAM; y un mayor DPV , durante el periodo analizado (2022-2023) en comparación con el periodo 2018-2021.

Tabla 2

Valores diarios medios de temperaturas media (T), máxima (T_{max}), mínima (T_{min}), amplitud térmica (ΔT), humedad relativa (HR) y déficit de presión de vapor (DPV), por temporada, en dos sistemas de producción de café (Café-Chalahuite, CI y Café-Nacaxtle, CE).

Variable	MAM		JJA		SON		DEF	
	CI	CE	CI	CE	CI	CE	CI	CE
T	23.1 ± 1.5	23.3 ± 0.9	21.5 ± 1.0	21.6 ± 1.0	19.8 ± 1.2	19.9 ± 1.2	17.2 ± 1.7	17.6 ± 1.8
T_{max}	29.8 ± 2.2	30.6 ± 1.1	27.7 ± 2.0	27.8 ± 2.0	24.5 ± 2.0	24.9 ± 2.1	23.5 ± 3.6	24.8 ± 4.2
T_{min}	15.9 ± 1.6	17.0 ± 1.0	16.5 ± 1.2	16.7 ± 1.1	15.9 ± 1.7	16.1 ± 1.6	12.1 ± 1.9	12.4 ± 1.9
ΔT	16.5 ± 2.2	13.6 ± 0.1	11.2 ± 2.3	11.0 ± 2.2	8.6 ± 2.7	8.8 ± 2.8	11.3 ± 4.4	12.4 ± 4.9

HR	71.7 ± 2.2	70.7 ± 2.7	85.0 ± 3.9	84.6 ± 3.7	91.6 ± 2.8	91.0 ± 2.9	86.7 ± 5.9	85.2 ± 6.2
DPV	0.87 ± 0.2	0.90 ± 0.1	0.47 ± 0.2	0.48 ± 0.1	0.23 ± 0.1	0.25 ± 0.1	0.35 ± 0.2	0.41 ± 0.2

Nota: Temporadas MAM (marzo a mayo); JJA (junio a agosto); SON (septiembre a noviembre); DEF (diciembre a febrero). Se presentan valores medios por temporada ± sd. En negritas variables con diferencias significativas entre sistemas cafetaleros por temporada ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

La variabilidad interanual también tuvo un papel importante en este sentido, donde la ocurrencia del fenómeno del Niño Oscilación del Sur, es considerado el principal fenómeno que influye en este tipo de variabilidad (Craparo *et al.*, 2015; Williams y Funk, 2011), en sus fases cálida (El Niño) y su fase fría (La Niña), producen cambios estacionales en la dinámica atmosférica que llega a afectar los patrones meteorológicos a escala regional y local.

Durante el periodo evaluado en este trabajo (2022-2023) se presentó el fenómeno de La Niña; mientras que, el periodo evaluado por Parada-Molina *et al.* (2021) se vio influenciado por los fenómenos de La Niña (ciclo productivo 2017-2018) y El Niño (ciclo productivo 2018-2019), difiriendo por esta razón con los resultados obtenidos, particularmente en la precipitación media anual.

En cuanto a la oscilación diurna durante cada temporada (**Figura 1**), las bajas temperaturas parecen no ser limitante para el cultivo de café; durante MAM y JJA, se presentan temperaturas medias por arriba de la óptimas (23 °C) para *Coffea arabica*.

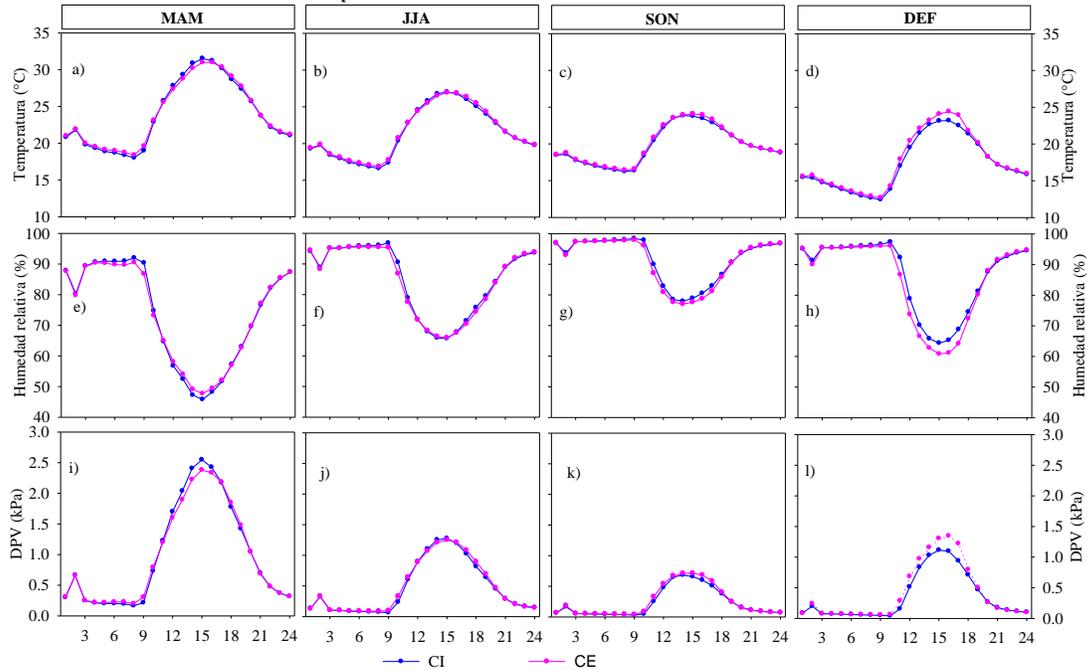
El DPV presento valores máximos entre las 13:00 y las 16:00 h en todas las temporadas, en ambos sistemas productivos. Solo durante MAM entre las 11:00 y las 18:00 se presentaron valores mayores 1.5 kPa (**Figura 3**), temporada en la que las plantas experimentarían periodos de estrés producidos por el calor, derivado en un déficit de agua (DaMatta y Ramalho, 2006; Oliveira *et al.*, 2009; Molina *et al.*, 2016).

Es importante resaltar que MAM es la temporada en la que ambos sistemas de producción de café analizados podrían estar experimentado periodos de estrés tanto térmico, por altas temperaturas e hídrico por déficit de agua.

Parecería que son dos casos diferentes, cuando las temperaturas están provocando el estrés hídrico. Si bien el café requiere un periodo de estrés hídrico, seguido de lluvias, para desencadenar la inflorescencia, la persistencia de condiciones cálidas y secas desencadenaría con efectos negativos en la productividad de las parcelas de café, afectando una fase fenológica prioritaria como lo es la floración.

Las estrategias de manejo del agua resultan cada vez más importantes en el sector agrícola, particularmente en las zonas cafetaleras, en las que se han proyectado cambios en la aptitud climática para el cultivo de café debido a la alteración de los patrones de lluvias y los cambios en las temperaturas.

Figura 3
Oscilación media diaria de temperatura



Nota: Oscilación media diaria de temperatura media (T °C), humedad relativa (HR %) y déficit de presión de vapor (DPV kPa) durante las temporadas: diciembre a febrero (DEF), marzo a mayo (MAM), junio a agosto (JJA) y septiembre a noviembre (SON), del periodo marzo 2021 – febrero 2022, en café cultivado bajo *Inga vera* (Chalahuite) y *Enterolobium cyclocarpum* (Nacastle).

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Los árboles de sombra permiten regular las condiciones higrotermimétricas en las que se desarrolla el cultivo de café; *Inga vera* (Chalahuite) presenta un mayor efecto amortiguador de las condiciones cálidas y secas en comparación con *Enterolobium cyclocarpum* (Nacastle), a escala anual. Efecto similar se presenta a escala de análisis por temporadas, siendo más evidente durante DEF.

Además, de acuerdo con los valores diurnos del DPV, las plantas de café en los dos sistemas de producción analizados, experimentan periodos de déficit hídrico durante MAM. Esto podría ayudar a planear estrategias de mitigación específicas de acuerdo a las características específicas de cada sistema productivo durante MAM.

Referencias

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio Riego y Drenaje* N° 56. FAO. <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

- Barradas, V. y Fanjul, L.** (1986). Microclimatic characterization of shaded and open-grown coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, 38(1), 101-112 [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(86\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0168-1923(86)90052-3)
- Charbonnier, F., Roupsard, O., le Maire, G., Guillemot, J., Casanoves, F., Lacoite, A., Vaast, P., Allinne, C., Audebert, L., Cambou, A., Clément-Vidal, A., Defrenet, E., Duursma, R., Jarri, L., Jourdan, C., Khac, E., Leandro, P., Medlyn, B., Saint-André, L., Dreyer, E.** (2017). Increased light-use efficiency sustains net primary productivity of shaded coffee plants in agroforestry system. *Plant Cell and Environment*, 40(8), 1592-1608. <https://doi.org/10.1111/pce.12964>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO].** (2023). *Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.* <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONASAMI.** (2021). *Tabla de salarios mínimos generales y profesionales por áreas geográficas.* Gobierno de México. <https://tinyurl.com/42tm7xdu>
- Craparo, A., Van Asten, P., Läderach, P., Jassogne, L. y Grab, S.** (2015). *Coffea arabica* yields decline in Tanzania due to climate change: Global implications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 207, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.03.005>
- DaMatta, F. y Ramalho, C.** (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 55-81. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006>
- Oliveira, L., Oliverira, R. y de Portes, T.** (2009). Comportamento fisiológico de cafeeiros submetidos a diferentes disponibilidades de água no solo. *Bioscience Journal*, 25(3), 83-91. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6927>
- Libert, A. y Paz, P.** (2018). Del papel a la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático: la roya del café en Chiapas. *Madera y Bosques*, 24(Núm esp.), 1-24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401914>
- Manson, R., Sosa, V. y Contreras, A.** (2008). Biodiversidad: Efectos del manejo sobre la Conclusiones y síntesis. En R. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter (Eds.), *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación* (279-302 pp.). Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Moguel, P. y Toledo, V.** (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13, 11-21. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x>
- Molina, V., Ramírez-Builes, V. y Cortina, G.** (2016). Comportamiento de accesiones de *Coffea arabica* sometidas a déficit de humedad del suelo. *Cenicafé*, 67(1), 41-54. <https://www.cenicafe.org/es/publications/2.Comportamiento.pdf>
- Parada-Molina, P., Cerdán-Cabrera, C. y Ortiz-Ceballos, G.** (2021). Condiciones microclimáticas en dos sistemas de producción de café. *UVserva*, 12, 24-29. <https://doi.org/10.25009/uvsvi12.2808>
- Pérez-Akaki, P. y Echánove-Huacuja, F.** (2006). Cadenas globales y café en México. *Cuadernos Geográficos*, 38(1), 69-86. <https://tinyurl.com/yc69yj5u>
- Perfecto, I. y Vandermeer, J.** (2015). *Coffee agroecology: a new approach to understanding agricultural biodiversity, ecosystem services and sustainable development.* Routledge.

- Rodríguez, T., Cárcamo, R. y Álvarez, A. (2019).** La opción de la producción orgánica ante la crisis del café: el caso de los pequeños productores de Chilón, Chiapas, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 19(37), 45-72.
<https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/409>
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A., Valdés-Velarde, E., Escamilla-Prado, E. y Gómez-Díaz, J. (2022).** Reservas de carbono en sistemas agroforestales con café (*C. arabica* L.) ante el cambio climático: caso México. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3), 48671.
<https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48671>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2022).** *Sistema de Información Agroalimentaria y Consulta*. SIAP
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Siles, P., Cerdán, C. y Staver, C. (2022).** Smallholder Coffee in the Global Economy—A Framework to Explore Transformation Alternatives of Traditional Agroforestry for Greater Economic, Ecological, and Livelihood Viability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.808207>
- Servicio Meteorológico Nacional [SMN]. (2022).** *Normales climatológicas por estación*. Estado de Veracruz: Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA.
<https://tinyurl.com/2s4993a4>
- Talhinhas, P., Batista, D., Diniz, I., Vieira, A., Silva, D., Loureiro, A., Tavares, S., Pereira, A., Azinheira, H., Guerra-Guimarães, L., Várzea, V. y Silva, M. (2017).** The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. *Molecular Plant Pathology*, 18(8), 1039–1051.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/mpp.12512>
- Williams, A. y Funk, C. (2011).** A westward extension of the warm pool leads to a westward extension of the Walker circulation, drying eastern Africa. *Climate Dynamics*, 37(11), 2417–2435. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0984-y>

Violencias en Veracruz: Una aproximación desde el Observatorio Universitario de Violencias contra las Mujeres

Violence in Veracruz: An approach from University Observatory of Violence Against Women

Estela Casados González ^a

Recibido: 1 de agosto de 2023.

Aceptado: 1 de abril de 2024.

^a Observatorio Universitario de Violencias contra las Mujeres, Facultad de Antropología, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: ecasados@uv.mx | ORCID: [0000-0003-0210-7410](https://orcid.org/0000-0003-0210-7410) *Autora para correspondencia.

Cómo citar:

Casados, E. (2024). Violencias en Veracruz. Una aproximación desde el Observatorio Universitario de Violencias contra las Mujeres. *UVserva*, (17), 57-66. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2979>

Resumen: El propósito de este artículo es dar cuenta del trabajo de documentación en torno a las violencias contra las mujeres acontecidas en el estado de Veracruz durante el primer semestre de 2023. De esta manera se analiza la incidencia de feminicidios, agresiones, desapariciones y homicidios de mujeres acontecidos en la entidad. Ello permite dar seguimiento a la sistematización realizada de 2017 a la fecha por el Observatorio Universitario de Violencias contra las Mujeres (OUVMujeres).

Palabras clave: Violencias; mujeres; Veracruz.

Abstract: *The purpose of this article is to account for the documentation on violence against women which occurred in the state of Veracruz during the first semester of 2023. In this context, incidence of femicides, assaults, disappearances and homicides of women are analyzed through the monitoring mechanisms of the University Observatory of Violence against Women (OUVMujeres). Thus, the study will allow further follow-up to data carried out since 2017 to present day.*

Keywords: *Violences; Women; Veracruz.*

Introducción

El estado de Veracruz cuenta con dos Declaratorias de Alerta de Violencia de Género contra las Mujeres (AVGM). Una por el delito de feminicidio, emitida el 23 de noviembre de 2016 (CONAVIM, 2023a). En su apartado diagnóstico, la solicitud que dio pie a esta Alerta estuvo constituida por datos recabados durante 2014 por una iniciativa impulsada desde la Facultad de Antropología de la Universidad Veracruzana, la cual daría origen años después al Observatorio Universitario de Violencias contra las Mujeres (OUVMujeres).

La segunda AVGM es por agravio comparado y se instauró el 13 de diciembre de 2017 (CONAVIM, 2023b). Ambos mecanismos fueron implementados por el gobierno federal a través de la Comisión Nacional para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres (CONAVIM).

Además, el 15 de mayo de 2019, cuatro organizaciones de la sociedad civil solicitaron una tercera Alerta por desaparición de mujeres en la entidad,¹ la cual aún no se ha resuelto, pues continúa en el proceso formal implementado por la Comisión (Casados, 2022; CONAVIM, 2023c). Pese a ello, tal como nos muestran las siguientes páginas, el fenómeno continúa asolando a las habitantes del estado, registrándose un alza considerable desde el año 2021 que se sostiene en el primer semestre de 2023.

¹ Se trata del Colectivo Feminista Cihuatlahtolli; Piensa Actúa y Sorprende; Instituto Mexicano de Derechos Humanos y Democracia; y Justicia, Derechos Humanos y Género.

De acuerdo con la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (Congreso de la Unión, 1 de febrero de 2007), la AVGM es:

el conjunto de acciones gubernamentales coordinadas, integrales, de emergencia y temporales realizadas entre las autoridades de los tres órdenes y niveles de gobierno, para enfrentar y erradicar la violencia feminicida en un territorio determinado; así como para eliminar el agravio comparado, resultado de las desigualdades producidas por ordenamientos jurídicos o políticas públicas que impiden el reconocimiento o ejercicio de los derechos humanos de las mujeres, las adolescentes y las niñas, a fin de garantizar su pleno acceso al derecho a una vida libre de violencias (Congreso de la Unión, 1 de febrero de 2007, p. 11).

La Ley también señala que este mecanismo tiene como objetivos:

1. Garantizar la vida, la integridad, la libertad y la seguridad, así como el acceso a la justicia de las mujeres, adolescentes y niñas.
2. Generar las condiciones y políticas públicas que contribuyan a la disminución y cese de la violencia feminicida en su contra.
3. Eliminar la desigualdad y discriminación producidas por ordenamientos jurídicos o políticas públicas que agravan los derechos humanos de las mujeres, adolescentes y niñas (Congreso de la Unión, 1 de febrero de 2007, p.12).

Es en este contexto que el Observatorio Universitario de Violencias contra las Mujeres (OUVMujeres), fundado el 15 de noviembre de 2017, tiene como objetivo documentar, analizar y visibilizar los feminicidios, agresiones, desapariciones y homicidios de mujeres en Veracruz. Los resultados de este trabajo se difunden mensualmente desde la página institucional del Observatorio, la cual es de acceso público y gratuito: <https://www.uv.mx/ouvmujeres/>

A partir de enero de 2023 cuenta con la geo referenciación de feminicidios y desapariciones de mujeres en el estado de Veracruz. La información mostrada en el mapa estatal se basa en datos que el OUVMujeres ha recabado de 2017 a 2023.²

El propósito de dicho instrumento es presentar datos detallados de las violencias contra mujeres en el ámbito municipal y que el público usuario se informe y realice un análisis comparativo sobre el fenómeno. De acceso libre, puede consultarse en <https://www.uv.mx/apps/cuo/ouvmujeres/ouvmmap/>

Para fines del presente artículo, el objetivo de las siguientes páginas es dar cuenta del trabajo de documentación en torno a violencias contra mujeres acontecidas en el estado de Veracruz durante el primer semestre de 2023. De esta manera se analiza la incidencia de feminicidios, agresiones, desapariciones y homicidios de mujeres acontecidos en la entidad.

El documento presenta brevemente la estrategia metodológica utilizada para recabar e interpretar la información; posteriormente desglosa el estado que guarda el fenómeno en el ámbito estatal. Cierra con algunas conclusiones generadas a partir de la información recabada en la temporalidad referida.

² La actualización del Mapa de feminicidios y desapariciones de mujeres en el estado de Veracruz es mensual. Constituye un acervo visual y georreferenciado de los datos recabados y analizados por el OUVMujeres de 2014 a la fecha (OUVMujeres, 2023). De consulta libre y gratuita en: <https://www.uv.mx/apps/cuo/ouvmujeres/ouvmmap/>

1. Violencias y datos. Metodología de trabajo

Para su registro, documentación y análisis, el OUV Mujeres retoma cuatro espectros de las violencias hacia las mujeres: feminicidio, homicidio, desaparición, agresiones. Es importante destacar que la fuente de los datos la constituyen los medios de comunicación, en sus versiones impresas y portales informativos, principalmente; páginas web institucionales de organismos gubernamentales, tales como la Fiscalía General del Estado de Veracruz o la Comisión Estatal de Búsqueda de Búsqueda de Personas; así como redes sociales de dichas instancias oficiales, concretamente *Facebook* y *Twitter*.

Esta estrategia para la búsqueda de información surge en una etapa previa a la fundación del Observatorio. El incremento y fortalecimiento del crimen organizado en Veracruz, así como de actividades delictivas a las que el equipo de trabajo era altamente vulnerable, nos condujo a la revisión documental de información periódica sobre violencias contra mujeres o aquella que era generada desde la fuente oficial. La necesidad de no comprometer la seguridad de las personas que colaboramos en esta iniciativa continúa hasta la fecha, por lo que seguimos haciendo revisión de fuentes documentales.

Sin embargo, las notas informativas, reportajes, comunicados oficiales y *posts* en redes sociales son analizados a partir de dos instrumentos fundamentales para nuestra labor y correcta sistematización:

- Código Penal del Estado de Veracruz. En lo concerniente a la tipificación del delito de feminicidio, la cual tuvo lugar el 29 de agosto de 2011, este instrumento legal señala que para su consideración debe presentar las siguientes razones de género:

1. Que exista o haya existido entre el activo y la víctima una relación de parentesco por consanguinidad o afinidad, de matrimonio, concubinato, noviazgo o cualquier otra relación de hecho o amistad.

2. Que exista o haya existido entre el activo y la víctima una relación laboral, escolar, o cualquier otra que implique confianza, subordinación o superioridad.

2 Bis. Que el activo se haya valido de su relación como conductor de un vehículo de transporte de pasajeros, turismo o cualquier otra modalidad.

3. Que la víctima presente signos de violencia sexual de cualquier tipo.

4. A la víctima se le hayan infligido lesiones infamantes, degradantes o mutilaciones previamente a la privación de la vida, o se realicen marcas infamantes o degradantes sobre el cadáver, o éste sea mutilado.

5. Hayan existido amenazas, acoso o lesiones del sujeto activo en contra de la víctima.

6. El cuerpo de la víctima sea expuesto o arrojado en un lugar público.

7. La víctima haya sido incomunicada (Congreso del Estado de Veracruz, 2 de marzo de 2022, pp. 104-105).

En el proceso de sistematización de los casos de feminicidio que retomamos de las diversas fuentes consultadas, no se realiza un registro simple de la información. Sino que se retoman las siete razones de género expuestas en el Código penal local y si se observa que alguna de estas se cumple, el caso en revisión es integrado al registro como feminicidio. De no cumplir con ello, es clasificado como homicidio. Lo anterior es de

suma importancia, ya que permite establecer el tipo de delito y, principalmente, la violencia que fue perpetrada en el cuerpo de la víctima.

- Ley de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (LAMVLV). Publicada en 2008 y con actualizaciones que datan de 2021, es a partir de este instrumento que retomamos los tipos y modalidades de violencias contra mujeres para sistematizar lo correspondiente a agresiones.

Este instrumento establece y define ocho tipos de violencia:

1. Psicológica. Daño la estabilidad psíquica y/o emocional de la mujer.
2. Física: Daño causado por la fuerza física o algún tipo de arma u objeto.
3. Sexual. Acto que degrada o daña el cuerpo y/o la sexualidad de la víctima, que atenta contra su libertad, dignidad e integridad, como una expresión de abuso de poder que implica la supremacía sobre la mujer al denigrarla o concebirla como objeto.
4. Patrimonial. Transformación, sustracción, destrucción, retención o distracción de objetos, documentos personales, bienes y valores, derechos patrimoniales o recursos económicos destinados a satisfacer las necesidades de la víctima.
5. Económica. Afecta la supervivencia económica de la víctima.
6. Obstétrica. Apropiación del cuerpo y procesos reproductivos de las mujeres por personal de salud, que se expresa en un trato deshumanizador, en un abuso de medicalización y patologización de los procesos naturales, trayendo consigo pérdida de autonomía y capacidad de decidir libremente sobre sus cuerpos y sexualidad.
7. Digital. Violencia a través de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, plataformas de internet, redes sociales, sistemas de mensajería instantánea, correo electrónico, o cualquier otro espacio digitalizado, por la que se exponga, distribuya, difunda, exhiba, transmita, comercialice, oferte, intercambie o comparta imágenes, audios o videos reales o simulados de contenido íntimo sexual de una persona sin su consentimiento, sin su aprobación o sin su autorización, que atente contra la integridad, la dignidad, la intimidad, la libertad, la vida privada de las mujeres y les cause un daño o sufrimiento psicológico, físico, económico, emocional o sexual tanto en el ámbito privado, como en el público o en su imagen propia.
8. Mediática. Acto a través de cualquier medio de comunicación que promueva estereotipos sexistas, haga apología de la violencia contra las mujeres y las niñas, produzca o permita la producción y difusión de discurso de odio sexista, discriminación de género o desigualdad entre mujeres y hombres, que cause daño a las mujeres y niñas de tipo psicológico, sexual, físico, económico, patrimonial o feminicida (Congreso del Estado de Veracruz, 28 de febrero de 2008, pp. 6-7).

Asimismo, establece que las modalidades o ámbitos en donde se perpetra la violencia contra mujeres es el familiar, laboral, escolar, en la comunidad, institucional y feminicida. (Congreso del Estado de Veracruz, 28 de febrero de 2008, p. 8).

Si bien ambos instrumentos referidos son de carácter legal, contienen en sí mismos las argumentaciones de diversas teóricas feministas, tales como Marcela Lagarde y de Los Ríos, en torno a las implicaciones de un contexto violento para las mujeres. Todo ello permite que el análisis de páginas web institucionales, sus redes sociales y notas periodísticas retomadas de medios de comunicación sean analizadas bajo la lógica de

los instrumentos referidos, lo que permite el análisis detallado y puntual para la delimitación de cada una de las violencias.³

Cabe destacar, que la sistematización de la información a la que se hace referencia en líneas anteriores es llevada a cabo por alumnado de las Licenciaturas en Antropología Social y de Ciencias de la Comunicación, en la Universidad Veracruzana. Ello permite formar al alumnado en la realización de investigación y el trabajo metodológico de corte feminista. La labor del equipo de trabajo cuenta con la asesoría y seguimiento de la responsable del OUV Mujeres, así como de la Coordinación Universitaria de Observatorios (CUO).

2. Femicidios en Veracruz

En el primer semestre de 2023 tuvieron lugar 39 femicidios en la entidad. De acuerdo con el OUV Mujeres, marzo fue el mes con más casos, con un total de 10. Los municipios en donde tuvieron lugar fueron Xico, Ixhuatlán del Café, Mariano Escobedo, Huatusco, Calchualco, Medellín, San Rafael y Córdoba. En este último se contabilizaron tres.

En un ejercicio comparativo, cabe destacar que en el primer semestre de 2022 se registraron un total de 51, lo que permite observar un descenso importante. De igual manera, en el periodo señalado, pero ahora correspondiente a 2021, se contabilizaron un total de 46. Para 2020, el número registrado fue de 55. Es decir, tres años atrás el promedio mensual de víctimas de femicidio era de nueve y para 2023 se redujo a seis.

Respecto a la información generada de enero a junio de este año, encontramos que Veracruz, Maltrata, Xalapa, Papantla y Córdoba son los municipios con más femicidios, pues se han perpetrado tres en cada uno de ellos. Es en la región centro donde este delito ha tenido mayor recurrencia, con un total de 25. Han sido las mujeres adultas quienes constituyen la población más afectada, con un total de 24.

¿Qué nos dicen las cifras oficiales al respecto? De acuerdo con el Informe del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional para la Seguridad Pública (SESNSP) (2023) sobre violencia contra mujeres, con corte al 30 de junio de 2023, el estado de Veracruz ocupa el quinto lugar nacional en materia de femicidios. El organismo federal contabiliza para esta entidad un total de 28 carpetas de investigación iniciadas por el posible delito de femicidio.

El informe del SESNSP (2023) señala a Papantla, Veracruz, Coatzacoalcos, Medellín de Bravo y Xalapa entre los municipios que presentan más femicidios en el ámbito nacional.

Es de destacar que en el mismo periodo (enero-junio) en 2022, ubica a Veracruz en el tercer lugar nacional, contabilizando 41 femicidios; y en 2021 el Secretariado contabilizó 39 casos, lo que ubicó a la entidad en el tercer sitio. Sin embargo, en 2020 la situación era aún más caótica, pues la instancia ubicó a nuestro estado en el segundo lugar nacional con un total de 45 casos.

³ El equipo de trabajo del OUV Mujeres analiza las notas periodísticas de manera individual y grupal, hace captura de los casos de violencias en una plataforma virtual creada por la Coordinación Universitaria de Observatorios (CUO), lo que permite que las integrantes no dupliquen o tripliquen los registros.

3. Homicidios de veracruzanas

En seguimiento a los datos de OUVMujeres, para este primer semestre del año se contabilizan 39 homicidios de mujeres. Tan solo en marzo se sumaron un total de doce. En ese mes los municipios de Boca del Río, Alvarado, Ixhuatlancillo, Orizaba, Ixhuatlán del Café, Calchahuaco, Tecolutla, Coxquihui, Tihuatlán y Córdoba reportaron más casos. El último de ellos con tres.

De enero a junio de 2023 destacaron Tihuatlán con cinco feminicidios; Córdoba con cuatro y Coatzacoalcos con tres. La región centro de la entidad sumo 22 casos. En el ámbito estatal, las mujeres en edad adulta fueron el grupo etario más afectado, con un total de 28 homicidios; 18 de ellas fueron ultimadas con arma de fuego.

Durante este mismo periodo, pero de 2022, el OUVMujeres contabilizó 62 homicidios de mujeres en el estado de Veracruz; y en 2021 fueron un total de 43. En 2020 sumaron 45. Dado lo anterior y de acuerdo con nuestro registro, 2023 refleja un número menor de este tipo de ilícitos.

Cabe destacar que en ese mismo periodo el SESNSP ubica al estado de Veracruz en el lugar 13 dentro de las entidades con más homicidios de mujeres clasificados como dolosos. En 2020, fue ubicado en el sitio número nueve con un total de 47 casos. Al siguiente año encontramos a la entidad en el sitio 13, con 37 casos. En 2022, con un total de 40 casos ocupó el lugar 13.

4. Desapariciones de mujeres en Veracruz

Este es un fenómeno que ha causado gran alarma y temor en la población. Particularmente, en los últimos años se ha incrementado de manera importante. Para el primer semestre de 2023 se contabilizaron 426 desapariciones de mujeres en la entidad. La región centro es la que ha presentado más casos, con un total de 290.

Veracruz y Xalapa son los municipios con mayor número de desapariciones. El primero muestra 73 y el segundo 52. Del total de desaparecidas, 241 son menores de edad. Abril fue el mes con más casos, pues solo en ese mes se registraron 85. Entre enero y junio el 44.6 por ciento no han sido localizadas.

De acuerdo con el acervo del OUVMujeres, de enero a junio de 2020 se presentaron 137 desapariciones de mujeres, lo que marca una notable diferencia con lo acontecido tres años después en ese periodo. Justamente fue en 2021 cuando el fenómeno se disparó con 311. Al siguiente año, 2022, la tendencia se mantuvo con 349 casos.

¿En materia de este delicado fenómeno qué nos dice la información oficial? De acuerdo con el Registro Nacional de Personas Desaparecidas y No Localizadas (RNPDNO) (2023), se reporta que en Veracruz hay un total de 735 personas desaparecidas, de las cuales 307 son mujeres, 419 son hombres y 9 son señaladas como “indeterminado”.

De acuerdo con el Registro oficial, enero fue el mes donde desaparecieron más mujeres en Veracruz, sumando un total de 57. Veracruz es el municipio con mayor número de desaparecidas, pues contabiliza un total de 66, seguido por Xalapa con 58 y Córdoba con 45.

5. Agresiones (tipos y modalidades de violencia)

Las agresiones a mujeres se encuentran ampliamente naturalizadas en nuestra cultura a través de prácticas sociales diversas las cuales, dependiendo del grado de daño hacia las víctimas, no llegan a tomarse en consideración. Son invisibilizadas por los medios de comunicación, las instituciones y la sociedad en su conjunto.

En este primer semestre de 2023 hemos registrado un total de 200 agresiones a mujeres. Pese a que consideramos que no son todas las que han tenido lugar, hemos procedido a sistematizarlas y analizarlas en un intento por visibilizar la situación. La zona sur de la entidad es la que presenta el mayor número de casos: Acayucan es el municipio en donde se han documentado más agresiones con un total de 55. Le sigue Coatzacoalcos con 28.

Tan solo en el mes de marzo se presentaron 55 casos, de los cuales Acayucan y Coatzacoalcos concentraron la mitad.

En este primer semestre la violencia física y psicológica fueron las más frecuentes. La combinación de ambas presentó un total de 53 eventos, seguida por la violencia patrimonial con 35 agresiones y la violencia física con 31.

Del total de los 200 casos documentados, en 107 de ellos la persona agresora era hombre. Y en 75 quienes agredían era una dupla de hombre y mujer. Fue en el ámbito comunitario en donde tuvieron lugar 143 agresiones.

Es importante señalar que en el mismo periodo –en 2022– OUVMujeres registró un total de 278. En 2021 fueron 300. En 2020 se presentó un resultado similar, ya que se documentaron 301 en el primer semestre (**Tabla 1**).

Tabla 1

Violencias contra mujeres en el estado de Veracruz. Comparativo del primer semestre de 2020 – 2023

VIOLENCIAS	PRIMER SEMESTRE				TOTAL
	2020	2021	2022	2023	
Feminicidio	55	46	51	39	191
Homicidio	45	43	62	39	189
Desapariciones	137	311	349	426	1223
Agresiones	301	300	278	200	1079

Fuente: Acervo del OUVMujeres. Consulta libre y gratuita en <https://www.uv.mx/ouvmujeres/>

6. Conclusiones

Tal como se ha presentado, las violencias contra las mujeres en Veracruz presentan patrones de comportamiento que hay que observar con detenimiento.

1. En lo concerniente a los feminicidios, encontramos que, en tres años consecutivos, el primer semestre de 2023 arroja el menor número de víctimas mortales. Tal como se indicó anteriormente, el promedio mensual de este ilícito pasó de nueve en 2020 a seis en 2023. Cabe preguntarse si esto es resultado de acciones concretas en el marco de la Declaratoria de AVGM por feminicidio, por parte de instancias de los gobiernos federal y estatal.

2. Con relación a la desaparición de mujeres en Veracruz, observamos que de 2021 a 2023 presenta un incremento sostenido, lo que hace que de enero a junio de 2023 encontremos un promedio mensual de 71 desaparecidas. Desde el año 2021 el fenómeno se concentra en la región centro. La solicitud de una tercera Declaratoria de AVGM por desaparición de mujeres hecha en 2019 por organizaciones de la sociedad civil cuya área de incidencia se concentra en la zona centro del estado, nos habla del fuerte impacto de este fenómeno en el escenario social local.

3. Los homicidios de mujeres también presentan un decremento en los últimos tres años. Marca la diferencia con el año 2020, en el que se registraron 62 eventos de esta naturaleza para su primer semestre, en contraste con los 39 homicidios documentados en 2023 para el mismo periodo.

4. Asimismo, en lo correspondiente a las agresiones a mujeres, de acuerdo con los tipos y modalidades de violencia indicadas por la LAMVLV, si bien presenta un ligero decremento en los últimos tres años, al pasar de 301 casos en 2020 a 200 en 2023, en el OUV Mujeres observamos con preocupación estas cifras. Los medios de comunicación que reportan los casos son un filtro permeado por lo que socialmente se considera que es o no es violento para las mujeres. En ese entendido, sabemos que el registro de notas informativas que reportan este tema en particular tiene un sesgo que no podemos obviar. Recordemos que la base del iceberg de las violencias hacia las mujeres comienza en las agresiones cotidianas y naturalizadas.

Referencias

- Casados, E.** (2022). Femicidio y desaparición en Veracruz: una aproximación a la trayectoria de violencias contra mujeres. En Red Universitaria de Géneros, Equidad y Diversidad Sexual de la Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (Coord.), *Femicidio: distintas miradas desde la perspectiva universitaria*, (pp. 13-36). Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL).
- Congreso** de la Unión (1 de febrero de 2007). *Ley General de Acceso a las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (LGAMVLV)*. Diario Oficial de la Federación. Última reforma: 8 de mayo de 2023. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAMVLV.pdf>
- Comisión** Nacional para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres (CONAVIM) (2023a). *Alertas por violencia de género declaradas por violencia feminicida*. <https://tinyurl.com/yfbh62su>
- CONAVIM** (2023b). *Alertas por violencia de género declaradas por agravio comparado*. <https://tinyurl.com/yfbh62su>
- CONAVIM** (2023c). *Solicitudes de Alerta de violencia de género contra las mujeres en proceso*. <https://tinyurl.com/3jjmce49>
- Congreso** del Estado de Veracruz (28 de febrero de 2008). *Ley de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Gaceta Oficial del Estado. Actualización: 15 de noviembre de 2021. <https://tinyurl.com/4rvfeknt>
- Congreso** del Estado de Veracruz (2 de marzo de 2022). *Código penal para el estado libre y soberano de Veracruz de Ignacio de la Llave*. <https://tinyurl.com/ytjhh748>

- Observatorio** Universitario de Violencias contra las Mujeres (OUVMujeres). (2023). Mapa de feminicidios y desapariciones de mujeres en el estado de Veracruz. <https://www.uv.mx/apps/cuo/ouvmujeres/ouvmmmap/>
- Registro** Nacional de Personas Desaparecidas y No Localizadas (RNPDNO). (2023). *Estadísticas. Veracruz*. <https://tinyurl.com/38583d8m>
- Secretariado** Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP). (2023). *Información sobre violencia contra las mujeres. Incidencia delictiva y llamadas de emergencia 9-1-1*. SEGOB. <https://tinyurl.com/4kpym5d>

Consumo de tabaco, alcohol y drogas ilegales durante la contingencia por COVID-19 en adultos veracruzanos de 2020 a 2022

Tobacco, alcohol and drug illicit use during the COVID-19 contingency in Veracruz adults from 2020 to 2022

León Felipe Beltrán Guerra ^a | Jorge Luis Arellanez Hernández ^b
Arleth Michell Morales García ^c | Melissa Ortega Galarza ^d
Angélica García Méndez ^e

Recibido: 30 de enero de 2023.

Aceptado: 8 de abril de 2023.

^a Observatorio de Calidad de Vida y Salud Social, Instituto de Investigaciones Psicológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: lebeltran@uv.mx | ORCID: [0000-0003-0733-7207](https://orcid.org/0000-0003-0733-7207) *Autor para correspondencia.

^b Observatorio de Calidad de Vida y Salud Social, Instituto de Investigaciones Psicológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: jarellanez@uv.mx | ORCID: [0000-0003-0678-9199](https://orcid.org/0000-0003-0678-9199)

^c Observatorio de Calidad de Vida y Salud Social, Instituto de Investigaciones Psicológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: arleth_morales21@hotmail.com | ORCID: [0009-0003-6752-479X](https://orcid.org/0009-0003-6752-479X)

^d Observatorio de Calidad de Vida y Salud Social, Instituto de Investigaciones Psicológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: mely00470@gmail.com | ORCID: [0009-0003-2295-4286](https://orcid.org/0009-0003-2295-4286)

^e Observatorio de Calidad de Vida y Salud Social, Instituto de Investigaciones Psicológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: angelicgarcia@uv.mx | ORCID: [0000-0003-2899-760X](https://orcid.org/0000-0003-2899-760X)

Cómo citar:

Beltrán-Guerra, L., Arellanez-Hernández, J., Morales-García, A., Ortega-Galarza, M. y García-Méndez, A. (2024). Consumo de tabaco, alcohol y drogas ilegales durante la contingencia por COVID-19 en adultos veracruzanos de 2020 a 2022. *UVserva*, (17), 67-77. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3023>

Resumen: Derivado del estudio “Ansiedad, depresión, estilos de vida y bienestar en el contexto sociocultural actual”, con el objetivo de describir las formas en que se dio el consumo de tabaco, alcohol y drogas ilegales en el contexto de la pandemia por COVID-19 en el periodo de 2020 a 2022. Con una muestra de 2,397 participantes, se presentan longitudinalmente los datos que describen el uso de sustancias psicoactivas en los distintos momentos del confinamiento social. Las diferencias identificadas pueden tener relación con las formas de afrontamiento y adaptación de las personas en la pandemia. Si bien el estudio no permite generalizar los datos por sus características, es posible identificar las modificaciones en los patrones de consumo como parte de los estilos de vida, y que se visibilizan aun después del confinamiento. Algunas prácticas de consumo vistas como parte de los estilos de vida han sido modificadas y de alguna manera quizás “normalizada”; sin embargo esta condición no es necesariamente favorable para la salud (física, mental y social), por ello la importancia de estudiarla para la generación de propuestas que incidan en el bienestar.

Palabras clave: Estilos de vida; consumo de tabaco; consumo de alcohol; consumo de drogas; COVID-19.

Abstract: *Derived from the study “Anxiety, depression, lifestyles and well-being in the current sociocultural context”, with the objective of describing the ways in which the consumption of tobacco, alcohol and illegal drugs occurred in the context of the COVID-19 pandemic in the period from 2020 to 2022. With a sample of 2,397 participants, the data describing the use of psychoactive substances at different times of social confinement is presented longitudinally. The identified differences may be related to individuals' coping mechanisms and adaptations during the pandemic. While the study doesn't allow for generalizing the data due to its characteristics, it is possible to identify modifications in consumption patterns as part of lifestyles, visible even after the confinement. Some consumption practices, seen as elements of lifestyles, have been altered and perhaps somehow “normalized”. However, this condition is not necessarily favorable for health (physical, mental, and social). Hence, the importance of studying it to generate proposals that impact wellbeing.*

Keywords: *Lifestyles; tobacco consumption; alcohol consumption; drug consumption; COVID-19.*

Descripción general de los datos

Área:

Humanidades y Ciencias de la Conducta.

Sub-área:

Psicología de la salud.

Tipo de datos:

Datos primarios, tablas, figuras.

Cómo se obtuvieron los datos:

El levantamiento de información se realizó en seis momentos: de junio a julio del año 2020 y de octubre a noviembre del mismo año; entre marzo y abril del año 2021 así como entre octubre y noviembre del mismo periodo; finalmente de marzo a abril de 2022 y de octubre a noviembre del mismo año.

La aplicación del cuestionario se realizó en línea, a través de medios digitales como: página web del Observatorio de Calidad de Vida y Salud Social de la Universidad Veracruzana (OCVS), el sitio web de la Universidad Veracruzana (UV), las redes sociales con las que cuenta el OCVS (Facebook y Twitter), así como también, las redes sociales de los participantes que decidieron compartir el instrumento.

Formato de los datos:

Base de datos sin procesar, analizado, filtrado (estadística descriptiva).

Parámetros de la recolección de los datos:

Las características de los participantes consideraban: personas radicadas en el estado de Veracruz, México, entre 18 y 85 años.

Descripción de la recolección de datos:

Para el año 2020, de la *Escala sobre estilo de vida para adolescentes mexicanos* (Bazán-Riverón *et al.*, 2019) se utilizaron tres reactivos de la sub-escala toxicomanías: Fumo, Consumo bebidas alcohólicas más de 1 vez a la semana y Consumo drogas (marihuana, cocaína, inhalantes, cristal, heroína, etc). Y para los años 2021 y 2022, tomaron dos reactivos a la *Escala de estilos de vida saludables para estudiantes universitarios* (Dominguez-Lara *et al.*, 2019): Beber alcohol en exceso y Fumar o consumir tabaco o mariguana. Para fines de homogeneizar la exploración del uso de sustancias psicoactivas el segundo ítem fue dividido en dos, para explorar por un lado, el uso específico de tabaco y por otro, el consumo de sustancias ilegales.

Cabe señalar que los reactivos utilizados no son una escala propiamente dicha, son indicadores epidemiológicos que permiten un acercamiento a la exploración del uso de sustancias psicoactivas en general a través de tres reactivos: Fumar tabaco, Consumir bebidas alcohólicas en exceso y Consumir alguna droga ilegal (marihuana, cocaína, inhalantes, cristal, heroína, etc.).

Ubicación de la fuente de los datos:

Veracruz, México.

Accesibilidad de los datos:

En proceso.

Valor de los datos

— La información muestra las características y variaciones en el consumo de tabaco, alcohol y drogas ilegales como parte de uno de los aspectos que forma parte de los

estilos de vida de la población de adultos-jóvenes y adultos veracruzanos durante el periodo de 2020 a 2022, donde el distanciamiento social generó diversas condiciones en diferentes momentos.

— Como parte de los posibles comportamientos de adaptación de la población, el uso de sustancias pudo ser utilizado como una forma de afrontamiento en el contexto de la pandemia, trayendo consigo la exposición a *condiciones de riesgo* que podrían mermar los estilos de vida saludables, o bien, pudieron haberse modificado los patrones de consumo de sustancias debido a los riesgos de comorbilidad que podrían estar relacionados con el COVID-19.

— El OCVS ha publicado información relacionada con los Estilos de Vida de adultos-jóvenes y adultos veracruzanos durante el contexto de la pandemia por COVID-19 en los años 2020 a 2022. Los datos que se presentan en el presente manuscrito se desprenden de dichos estudios, por ello es necesario analizarlos en dicho contexto.

— La información busca servir de base para la elaboración de propuestas de intervención que promuevan los estilos de vida saludables y reduzcan las condiciones de riesgo, en este caso, relacionadas con el uso o abuso de tabaco, alcohol u otras drogas.

Introducción

El estudio de los estilos de vida, se ha orientado principalmente a la comprensión de los patrones de comportamiento que se presentan en la vida cotidiana, y que están determinados por las características individuales, las interacciones sociales y el contexto en el que se desenvuelven las personas. Su importancia radica en la influencia que dichos patrones de comportamiento tienen en la salud, ya sea de manera favorable, a manera de protección, o desfavorable, significando un riesgo (Organización Mundial de la Salud [OMS], 1998). En el caso del presente estudio, los comportamientos de consumo de tabaco, alcohol y drogas son considerados parte de los estilos de vida, y cobran relevancia por su afectación en la salud.

El consumo de sustancias psicoactivas se ha vuelto un problema de salud pública y desde hace algunas décadas se ha tratado de entender la multifactorialidad y complejidad de este fenómeno. Particularmente en México, la información epidemiológica más reciente ha puesto énfasis en que la población joven es la más vulnerable (Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz [INPRFM], Comisión Nacional Contra las Adicciones [CONADIC], Secretaría de Salud [SSA], 2015a; 2015b; 2015c).

Recientemente, durante el distanciamiento social establecido al inicio de la pandemia por COVID-19, se generó toda una serie de evidencias respecto de las alteraciones a distintos patrones de comportamiento que las personas tuvieron como medida de adaptación en diferentes momentos, donde los estilos de vida se vieron modificados de una manera importante en cuanto a la alimentación, el descanso, las relaciones sociales, y consecuentemente, el consumo de sustancias (Beltrán-Guerra *et al.*, 2023).

Desde la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se plantea que las afectaciones a la salud mental a consecuencia de la pandemia por COVID-19, se han incrementado de manera significativa, pero también haciendo un llamado a los gobiernos de esta región del mundo a mejorar los sistemas y servicios que protejan y favorezcan la salud mental de la población, considerando un enfoque de equidad y derechos humanos (CEPAL, 2022; OPS, 2023).

Algunos estudios realizados por parte del Observatorio de Calidad de Vida y Salud Social de 2020 a 2022, muestran cambios en los comportamientos de la población en diferentes momentos del distanciamiento social en el contexto de la pandemia por COVID-19, específicamente en las variables de *ansiedad, depresión, estilos de vida y bienestar subjetivo*, destacando que se percibe un aumento en la presencia de síntomas relacionados con la ansiedad y la depresión, un estilo de vida menos saludable, altibajos en los niveles de percepción de bienestar, trayendo consigo nuevas formas de afectación a la salud mental (Arellanez-Hernández *et al.*, 2023a; 2023b; Beltrán-Guerra, *et al.*, 2023; OPS, 2023).

De acuerdo el Informe Mundial sobre Drogas 2022 (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2022) a inicios de la pandemia se reportaba que el consumo de sustancias había incrementado un 26 % con relación a la década anterior, siendo la población juvenil la que se encontraba en condiciones de mayor vulnerabilidad.

Así, no solamente los estilos de vida, el bienestar y los estados emocionales resultan de gran interés para entender las afectaciones en la salud mental durante y después de la pandemia, el consumo de sustancias se ubica también como parte de los grandes desafíos a enfrentar, debido a los cambios en las formas de consumo que se suscitaron, así como por las nuevas formas de afectación a la salud mental. Contar con esta información, puede contribuir al desarrollo de estrategias de intervención, pero también a la identificación de posibles predictores de consumo que contribuyan a generar condiciones de protección a la salud, y con ello, incidir en las condiciones de salud y bienestar de la población.

Diseño metodológico

El estudio consideró un diseño no experimental, longitudinal *ex post facto*, con un muestreo no probabilístico, por conveniencia. En gran medida, el diseño estuvo determinado debido a las características del contexto en que se llevó a cabo el estudio, donde el distanciamiento social se impuso como medida para hacer frente a la pandemia.

En este sentido, la utilización de dispositivos y plataformas digitales permitieron la obtención de información en el proyecto, así como la posibilidad de garantizar la accesibilidad y consideraciones éticas para la participación, al tiempo que se cuidó también la salud.

Como se ha señalado, para los dos primeros levantamientos de información en el año 2020, se utilizó la *Escala sobre estilo de vida para adolescentes mexicanos* propuesta por Bazán-Riverón *et al.* (2019), cuyos ítems poseen un formato de respuestas de tipo

Likert con cinco opciones (0= nunca, 1= raras veces, 2= algunas veces, 3= generalmente y 4= siempre) para tomar de la subescala toxicomanías los reactivos que ofrecían información sobre el uso de sustancias psicoactivas.

En los siguientes cuatro levantamientos correspondientes a los años 2021 y 2022, se utilizaron algunos reactivos de la Escala de estilos de vida saludables en estudiantes, de Domínguez-Lara *et al.* (2019), con un formato de respuesta tipo Likert con cinco opciones (0= nunca, 1= raras veces, 2= algunas veces, 3= generalmente y 4= siempre), y se adecuaron para explorar el uso de sustancias psicoactivas considerando fumar tabaco, beber alcohol y usar drogas ilegales.

En dichas aplicaciones y con base en los objetivos del presente trabajo, únicamente se utilizaron los resultados del constructo “Consumo de Sustancias Psicoactivas”, que considera: “Fumar tabaco”, “Beber alcohol en exceso”, y “Consumir alguna droga ilícita” con el siguiente formato de respuesta tipo Likert: 0= nunca, 1= casi nunca, 2= algunas veces, 3= casi siempre y 4= siempre. Es necesario destacar que la decisión de utilizar una segunda escala, se basó en la posibilidad de utilizar un instrumento con mayor confiabilidad pasando de $\alpha=0.60$ en el primero, a un $\alpha= 0.80$ para el segundo.

Características sociodemográficas

Como se puede apreciar en la **Tabla 1**, en todas las aplicaciones hubo una participación significativamente mayor de mujeres, en contraste con los hombres.

Es importante señalar que, con excepción de la aplicación del primer semestre del año 2021, la mayoría de la población ha cursado estudios universitarios, incluyendo programas de posgrado, en alrededor del 90 %.

Tabla 1
Características sociodemográficas

	2020-1		2020-2		2021-1		2021-2		2022-1		2022-2	
	Frec.	%										
Sexo*												
Hombre	124	25.6	104	28.8	225	34.2	264	35.6	226	32.9	120	32.8
Mujer	361	74.4	257	71.2	432	65.8	478	64.4	460	67.1	246	67.2
Nivel de estudios**												
Posgrado	100	20.6	94	26.0	-	-	185	24.9	197	28.7	121	33.1
Especialidad/Máster	4	0.8	1	0.3	-	-	4	0.5	8	1.2	5	1.4
Licenciatura	334	68.9	248	68.7	226	34.4	516	69.5	448	65.3	217	59.3
Carrera técnica o comercial	2	0.4	2	0.6	9	1.4	6	0.8	6	0.9	8	2.2
Bachillerato	41	8.5	14	3.9	394	60.0	28	3.8	26	3.8	11	3.0
Secundaria	3	0.6	-	-	6	0.9	-	-	1	0.1	1	0.3
Primaria	-	-	-	-	22	3.3	1	0.1	-	-	-	-
Sin información	1	0.2	2	0.6	-	-	2	0.3	-	-	3	0.8
Ocupación***												
Estudia	110	22.7	62	17.2	5	0.8	228	30.7	125	18.2	63	17.2
Trabaja	259	53.4	180	49.9	22	3.3	321	43.3	424	61.8	232	63.4
Estudia y trabaja	58	12.0	63	17.5	360	54.8	181	24.4	124	18.1	58	15.8
Ni estudia ni trabaja	21	4.3	17	4.7	132	20.1	4	0.5	7	1.0	5	1.4
Administración del hogar	37	7.6	39	10.8	138	21.0	8	1.1	6	0.9	8	2.2

Nota: * $X^2(5)=17.036, p < .01$; ** $X^2(35)=1,329.086, p < .01$; *** $X^2(20)=1,532.168, p < .01$

Fuente: Elaboración propia.

Muy pocos participantes en los diferentes levantamientos reportaron contar con estudios de nivel básico; a pesar de este predominio en el nivel de escolaridad, las diferencias observadas son estadísticamente significativas.

En cuanto a la ocupación, en los distintos levantamientos coincide un porcentaje significativamente más alto de los participantes se dedicaba a trabajar, y en proporciones muy similares también se señaló que se dedicaban a “estudiar”, y “estudiar y trabajar”. En muy pocos casos las personas reportaron “ni estudiar ni trabajar” (**Tabla 1**).

Consumo de tabaco, alcohol y drogas

Según los datos presentados en la **Tabla 2**, en porcentajes significativamente más altos, los participantes indicaron que “nunca” o “casi nunca” habían fumado tabaco; en especial esto se observa en las mediciones del año 2021 y 2022 donde más del 80% de participantes señalaron “nunca” fumar. Consecuentemente, si se toma en cuenta la categoría de “siempre” fumar tabaco, que incluiría a los fumadores actuales, el porcentaje de consumo fue disminuyendo de forma significativa en las mediciones de 2021 y 2022.

En cuanto al consumo de alcohol en exceso, sobresale que durante el año 2020 cerca de la mitad dijeron “nunca” haber tomado bebidas alcohólicas en exceso; sin embargo, durante las mediciones de los años 2021 y 2022 aumentó el porcentaje de personas que señalaron esta condición, siendo estas diferencias estadísticamente significativas. Si se consideran las categorías de consumo de bebidas con alcohol en exceso “casi siempre” y “siempre”, que equivaldría a las personas que pudieran llegar a tener un patrón de consumo problemático, se encontró que durante las mediciones del año 2020 cerca del 10 % de las personas participantes en el estudio registraron este patrón, mientras que en las mediciones de los años 2021 y 2022 este patrón de consumo disminuyó de manera significativa al presentarse en apenas el 2 %, con excepción de la medición 2022-2 que registró un 3 % con este consumo (**Tabla 2**).

Respecto al consumo de drogas, como era de esperarse, en las seis mediciones, alrededor del 90 % de los participantes dijo “nunca” haber usado alguna droga ilegal. Al considerar las categorías de “casi nunca” y “algunas veces”, que podrían representar un consumo de drogas ilegales ocasional, se tiene que durante las mediciones del año 2020 cerca del 8 % reconocieron usar drogas ilegales ocasionalmente, porcentaje que disminuye significativamente durante las mediciones del año 2021 y que vuelve a incrementarse en el 2022, en especial en la segunda medición (2022-2). Ahora bien, si se toman las categorías de “casi siempre” y “siempre”, que podrían representar un consumo problemático, se tiene que alrededor del 1 % de los participantes señalan este patrón de consumo, si bien en las mediciones 2021-1 y 2022-2 cerca del 1.5 % de los participantes reconocieron que, aun estando en condiciones de pandemia usaban drogas ilegales “casi siempre” y “siempre” (**Tabla 2**).

Tabla 2*Frecuencia de consumo de tabaco, alcohol en exceso y uso de drogas ilegales*

	2020-1		2020-2		2021-1		2021-2		2022-1		2022-2	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Fumar tabaco *												
Siempre	29	6.2	18	5.0	12	1.8	10	1.3	14	2.0	5	1.4
Casi siempre	17	3.5	21	5.8	24	3.7	15	2.0	21	3.1	12	3.3
Algunas veces	76	15.7	43	11.9	34	5.2	14	1.9	20	2.9	17	4.6
Casi nunca	54	11.1	37	10.2	47	7.2	61	8.2	63	9.2	60	8.2
Nunca	309	63.7	242	67.0	540	82.2	642	86.5	568	82.8	302	82.5
Beber alcohol en exceso **												
Siempre	9	1.9	12	3.3	2	0.3	3	0.4	-	-	6	1.6
Casi siempre	28	5.8	19	5.3	9	1.4	9	1.2	7	1.0	5	1.4
Algunas veces	77	15.9	58	16.1	49	7.5	40	5.4	42	6.1	24	6.6
Casi nunca	149	30.7	98	27.1	168	25.6	195	26.3	180	26.2	87	23.8
Nunca	222	45.8	174	48.2	429	695.3	495	66.7	457	66.6	244	66.7
Consumir alguna droga ilegal ***												
Siempre	4	0.8	1	0.3	6	0.9	3	0.4	1	0.1	3	0.8
Casi siempre	1	0.2	2	0.6	6	0.9	8	1.1	5	0.7	2	0.5
Algunas veces	21	4.3	9	2.5	8	1.2	12	1.6	7	1.0	7	1.9
Casi nunca	23	4.7	17	4.7	18	2.7	34	4.6	26	3.8	20	5.5
Nunca	436	89.9	332	92.0	619	94.2	685	92.3	647	94.3	334	91.3

Nota: * $X^2(20)=209.443$, $p < .01$; ** $X^2(20)=187.948$, $p < .01$; *** $X^2(20)=34.548$, $p < .05$

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con el propósito de construir un panorama de tendencia en el consumo de las sustancias psicoactivas estudiadas, sin importar la frecuencia del consumo, centrando la atención solo en haber consumido tabaco, alcohol y/o alguna droga ilegal y no haberlo hecho, se recodificaron las respuestas de “Nunca” a “No consumo”, y “Casi nunca”, “Algunas veces”, “Casi siempre” y “Siempre” a “Sí consumo”.

Sobre esta base, fue posible identificar, que en las personas participantes en el estudio el consumo de tabaco disminuyó a la mitad en prácticamente un año al pasar de 36.3 % a 17.8 % (entre la primera medición del año 2020 y la primera del 2021), manteniendo una disminución en la segunda medición del 2021 y encontrándose relativamente estable en las mediciones del año 2022 (**Figura 1**). Cabe señalar, que los cambios reflejados en la tendencia muestran diferencia significativas, $X^2(5)=137.276$, $p < .01$.

El consumo de alcohol presentó una tendencia similar a la del tabaco, aunque con un descenso más moderado al pasar de 54.2 % a 34.7 % en el primer año de medición (entre la primera medición del año 2020 y la primera del 2021); de hecho es donde se podrían atribuir las diferencias significativas, $X^2(5)=101.607$, $p < .01$. También sobresale, que el resto de las mediciones sobre el consumo de alcohol permaneció prácticamente sin cambios (**Figura 1**).

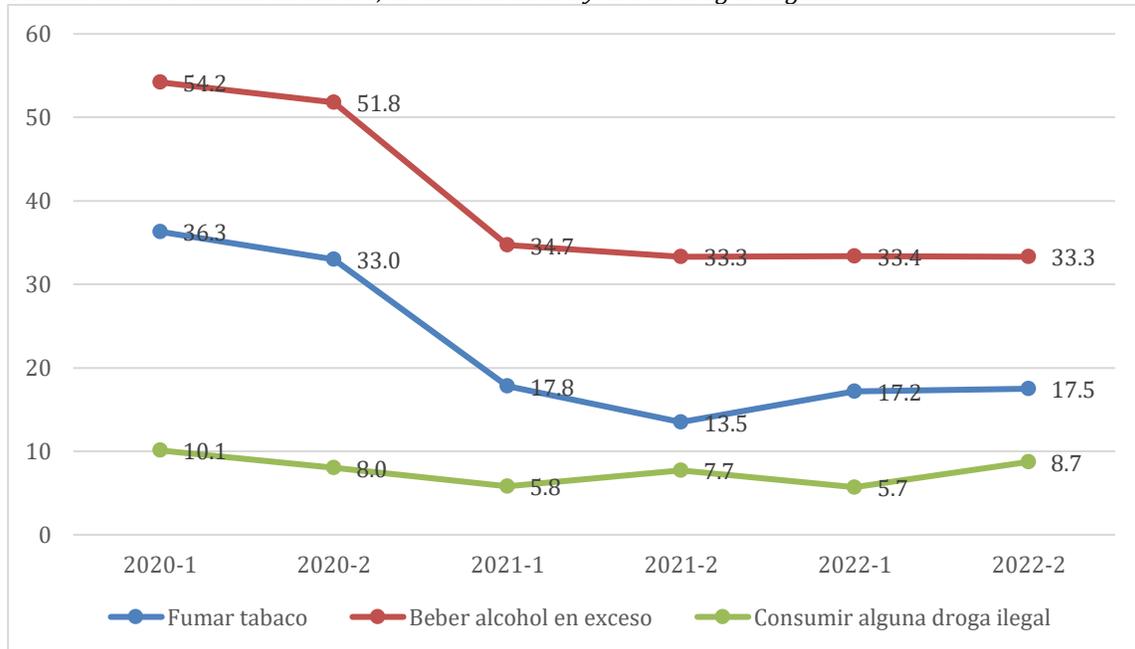
Finalmente, es de destacar que, al igual que con el consumo de tabaco y alcohol, el uso de drogas ilegales disminuyó a casi la mitad en el primer año de la realización del

estudio al pasar de 10.1 % en la primer medición del 2020 a 5.8 % en la primer medición del 2021.

Los porcentajes de consumo entre la segunda medición del año 2021 y las de 2022 oscilaron ligeramente, pero llama la atención que la última medición se reporta un incremento del 3 % en el uso de estas sustancias (**Figura 1**). En general se observan diferencias estadísticamente significativas en el uso de drogas ilegales en el periodo de estudio, $X^2(5) = 11.880$, $p < .05$.

Figura 1

Tendencia del consumo de tabaco, alcohol en exceso y uso de drogas ilegales



Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones éticas

El proyecto consideró en su ejecución las normas éticas, tanto nacionales como internacionales, de la investigación en seres humanos (SSA, 1983; 2013; Asociación Médica Mundial [AMM], 2013). Se tuvo como elemento central el cuidado de la integridad física y emocional de los participantes, así como la confidencialidad de sus respuestas y su anonimato a través del consentimiento informado.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses potencial, con respecto a la investigación, así como a la autoría y/o publicación de este manuscrito.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento alguno para la realización de la investigación, autoría y/o publicación del presente manuscrito.

Referencias

- Arellanez-Hernández, J., Beltrán-Guerra, L. y Cortés-Flores, E. (2023a).** Síntomas de ansiedad y depresión durante el primer y segundo semestre de 2022 en adultos veracruzanos, en el contexto de la contingencia por COVID-19. *Revista UVserva*, (16), 26-36. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi16.2984>
- Arellanez-Hernández, J., Beltrán-Guerra, L., Romero-Pedraza, E. (2023b).** Relationship between Subjective Well-Being, Living Conditions, Anxiety/Depression and Drug Use in Mexican Adults in the Early Stage of the COVID-19 Pandemic. En N. Portillo, M.L. Morgan, M. Gallegos (eds). *Psychology and Covid-19 in the Americas*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38502-5_6
- Asociación Médica Mundial [AMM] (2013).** *Declaración de Helsinki de la AMM*. Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos. <https://tinyurl.com/29vycw9n>
- Bazán-Riverón, G., Osorio-Guzmán, M., Torres-Velázquez, L., Rodríguez-Martínez, J. y Ocampo-Jasso, J. (2019).** Validación de una escala sobre estilo de vida para adolescentes mexicanos. *Revista Mexicana de Pediatría*, 86(3), 112-118. <https://tinyurl.com/2s3pbp6s>
- Beltrán-Guerra, L., Arellanez-Hernández, J. y Ortega-Herrera, M. (2023).** Estilos de vida saludable en el contexto de la contingencia por COVID-19 en adultos jóvenes veracruzanos durante el año 2022. Medición primer y segundo semestre. *Revista UVserva*, 15, 36-45. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi15.2938>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2022).** *Los impactos sociodemográficos de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe*. Repositorio CEPAL. <https://tinyurl.com/366mkkuf>
- Domínguez-Lara, S., Martín-Díaz, A., Ramírez-Colina, S. y Campos-Uscanga, Y. (2019).** Análisis estructural de una escala de estilos de vida saludables en estudiantes universitarias mexicanas. *Revista Cubana de Enfermería*, 35(3). <https://tinyurl.com/y7badsrp>
- Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz [INPRFM], Comisión Nacional Contra las Adicciones [CONADIC], Secretaría de Salud [SSA] (2015a).** *Encuesta Nacional de Consumo de Drogas en Estudiantes 2014: Reporte de Alcohol* [Archivo Excel]. INPRFM. <https://tinyurl.com/4m67az78>
- INPRF, CONADIC y SSA. (2015b).** *Encuesta Nacional de Consumo de Drogas en Estudiantes 2014: Reporte de Tabaco* [Archivo Excel]. INPRFM. <https://tinyurl.com/4m67az78>

- INPRF**, CONADIC y SSA. (2015c). *Encuesta Nacional de Consumo de Drogas en Estudiantes 2014: Reporte de Drogas* [Archivo Excel]. INPRFM. <https://tinyurl.com/4m67az78>
- Organización** de las Naciones Unidas [ONU] (2022). *Informe Mundial sobre Drogas*. UNODC. <https://tinyurl.com/4csez5wa>
- Organización** Mundial de la Salud [OMS] (1998). *Promoción de la salud. Glosario*. WHO. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67246/WHO_HPR_HEP_98.1_spa.pdf;jsessionid=32BDD9C543E44508E31886E7E2754B51?sequence=1
- Organización** Panamericana de la Salud [OPS] (2023). *Una nueva agenda para la salud mental en las Américas. Informe de la Comisión de Alto Nivel sobre Salud Mental y COVID-19 de la Organización Panamericana de la Salud*. PAHO. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/57504>
- SSA** (1983). *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*. SSA. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html>
- SSA** (2013). *Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012*. SEGOB. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013

Monitoreo de indicadores extensivos del OUAES para identificar entornos saludables en la ZMC y ZMO: Córdoba y Orizaba (2018-2023)

Monitoring of extensive OUAES indicators to identify healthy environments in the ZMC and ZMO: Córdoba and Orizaba (2018-2023)

Irma Elisa Palacios Reyes ^a | Gerardo Ignacio Hernández García ^b
Erika Benítez Malagón ^c | José Rene Morgado Bustos ^d

Recibido: 1 de febrero de 2024.

Aceptado: 15 de abril de 2024.

^a Observatorio Urbano Arquitectónico de Entornos Saludables (OUAES), Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana (UV). Córdoba, México. Contacto: irpalacios@uv.mx *Autora por correspondencia

^b Observatorio Urbano Arquitectónico de Entornos Saludables (OUAES), Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana (UV). Córdoba, México. Contacto: gerhernandez@uv.mx

^c Observatorio Urbano Arquitectónico de Entornos Saludables (OUAES), Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana (UV). Córdoba, México. Contacto: ebenitez@uv.mx

^d Observatorio Urbano Arquitectónico de Entornos Saludables (OUAES), Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana (UV). Córdoba, México. Contacto: rmorgado@uv.mx

Cómo citar:

Palacios-Reyes, I., Hernández-García, G., Benítez-Malagón, E. y Morgado-Bustos, J. (2024). Monitoreo de indicadores extensivos del OUAES para identificar entornos saludables en la ZMC y ZMO: Córdoba y Orizaba (2018–2023). *UVserva*, (17), 78-92. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3026>

Resumen: El Observatorio Urbano Arquitectónico De Entornos Saludables (OUAES) de la Universidad Veracruzana presenta datos resultados de la medición y monitoreo de los indicadores, categoría C, correspondientes a los indicadores extensivos (IE); estos son indicadores de observación directa del comportamiento de los espacios con relación a la función, morfología y estructura urbana. Estos indicadores se monitorean en la Zona Metropolitana Córdoba (ZMC) y Zona Metropolitana Orizaba (ZMO). Los datos cuantitativos que se pueden consultar es este documento son los obtenidos y correlacionados durante el periodo de enero 2018 a diciembre 2023. Muestran la tendencia y comportamiento del fenómeno urbano arquitectónico que manifiestan los entornos de las ciudades saludables y no saludables con relación a los indicadores extensivos. El monitoreo ha ayudado a definir una cartografía representativa del fenómeno; mediante una valoración estimativa en la cual ya se pueden identificar las áreas geográficas básicas de la ciudad con un nivel y color determinado que visualiza en una aproximación real la premisa de espacio saludable o no saludable; según cada uno de los indicadores extensivos correspondientes a: infraestructura, imagen urbana, percepción espacial, espacio público, vialidades, equipamiento urbano, áreas verdes, vivienda, accesibilidad universal, sistemas de acceso, traza urbana, territorio, mobiliario urbano.

Palabras clave: Entornos saludables; ciudades sostenibles; indicadores extensivos; ODS 2030; resiliencia urbana.

Abstract: *The OUAES Architectural Urban Observatory of Healthy Environments presents data and results of the measurement and monitoring of category C indicators corresponding to the extensive IE indicators that monitored in the Metropolitan area of Córdoba ZMC and Metropolitan area of Orizaba ZMO. The quantitative data that consulted in this document are those obtained and correlated during the period from January 2018 to December 2023. They show the trend and behavior of the urban architectural phenomenon manifested by the environments of healthy and unhealthy cities in relation to extensive indicators. Monitoring has helped define a representative cartography of the phenomenon; through an estimated assessment in which the basic geographic areas of the city can be identified with a certain level and color that visualizes in a real approximation the premise of healthy or unhealthy space; according to each of the extensive indicators corresponding to: infrastructure, urban image, spatial perception, public space, roads, urban equipment, green areas, housing, universal accessibility, access systems, urban layout, territory, urban furniture.*

Keywords: *Healthy Environments; Sustainable Cities; Extensive Indicators; SDG 2030; Urban Resilience.*

Introducción

El Observatorio Urbano Arquitectónico de entornos saludables (OUAES) tiene como objetivo recopilar, monitorear, analizar y generar información estadística vinculada con la observación del fenómeno que producen las ciudades no

saludables relacionada al proceso de resiliencia urbana y arquitectónica; entendiendo a las ciudades como sistemas sociales y urbanos que inciden directamente en la salud y bienestar de los habitantes. Comprendiendo el concepto de ciudad saludable como lo define Latapí (2015) es una ciudad que se está creando continuamente; que está mejorando sus ambientes físicos y sociales, que está ampliando los recursos para la comunidad que les permita a las personas apoyarse mutuamente en la realización de sus funciones de vida y desarrollo de su máximo potencial. Considerando esta definición como una premisa de prioridad en mejorar los ambientes físicos de las ciudades; así como también el contribuir e incidir al logro del objetivo 11 de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 2030: “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” mencionado por la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2016).

El OUAES observa 38 indicadores de carácter cualitativo y cuantitativo; los cuales se clasifican en tres categorías: categoría A que corresponden a 11 indicadores básicos (IB) que se obtienen de estadística derivada; categoría B, 9 indicadores clave (IC) se obtienen de estadística básica y la categoría C que corresponden al monitoreo de 18 indicadores extensivos (IE) que se generan con estadística derivada siguiendo una metodología sistematizada y periódica en la cual se aplican instrumentos diseñados por el OUAES para la obtención y análisis de datos. La intención del documento es mostrar y divulgar los resultados de la medición de los indicadores extensivos (IE) del monitoreo para identificar entornos saludables en la ZMO y ZMC durante el periodo 2018–2023; el monitoreo que se presenta es en las dos ciudades principales de estas zonas metropolitanas; Córdoba y Orizaba. El monitoreo está proyectado a realizarse en toda la zona metropolitana Córdoba y Zona Metropolitana Orizaba; pero para el monitoreo piloto se seleccionaron las dos ciudades cabeceras municipales de estas zonas metropolitanas ya que son las que de alguna manera por su tamaño de población en número de habitantes, su densidad de población y edificación; así como su tasa de ocupación en el sector secundario y terciario, se puede observar la tendencia del fenómeno en todos los indicadores monitoreados.

Los indicadores extensivos sirven como una base de datos para poder visibilizar el comportamiento y la tendencia del fenómeno observado en la ciudad; así como para poder generar cálculos estadísticos de correlación de variable y constantes para la obtención de porcentajes requeridos para la medición de los entornos saludables. El cálculo se realiza con la unidad mínima espacial definida como área geoestadística básica (AGEB); y con estos datos se genera la estadística básica de cada indicador. (Palacios *et al.*, 2021)

Para el monitoreo que se ha realizado durante el periodo que corresponde del 2018 al 2023 se ha generado información de los indicadores categoría C denominados indicadores extensivos IE. El monitoreo se ha realizado en los 18 indicadores que corresponden a esta categoría; que se encuentran conformados de la siguiente manera: percepción espacial (legibilidad urbana), viviendas (estilo de vida), espacio público, vialidades (estructura vial), equipamiento urbano, áreas verdes (vegetación y factores biológicos), infraestructura (servicios básicos), accesibilidad universal, sistemas de acceso, traza urbana, territorio (patrimonio histórico, vulnerabilidad espacial), mobiliario urbano, imagen urbana (factores ambientales y entorno).

1. Metodología

Para el monitoreo de los 18 indicadores extensivos IE; correspondientes a la categoría C de los 38 de la batería total de indicadores del OUAES; el muestreo abarca del 2018 al 2023 en las principales ciudades de las ZMC y ZMO.

El monitoreo se ha realizado aplicando la metodología del OUAES en los Talleres de diseño urbano regeneración urbana y en experiencia recepcional de manera intersemestral y semestral. Del programa de la licenciatura en Arquitectura; Universidad Veracruzana en la Facultad de Arquitectura Córdoba; región Orizaba-Córdoba.

Los datos obtenidos que se plasman en este documento corresponden a los siguientes periodos: periodo febrero-junio 2018 periodo invierno diciembre 2019 – enero 2020, periodo febrero-julio 2022 y periodo febrero-julio 2023. Con esos datos el OUAES genera la cartografía visibilizando por colores la categorización y número de nivel que obtuvo cada AGEB.

Así también se construye una base de datos con una gráfica síntesis identificando problemáticas específicas en cada uno de los AGEBS respecto a cada uno de los 18 indicadores extensivos monitoreados.

Se realiza un análisis y levantamiento de datos de cada una de las áreas geoestadísticas básicas. Para el monitoreo de cada AGEB se utiliza el *Manual de encuestas para análisis y levantamiento de datos aplicado en el estudio de áreas geoestadísticas básicas 2021*; Virgen y Zavaleta (2021); documento realizado por el OUAES en colaboración con servicio social y prácticas profesionales; de la Facultad de Arquitectura Córdoba. Donde se organizó el manual con todos los instrumentos necesarios para el levantamiento de datos y muestreo de cada AGEB.

Para monitorear cada uno de los 18 IE se sigue de manera sistemática la siguiente secuencia de instrumentos: aplicación de la ficha diagnóstico FDES-1, bitácora de observación BOES-1, lista de indicadores por AGEB LIAES-1 es un check list por indicador al realizar la visita al sitio en donde se identifican las condiciones actuales del AGEB monitoreado, análisis del espacio público AEPES-1, análisis y diagnóstico urbano ADUES-1, encuesta de entornos saludables EES-1, ficha de valoración hábitat FVHES-1 y FDIES-1, datos generales DGES-1, ficha de criterios de valoración CVES-1; con la aplicación de los instrumentos anteriores para obtener los datos e identificar las problemáticas específicas en cada indicador, se realiza la tabla resumen TRES-1 y la gráfica síntesis con porcentajes y nivel correspondiente según se encuentre el AGEBS monitoreado. Con los datos derivados se construye la estadística básica y se genera el plan estratégico de proyectos específicos que requiere cada AGEB (**Figura 1**).

Los instrumentos de medición para obtener los indicadores extensivos tienen asignada una valoración considerando la siguiente escala y criterios de valoración según el indicador a evaluar.

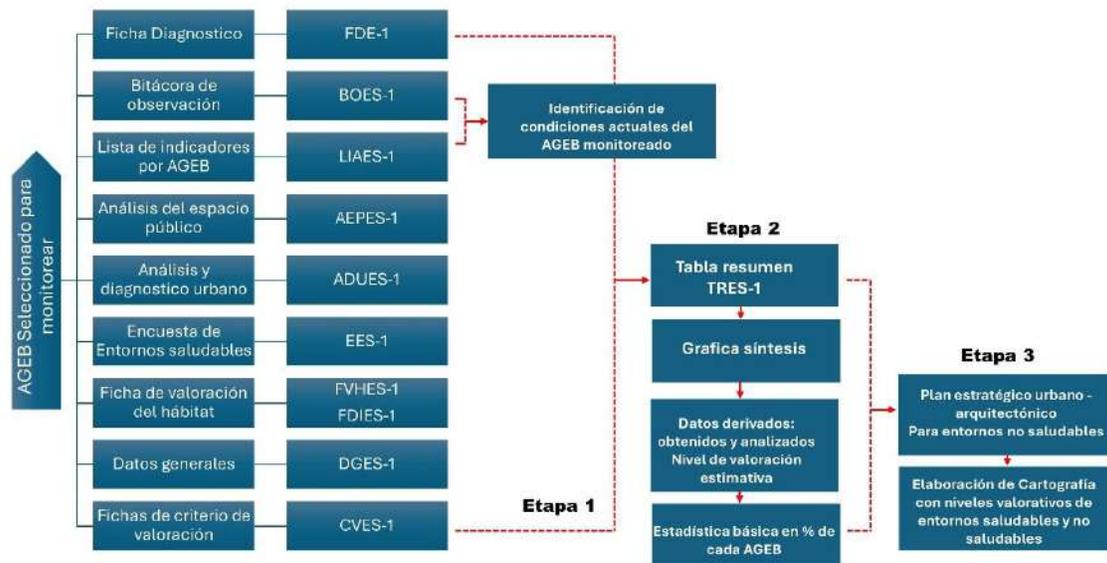
Esta valoración se hace con relación a la zona en general y al check list de los principales servicios e infraestructura existente básica. En los que se consideran 5 niveles: Excelente: la zona cuenta con el espacio o servicio en perfectas condiciones, no hay escasez de los elementos indicados y existe la cantidad necesaria para la zona. Rangos de valoración estimativa (nivel 5) del 80 % al 100 %; Bueno: la zona cuenta con

el espacio o servicio en las condiciones aceptables y la cantidad justa suficiente. Rango de valoración estimativa (nivel 4) del 60 al 79.99 %; Regular: la zona casi no cuenta con el espacio o servicio, hace falta más y de los que hay su condición es deficiente.

Rango de valoración estimativa (nivel 3) del 40 % al 59.99 %; Malo: la zona cuenta con el espacio mínimo o servicios necesarios, están en pésimas condiciones. Rango de valoración estimativa (nivel 2) del 20 % al 39.99 %; Deficiente: la zona no tiene ninguno de los espacios necesarios. Rango de valoración estimativa (Nivel 1) del 0 % al 19.99 % (Palacios et al., 2021).

Figura 1

Diagrama de la secuencia metodológica para el monitoreo de los indicadores extensivos en los AGEBS; para determinar el rango de valoración estimativa y observar la tendencia y comportamiento del fenómeno: entornos saludables o no saludables



Fuente: Elaboración propia.

2. Resultados: datos obtenidos

Durante este periodo de observación se realizaron los siguientes tipos de monitoreos que se aplicaron como estrategia para observar la tendencia y comportamiento del fenómeno. El tipo de monitoreos aplicados y datos obtenidos se clasificaron con algunas diferencias en cuanto a las características del monitoreo; el monitoreo piloto que se inició en el 2018 y concluyó en el 2019 en las dos ciudades Córdoba y Orizaba.

En Córdoba se identifica una tendencia a ubicarse en niveles 2,3 y 4 que corresponden a entornos definidos como buenos, regulares y malos; observando una inclinación al nivel 3 de categoría regular. Respecto a Orizaba, se observa una tendencia de regular a malo, prevaleciendo el nivel regular (**Tabla 1**).

En el monitoreo semestral correspondiente a febrero–julio 2022; se observa que, en Córdoba, Ver., el porcentaje más alto en los AGEBS monitoreados tiende a nivel 2 correspondiente a un nivel de entornos malos y nivel 3 regular.

Se observa con estos datos que del año 2019 al 2022 bajo el nivel estimativo de los entornos saludables (**Tabla 2**).

El periodo de monitoreo de febrero–julio 2023 se observa una tendencia de regular en nivel 3 con la mayoría de los AGEBS monitoreados; a nivel 1 deficiente. Se observa una diferencia grande respecto a que no presentan una mejora los entornos sino al contrario tienden a identificarse más espacios en niveles bajos respecto a los indicadores observados (**Tabla 3**).

Dentro de los monitoreos realizados en el 2019, 2022 y 2023 se realizaron de manera aleatoria los monitoreos dobles, seleccionando el mismo AGEBS analizados por distintos alumnos para poder identificar o comprobar la concordancia de los datos obtenidos en la observación de este AGEBS.

En este tipo de monitoreo se observó que los AGEBS tuvieron las siguientes consideraciones: de los 9 monitoreos dobles aleatorios; 5 AGEBS no cambiaron las condiciones, 3 mejoraron y 2 empeoraron (**Tabla 4**).

Respecto al monitoreo doble el mismo año 2022 pero en diferente sección de Taller Diseño Urbano regeneración urbana. Selección de 4 AGEBS para monitoreo doble aleatorio (**Tabla 5**) se observó una tendencia general a no tener variaciones considerables en los indicadores observados.

Tabla 1
 Monitoreo piloto del 2018 y Monitoreo invierno 2019

No. AGEBS	CÓDIGO	Zona Metropolitana	Localidad	Porcentaje No saludable	Porcentaje óptimo	Nivel	Color
8	0491	ZMC	Córdoba	65.3 %	34.7 %	2	
17	0078	ZMC	Córdoba	50 %	50 %	3	
5	0190	ZMC	Córdoba	44.6 %	55.4 %	3	
26	0025	ZMC	Córdoba	52.3 %	47.7 %	3	
4	0203	ZMC	Córdoba	65.3 %	34.7 %	2	
33	003A	ZMC	Córdoba	71.5 %	28.5 %	2	
25	0542	ZMC	Córdoba	69.2 %	30.8 %	2	
11	0152	ZMC	Córdoba	57.6 %	42.4 %	3	
35	028A	ZMC	Córdoba	55.3 %	44.7 %	3	
1	0218	ZMC	Córdoba	60.7 %	39.3 %	2	
27	0097	ZMC	Córdoba	64.6 %	35.4 %	2	
10	0171	ZMC	Córdoba	46.1 %	53.9 %	3	
28	0044	ZMC	Córdoba	46.9 %	53.1 %	3	
12	0167	ZMC	Córdoba	60 %	40 %	3	
9	0294	ZMC	Córdoba	35.3 %	64.7 %	4	
22	0059	ZMC	Córdoba	60 %	40 %	3	
38	0580	ZMC	Córdoba	60 %	40 %	3	
41	0010	ZMC	Córdoba	80 %	20 %	2	
9	0103	ZMO	Orizaba	80 %	20 %	2	
24	0406	ZMO	Orizaba	60 %	40 %	3	
20	0048	ZMO	Orizaba	60 %	40 %	3	

Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos de los IE correspondiente a cada AGEBS.

Tabla 2
Monitoreo Febrero-Julio 2022

No. AGEB	CÓDIGO	Zona Metropolitana	Localidad	Porcentaje No saludable	Porcentaje óptimo	Nivel	Color
23	0063	ZMC	Córdoba	48.30 %	51.70 %	3	Yellow
19	0114	ZMC	Córdoba	46.15 %	53.85 %	3	Yellow
12	31-0048	ZMO	Orizaba	40.00 %	60.00 %	4	Blue
33	003A	ZMC	Córdoba	58.08 %	41.92 %	3	Yellow
13	0148	ZMC	Córdoba	40.00 %	60.00 %	4	Blue
25	0542	ZMC	Córdoba	64.61 %	35.39 %	2	Magenta
27	0097	ZMC	Córdoba	60.00 %	40.00 %	3	Yellow
8	0052	ZMO	Orizaba	63.07 %	36.93 %	2	Magenta
5	0048	ZMO	Orizaba	67.69 %	32.31 %	2	Magenta
36	0468	ZMC	Córdoba	78.46 %	21.24 %	2	Magenta
16	0326	ZMC	Córdoba	60.00 %	40.00 %	3	Yellow
25	0542	ZMC	Córdoba	63.07 %	36.93 %	2	Magenta
41	0010	ZMC	Córdoba	63.07 %	36.93 %	2	Magenta
34	0561	ZMC	Córdoba	61.54 %	38.46 %	2	Magenta
35	0289	ZMC	Córdoba	61.54 %	38.46 %	2	Magenta
36	0468	ZMC	Córdoba	72.31 %	27.69 %	2	Magenta

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los IE monitoreados correspondiente a cada AGEB.

Tabla 3
Monitoreo febrero-julio 2023

No. AGEB	CÓDIGO	Zona Metropolitana	Localidad	Porcentaje No saludable	Porcentaje óptimo	Nivel	Color
12	0048	ZMO	Orizaba	70 %	30 %	4	Blue
23	0063	ZMC	Córdoba	57.07 %	42.93 %	3	Yellow
12	0167	ZMC	Córdoba	40 %	60 %	3	Yellow
4	0203	ZMC	Córdoba	60 %	40 %	3	Yellow
40	0583	ZMC	Córdoba	50 %	50 %	3	Yellow
29	0612	ZMC	Córdoba	92 %	8 %	1	Red

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los IE monitoreados correspondiente a cada AGEB.

Tabla 4
Monitoreo aleatorio doble en AGEBS 2019 y 2022

ZONA	No. AGEB	CÓDIGO	Año de Monitoreo 1	Año de monitoreo 2	Niveles de valoración	Consideraciones
Córdoba	25	0542	2019 / 3	2022 / 2	3 / 2	Empeoró
Córdoba	35	0289	2019 / 3	2019 / 2	3 / 2	Empeoró
Córdoba	36	0468	2022 / 2	2022 / 2	2 / 2	No cambiaron las condiciones
Córdoba	33	003A	2019 / 2	2022 / 3	2 / 3	Mejoraron las condiciones
Córdoba	27	0097	2019 / 2	2022 / 3	2 / 3	Mejoraron las condiciones
Córdoba	41	0010	2018 / 2	2022 / 2	2 / 2	No cambiaron las condiciones
Córdoba	23	0063	2022 / 3	2023 / 3	3 / 3	No cambiaron las condiciones

Córdoba	12	0167	2019 / 3	2023 / 3	3 / 3	No cambiaron las condiciones
Córdoba	4	0203	2019 / 2	2023 / 3	2 / 3	Mejoraron las condiciones

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los IE monitoreados correspondiente a cada AGEBS.

Tabla 5

Monitoreo doble el mismo año 2022 pero en diferente sección de Taller de Diseño urbano: regeneración urbana. Selección de 4 AGEBS para monitoreo doble

ZONA	No. AGEBS	CÓDIGO	Monitoreo 1	monitoreo 2	Niveles de valoración	Consideraciones
Córdoba	13	0148	2022 / 4	2022 / 4	4 / 4	Sin variación considerable
Córdoba	16	0326	2022 / 3	2019 / 3	3 / 3	Sin variación considerable
Córdoba	25	0542	2022 / 2	2022 / 2	2 / 2	Sin variación considerable
Córdoba	41	0010	2022 / 2	2022 / 2	2 / 2	Sin variación considerable

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los IE monitoreados correspondiente a cada AGEBS.

3. Discusión

Del 2018 al 2023 se ha monitoreado el comportamiento del 62 % de la ciudad de Córdoba, Ver; que corresponde a 26 AGEBS en diferentes zonas de la ciudad (Imagen 2); a lo cual se ha observado que Córdoba, Ver; se ubica de manera general en un nivel 3 con inclinación a regular en nivel 2 malo; en relación con la escala de valoración estimativa del OUAES correspondiente a determinar entornos saludables. Del 62 % monitoreado; el 1.61 % corresponde a nivel 1 deficiente; en este nivel solo se identifica 1 AGEBS; el 12.90 % en nivel 2 malo con 8 AGEBS; el 24.19 % nivel 3 regular corresponde a 15 AGEBS; el 3.2 % nivel 4 bueno son 2 AGEBS y no se identificó ninguna zona en rango de nivel 5 excelente (**Tabla 6**).

De acuerdo con los datos obtenidos y observando la tendencia de comportamiento del fenómeno que presenta la ciudad se infiere según el mapa construido con los datos; que Córdoba, Ver, presenta diversas problemáticas en relación con los IE monitoreados que se reflejan principalmente en las siguientes colonias; Nivel 1: Col. Villa Verde; Nivel 2: Sta. Cruz Buena Vista, Erasto Portilla, Las Arboledas, Toxpan Beisborama, Las Lomas, San Dimas, Dos caminos, Nuevo Córdoba, Rincón del Bosque, Los Filtros; Nivel 3: Obrera Lázaro Cárdenas, Ampliación Lázaro Cárdenas, Pino Suarez, Márquez Hoyos, Paraíso, Independencia, Loma Linda, Emilio Carranza, Aguilón Guzmán, Agustín Millán, Úrsulo Galván, San Pedro, Miguel Alemán Valdez, Col. Centro, El Refugio, Miguel Hidalgo y Costilla, San Matías de Porres; nivel 4: Col. Centro, Elizabeth, Alameda, San Cristóbal, San José, Dos caminos, Petrolera, Pueblo quieto, Las Bugambilias, Nuevo San Francisco, Los carriles, José María Morelos y Pavón, López Arias y Huilango; de todas las AGEBS monitoreadas durante este periodo que corresponde de enero 2018 a dic 2023 ninguna obtuvo el nivel 5 (**Tabla 7**).

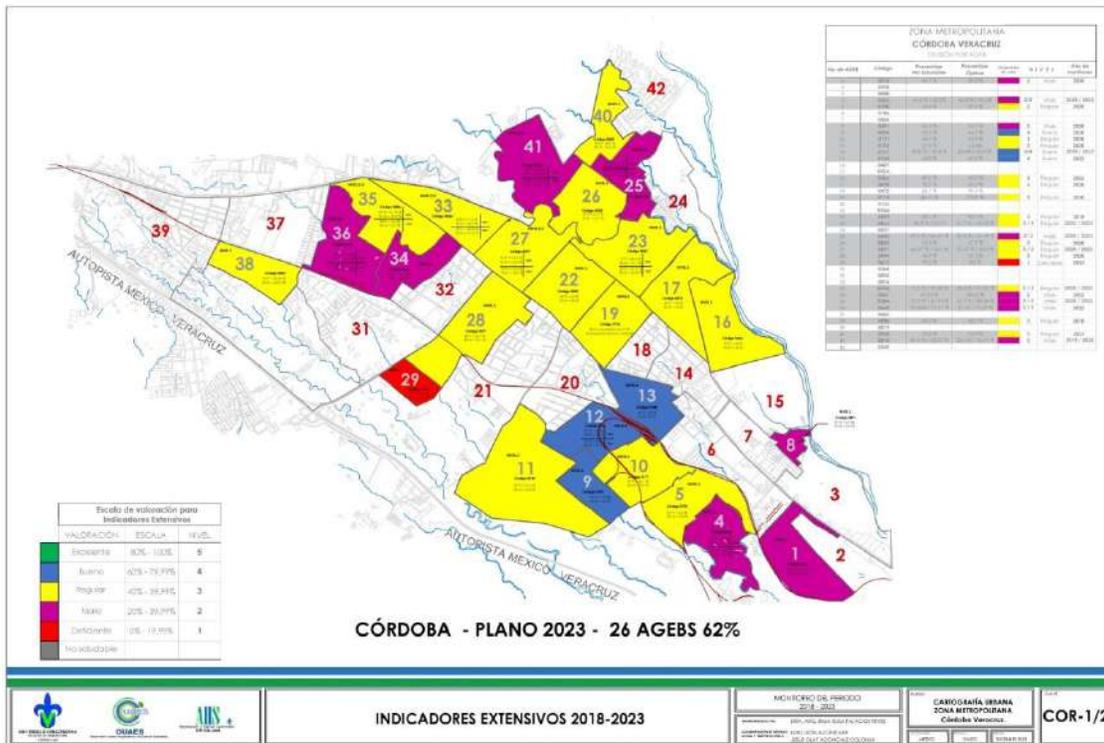
De los indicadores extensivos que se monitorearon se logró identificar que los indicadores con porcentajes más altos en problemáticas específicas son: espacio público, áreas verdes y parques, accesibilidad universal, sistemas de acceso, mobiliario urbano, imagen urbana, legibilidad urbana con relación a la percepción espacial e

infraestructura. Se observa en las gráficas síntesis de cada AGEB que durante este periodo monitoreado prevalece un porcentaje alto de deficiencia constante en estos ocho indicadores. (El informe completo con gráficas se puede visualizar en la página web del OUAES).

En el monitoreo piloto correspondiente al 10 % de la ciudad de Córdoba, Ver; realizado en el 2018 (Paxtian, 2019) se observó que la tendencia de las AGEBS correspondía a un nivel 2 malo y nivel 3 regular; con inclinación a regular. En comparativa con los datos observados al 2023 se sigue visualizando ese nivel de regular a malo, pero con tendencia marcada a regular (**Figura 2 y 3**).

Figura 2

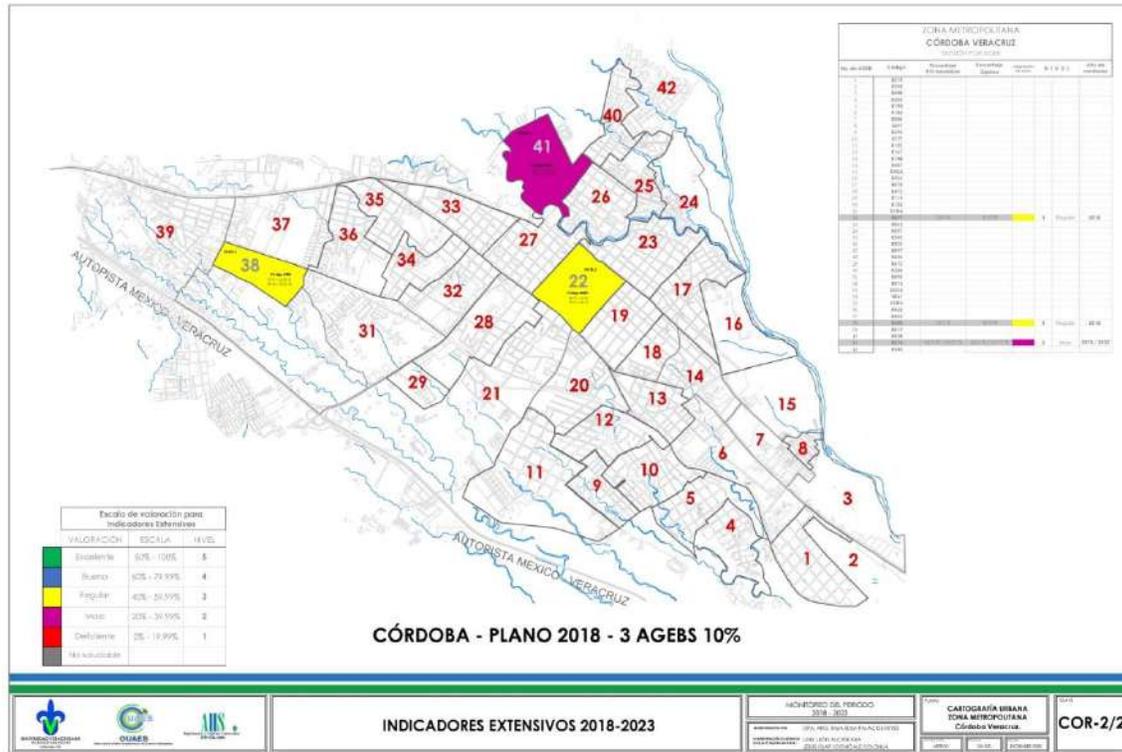
Plano de Córdoba, Ver. Cartografía de valor estimativa de entornos saludables a diciembre 2023 con un 62 % monitoreado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3

Plano de Córdoba, Ver. Cartografía de valor estimativa de entornos saludables a diciembre 2018 con el monitoreo piloto con cobertura del 10 %



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

Tabla de total de AGEBS monitoreados en Córdoba, Ver; con su nivel de valoración y la cantidad de AGEBS correspondiente a cada nivel. Del 2018 al 2023

Nivel	Valoración	No. de AGEBS	AGEBS
Nivel 1	Deficiente	1	29
Nivel 2	Malo	8	1, 4, 8, 25, 34, 35, 36, 41
Nivel 3	Regular	10	5, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 26
Nivel 4	Bueno	7	27, 28, 33, 38, 40, 9, 13
Nivel 5	Excelente	0	Ninguno con este nivel

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la ciudad de Orizaba, a diciembre del 2023 se obtuvo una cobertura de monitoreo del 25 % (**Figura 4**); corresponde a 6 AGEBS de 24 que conforma todo el territorio de esta ciudad. En este caso se observó que la tendencia del fenómeno prevalece en el rango de nivel 4 y 5 que tiende a visibilizar zonas buenas y excelentes; teniendo pocas en nivel 2 definidas según los rangos de valoración; teniendo escasas zonas en malas condiciones.

Tabla 7

Muestra los niveles de valoración de cada AGEB monitoreado de Córdoba, Ver; y las colonias en las que se ubican esos niveles

Nivel	No. de AGEBS	AGEBS	COLONIAS
Nivel 1	1	29	Colonia Villa Verde.
Nivel 2	8	1, 4, 8, 25, 34, 35, 36, 41	Santa Cruz Buena Vista, Erasto Portilla, Las arboledas, Toxpan Beisborama, Las lomas, San Dimas, Dos caminos, Nuevo Córdoba, Rincón grande, Los filtros.
Nivel 3	10	5, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 26	Obrera, Lázaro Cárdenas, Ampliación Lázaro Cárdenas, Pino Suárez, Márquez Hoyos, Paraíso, Independencia, Loma linda, Emilio Carranza, Aguillón Guzmán, Agustín Millán, Úrsulo Galván, San Pedro, Miguel Alemán Valdés, Colonia Centro, El Refugio, Miguel Hidalgo y Costilla, San Martín de Porres.
Nivel 4	7	27, 28, 33, 38, 40, 13	Colonia Centro, Elizabeth, Alameda, San Cristóbal, San José, Dos caminos, Petrolera, Pueblo quieto, Las Bugambilias, Nuevo San Francisco, Los carriles, José María Morelos y Pavón, López Arias, Huilango.
Nivel 5	0	-	Ninguno de los AGEBS monitoreados obtuvo el nivel 5 excelente por lo tanto ninguna colonia se registra en estas condiciones

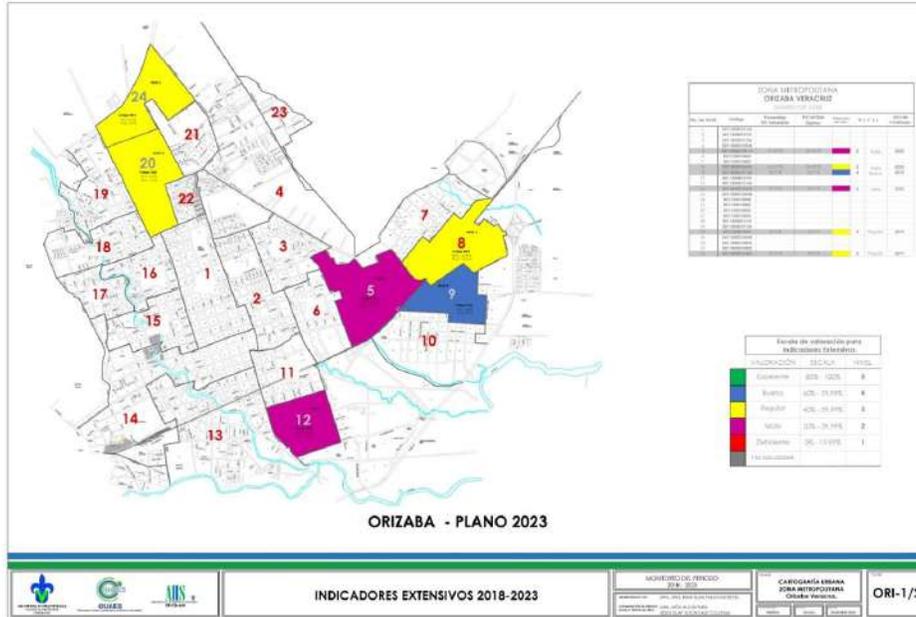
Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que, en la ciudad de Orizaba, no se logró avanzar lo planeado debido a diferentes factores; principalmente la pandemia no favoreció el monitoreo de toda la ciudad; pero si se logró avanzar en un monitoreo aleatorio que rebaso el 10 % que se tenía en el 2018 con el primer monitoreo piloto (Hernández y Reyes 2020) que se realizó (**Figura 5**).

En ese avance que se tuvo con la estrategia de monitoreo doble se notó una tendencia de mejora en las condiciones de los espacios; principalmente del 2022 al 2023 (**Tabla 8**).

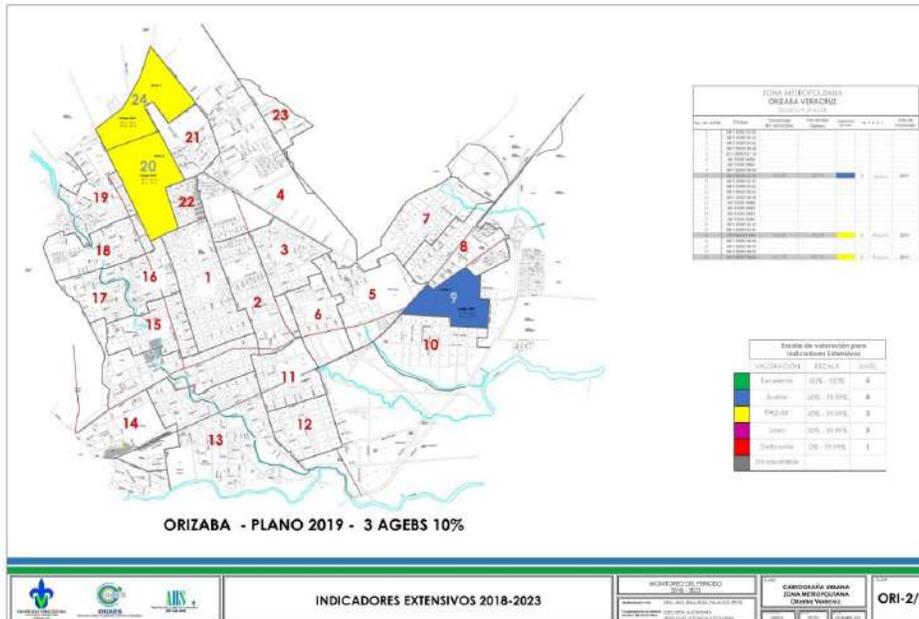
Con el monitoreo a este porcentaje mencionado se logró identificar las colonias con mayor problemática y las de niveles más altos; en el caso de las colonias que requieren mayor atención, mencionadas del nivel más bajo al más alto, son las siguientes: las que se ubican en nivel 2 malo son: Fidel Velázquez, Rafael Alvarado, General Miguel Alemán, Agrícola Moctezuma, Colonia centro, Pensiones, La concordia; Nivel 3 no hay ninguna; nivel 4 Abelardo L. Rodríguez, Santa Ana, Los Tulipanes, Colonia Centro, Abelardo L. Rodríguez, Unidad y trabajo, Benito Juárez, Francisco Ferrer Guardia; y nivel 5 excelente Barrio nuevo y Rafael Alvarado (**Tabla 8 y 9**).

Figura 4
 Plano de Orizaba, Ver. Cartografía de valor estimativa de entornos saludables a diciembre 2023 con un 25% monitoreado



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5
 Plano de Orizaba, Ver. Cartografía de valor estimativa de entornos saludables a diciembre 2018 con un 10 % de cobertura en el monitoreo piloto



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Monitoreo y niveles de valoración por AGEBS de Orizaba, Ver del 2018 al 2023. Consideraciones relevantes observadas en el comportamiento del fenómeno observado

AGEB	AÑO	NIVEL	CONSIDERACIONES
9	2019	5	Excelente Con un primer monitoreo el AGEB presenta excelentes condiciones en los IE
24	2019	4	Bueno Con un primer monitoreo el AGEB presenta un nivel 4 de buenas condiciones en los IE
20	2019	4	Bueno Con un primer monitoreo el AGEB presenta un nivel 4 de condiciones en los IE
12	2022 / 2023	4 / 4	Bueno 60 % 40 % 2022 70 % 30 % 2023 Con 2 monitoreos aleatorios el AGEB presenta una mejoría, aunque sigue quedando en el nivel 4 bueno
8	2022	2	Malo Con un monitoreo el AGEB presenta un nivel 2 malas condiciones se observa que se comporta de esta manera ya que refiere el plano a una zona habitacional la cual no cuenta principalmente con accesibilidad universal.
5	2022	2	Malo Con un monitoreo el AGEB presenta un nivel 2 malas condiciones se observa que se comporta de esta manera ya que refiere el plano a una zona habitacional la cual no cuenta principalmente con accesibilidad universal.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Muestra los niveles de valoración de cada AGEB monitoreado de Orizaba, Ver; y las colonias que se ubican en esos niveles

AGEB	NIVEL	COLONIAS
9	Nivel 5	Excelente Barrio nuevo, Rafael Alvarado.
24	Nivel 4	Bueno Abelardo L. Rodríguez, Santa Ana, Los Tulipanes.
20	Nivel 4	Bueno Colonia Centro, Abelardo L. Rodríguez, Unidad y trabajo.
12	Nivel 4	Bueno Benito Juárez, Francisco Ferrer Guardia.
8	Nivel 2	Malo Fidel Velázquez, Rafael Alvarado, General Miguel Alemán.
5	Nivel 2	Malo Agrícola Moctezuma, Colonia Centro, Pensiones, La concordia.

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Los datos generados y visibilizados en este documento han sido plasmados en cartografía y dados a conocer de manera clara y precisa para sumar esfuerzos al logro de estrategias y políticas orientadas a mejorar las condiciones de las ciudades en donde la sociedad desarrolla sus actividades cotidianas. Con estos datos el OUAES puede contribuir de manera certera a la toma de decisiones en la planeación y desarrollo urbano de la ciudad de Córdoba, Ver y Orizaba, Ver; siempre de una manera respetuosa y académica en la que podamos, como academia, brindar una contribución a la sociedad para tener ciudades saludables y entornos equilibrados en relación a los indicadores extensivos categoría C que monitorea el OUAES: infraestructura (servicios básicos), imagen urbana (factores ambientales y entorno), percepción espacial (legibilidad urbana), espacio público, vialidades (estructura vial), equipamiento urbano, áreas verdes (vegetación y factores biológicos), vivienda, accesibilidad universal, sistemas de acceso, traza urbana, territorio (patrimonio histórico, vulnerabilidad espacial), mobiliario urbano.

Cabe señalar que como objetivo principal de este monitoreo se tenía; demostrar mediante una medición sistematizada, el nivel y porcentaje de ciudad y entorno saludable respecto a los indicadores extensivos que inciden directamente en los espacios de dichas ciudades monitoreadas; a lo cual con este periodo de observación se ha logrado plasmar y visibilizar claramente la tendencia del fenómeno observado en estas dos ciudades principales de la ZMC y ZMO.

Con esto se pueden sugerir las siguientes recomendaciones al respecto:

a). Estrategias de planificación orientadas a atender de manera eficaz las problemáticas espaciales orientadas a: proyectos de accesibilidad universal, sistemas de acceso, de imagen urbana, espacios públicos, estudios y análisis de equipamientos urbanos existentes, propuestas de alumbrado público subterráneo, atención prioritaria a imagen urbana enfatizado en accesos principales, estrategia de actualización y colocación de manera estratégica mobiliario urbano que se integre al plan de mejora de la imagen y legibilidad urbana, recuperación de espacios públicos por altos índices de delincuencia y apropiación de los mismos, implementación de estrategias urbanas de acciones a corto plazo, plan de arbolado y vegetación endémica con planeación orientada a la imagen e identidad de la ciudad, estrategia de conexiones urbanas de accesos y en diferentes zonas de la ciudad en donde se ubican puntos y nodos conflictivos, señalética histórica en hitos de referencia relevante generando proyectos integrales de museografía urbana, proyecto urbano integral de corredor industrial y estructura vial en las arterias principales de conexión, proyecto de plan de mejora y creación de espacios de equipamiento urbano, proyecto de conservación ambiental y reforestación urbana, estrategia y proyecto impulsor del turismo urbano regional, nacional e internacional, proyecto integral de ciudad resiliente.

b). Trabajo colaborativo con estrategias de participación ciudadana en las cuales se integren actores inmersos en las problemáticas identificadas de manera puntual; en cada uno de los indicadores extensivos (IE) analizados en cada AGEB.

c). Planeación y gestión urbana con una estructura de acciones a corto, mediano y largo plazo; que logre visibilizar la mejoría de los espacios intervenidos de manera clara y precisa.

d). Construir un plan estratégico con ejes definidos que atiendan las AGEBS de prioridad según su nivel de valoración estimativa que se logró identificar en este monitoreo y considerar en el plan los siguientes ejes: seguridad, movilidad, sustentabilidad, rezagos sociales, desarrollo económico, conectividad, inclusión y accesibilidad universal.

El monitoreo presentado pretende sumar al logro del objetivo 11 de los ODS 2030 que va dirigido directamente a lograr ciudades, asentamientos y entornos más humanos, inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

El informe a detalle de cada una de las AGEBS y proyectos específicos por AGEBS se puede visibilizar en la página web del OUAES.

Referencias

- Hernández, O.** y Reyes, Q. (2020). *Colaboración en la Investigación metodológica para generación de datos de ingeniería civil para Observatorio Urbano Arquitectónico de Entornos Saludables en la zona metropolitana de Orizaba, Ver., zona 9, zona 34 y zona 20.* [Tesis de licenciatura]. Universidad Veracruzana.
- Latapí, J.** (2015). Ciudades saludables en el contexto internacional. CONACYT.
- Organización** de las Naciones Unidas [ONU] (2016). Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. CEPAL
- Palacios, I.,** Benítez, E., Gómez, D. y Morgado, J. (2021). Indicadores e instrumentos de obtención de datos del Observatorio Urbano Arquitectónico de Entornos Saludables OUAES. México. *UVserva*, (11), 25-32. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i11.2783>
- Paxtian, M.** (2019). *Estrategia metodológica para generar agenda de datos urbanos y arquitectónicos del Observatorio Urbano Arquitectónico de Entornos Saludables. Estrategias tecnológicas. Caso de estudio: Ciudad de Córdoba.* [Tesis de licenciatura]. Universidad Veracruzana.
- Virgen, J.** y Zavaleta, J. (2021). *Manual de encuestas para el análisis y levantamiento de datos en la ZMC y ZMO. Caso de estudio aplicado en las AGEBS de la ZMC con código 0542 y 0491 ubicados en Córdoba, Veracruz, México.* [Tesis de licenciatura]. Universidad Veracruzana.

Artículos científicos

Caracterización geomorfométrica de la cuenca Grijalva-Usumacinta en el sureste de México: Una clasificación automatizada del relieve

Geomorphometric characterization of the Grijalva and Usumacinta basins: An automated classification of the relief

Pablo Velázquez-Sánchez ^a | Ojilve Ramón Medrano-Pérez ^b
Alejandro Alcudia-Aguilar ^c

Recibido: 4 de julio de 2023.

Aceptado: 24 de noviembre de 2023.

^a División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Cunduacán, México. Contacto: pablovelsan04@gmail.com *Autor para correspondencia.

^b CONAHCYT–Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. (CCGS). Villahermosa, México. Contacto: ojilve.medrano@hotmail.com | ORCID: [0000-0002-5445-1136](https://orcid.org/0000-0002-5445-1136)

^c Cultivo Land PBC. Pleasanton, EE.UU. Contacto: aalcudia.aguilar85@gmail.com | ORCID: [0000-0002-5445-1136](https://orcid.org/0000-0002-5445-1136)

Cómo citar:

Velázquez-Sánchez, P., Medrano-Pérez, O. R., Alcudia-Aguilar, A. (2024). Caracterización geomorfométrica de la cuenca Grijalva-Usumacinta en el sureste de México: Una clasificación automatizada del relieve, *UVserva*, (17), 94-120. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2955>

Resumen: La geomorfometría desempeña un papel fundamental en el estudio y análisis de la superficie terrestre, proporcionando una base conceptual y metodológica para comprender las características del medio físico. En este contexto, las cuencas del río Grijalva y Usumacinta (CGyU), compartidas por México, Guatemala y Belice, destacan por su abundancia hídrica, riqueza natural y alta vulnerabilidad a los eventos hidrometeorológicos extremos. El objetivo principal de esta investigación es la caracterización geomorfométrica de las CGyU. Para ello, se desarrolló la clasificación jerárquica mediante el método de Hammond y se automatizó el proceso utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) adaptada por Dikau. Los resultados revelaron la existencia de cinco clases principales y dieciocho subclases de formas del terreno en ambas cuencas. Con base en estos hallazgos, podemos concluir que la metodología empleada demostró ser confiable para describir las formas del terreno en estas cuencas. Por tanto, este estudio contribuye al desarrollo de nuevas investigaciones y a la implementación de políticas públicas relacionadas al ordenamiento territorial, la protección civil, la biodiversidad, entre otros.

Palabras clave: Clasificación jerárquica de Hammond; geoforma; clasificación automatizada de Dikau; variables morfométricas; cuencas Grijalva y Usumacinta.

Abstract: *Geomorphometry plays a fundamental role in the study and analysis of the earth's surface, providing a conceptual and methodological basis for understanding the characteristics of the physical environment. In this context, the Grijalva and Usumacinta River basins (CGyU), shared by Mexico, Guatemala, and Belize, stand out for their water abundance, natural richness, and high vulnerability to extreme hydrometeorological events. The main objective of this research is the geomorphometric characterization of the CGyU. For this purpose, hierarchical classification was developed using Hammond's method and the process was automated using Geographic Information Systems (GIS) adapted by Dikau. The results revealed the existence of five main classes and eighteen subclasses of landforms in both watersheds. Based on these findings, we can conclude that the methodology employed proved to be reliable for describing landforms in these watersheds. Therefore, this study contributes to new research and the implementation of public policies related to land use planning, civil protection, and biodiversity, among others.*

Keywords: *Hammond Hierarchical Classification; Geoform; Dikau Automated Classification; Morphometric Variables; Grijalva and Usumacinta Watersheds.*

Introducción

La geomorfometría ha experimentado en los últimos años un notable aumento en su aplicación, lo que se atribuye a múltiples factores que subrayan su relevancia en la investigación geocientífica (Xiong *et al.*, 2022). Este campo se dedica a la descripción y cuantificación de las formas del terreno (Dehn *et al.*, 2001), las cuales son el producto de complejas interacciones entre procesos endógenos (la tectónica de

placas, actividad volcánica, etc.) y exógenos (el clima, la erosión, sedimentación, entre otros.) que han moldeado la superficie terrestre a lo largo del tiempo, dando lugar al paisaje actual (MacMillan y Shary, 2009; Minár *et al.*, 2016; Viers, 1973). Los estudios geomorfométricos han experimentado un aumento en popularidad debido a la disponibilidad de tecnologías avanzadas, como Sistemas de Información Geográfica (SIG), los datos y algoritmos de teledetección, que han facilitado la adquisición de datos topográficos detallados, lo que a su vez ha permitido un análisis más preciso de la geomorfología. En general, estos aspectos han llevado a una mayor precisión y resolución en los estudios geomorfológicos.

En el ámbito internacional, varios estudios han contribuido significativamente al desarrollo y aplicación de metodologías para la clasificación de las formas del terreno. Un hito fundamental en este campo fue el trabajo pionero de Hammond (1964), quien desempeñó un papel crucial al concebir una metodología exhaustiva que permitió la clasificación de las formas del terreno en todo el territorio de los Estados Unidos de América. Su enfoque riguroso agrupó las distintas configuraciones topográficas en cinco categorías principales que abarcan llanuras, mesetas, llanuras con colinas o montañas, colinas/montañas abiertas, y colinas y montañas.

Este enfoque de Hammond sirvió como punto de partida para investigaciones posteriores a nivel internacional. Un ejemplo destacado de adaptación y aplicación regional se encuentra en el trabajo de Dikau *et al.*, (1991), quienes realizaron ajustes específicos para la clasificación de las formas del terreno del estado de Nuevo México, Estados Unidos. Su estudio contribuyó a establecer una base sólida para la posterior aplicación de la metodología en la región.

Además, Gallant *et al.* (2005) llevaron a cabo un avance significativo al automatizar la metodología de Hammond utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este enfoque permitió una clasificación eficiente de las formas del terreno y, lo que es más importante, facilitó la comparación de los resultados con las formas del terreno de Alaska, validando así la aplicación de la metodología en diferentes contextos geográficos. A nivel internacional, otros estudios también han optado y adaptado esta metodología, como el de Irigaray *et al.* (1997) que llevó a cabo un análisis cuantitativo del medio físico en Córdoba, España, utilizando un SIG. Además, Martins *et al.*, (2016) exploran las macro-formas de relieve en la cuenca del Río Formosa, Portugal, siguiendo las directrices de Hammond.

Más allá de la clasificación del terreno, es notable cómo las formas de este se han consolidado como descriptores esenciales del relieve. Estos descriptores han tenido aplicaciones diversas, desde el cartografiado de vegetación, tal como lo demuestran Kirkby (1995) y Baartman *et al.* (2018), hasta la comprensión del comportamiento de incendios, como lo detallan Takaoka y Sasa (1996). Otros usos incluyen el cartografiado de suelo, la ecología del paisaje, los deslizamientos de laderas, la erosividad y la distribución potencial de especies forestales en áreas protegidas. Por otro lado, en México, los esfuerzos de investigación también han sido notables. Martínez-Zavala *et al.* (2005) emprendieron la tarea de clasificar las geoformas en la cuenca río Tepelcatepec, adoptando un método jerárquico de clasificación basado en Dikau *et al.* (1991). En una línea similar, Mora *et al.* (2016) se propusieron delimitar las principales unidades

geomorfológicas en la cuenca del Río Grande de Comitán, tomando como base la metodología de Hammond.

Si bien la metodología de Hammond (1964) ha sido ampliamente reconocida, no es la única opción para clasificar y analizar las formas del terreno. Drăguț y Braschke (2006) emplearon funciones de pertenencia para procesar la altitud relativa y el gradiente de pendiente a partir de un modelo digital del terreno. Por su parte, Iwahashi y Pike (2007) establecieron una secuencia programada cuyas variantes fueron mapas de partición doble del gradiente de pendiente, la textura de la superficie y la convexidad local y sus promedios como umbral de división. Adicionalmente, emergen otros enfoques como los “geomorfones” para la clasificación de formas de terreno basados en el patrón binario local y el principio de línea de visión (Jasiewicz y Stepinski, 2013; Libohova *et al.*, 2016; Stepinski y Jasiewicz, 2011). Tal como sugieren Mora *et al.* (2016), los métodos de clasificación del terreno son aquellos que facilitan un análisis sistemático del terreno representando cada componente de manera individual. En estos, el objetivo principal al analizar las geoformas es la clasificación objetiva de cada unidad de territorio (Moreno-Brotóns *et al.*, 2010). Es más, la metodología Hammond no solo clasifica, sino que jerarquiza las formas del terreno (micro, macro y mega formas), lo que permite incluir fases, elementos y paisajes y, por ende, ofrece múltiples aplicaciones. Como concluyen Mora *et al.* (2016), la clasificación espacial es considerada una herramienta eficaz para el estudio de las formas del terreno basándose en tamaño, orden y complejidad geométrica.

Las cuencas Grijalva y Usumacinta (CGyU) destacan como una de las regiones con mayor biodiversidad, riqueza hídrica y cultural del territorio mexicano (García-García y Kauffer, 2011; Andrade-Velázquez y Medrano-Pérez, 2020). Esta riqueza, al ser un recurso natural, potencia significativamente su capacidad para fomentar el desarrollo sustentable (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2014). No obstante, esta área se caracteriza por una alta exposición y vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos extremos, tales como inundaciones y sequías (Andrade-Velázquez y Medrano-Pérez, 2021; 2020; Valdés-Manzanilla, 2016; BID, 2014; García-García y Kauffer, 2011).

Es relevante mencionar que en las CGyU también se han reportado deslizamientos de laderas, vinculados tanto a causas naturales como antrópicas (Hinojosa-Corona *et al.*, 2011). Numerosos estudios han reportado perturbaciones ambientales en las (CGyU) (Gallardo-Cruz *et al.*, 2019; De la Rosa-Velázquez *et al.*, 2017; Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra [GIMBOT], 2014). Estos impactos han derivado en transformaciones significativas en los cauces que caracterizan las CGyU (Muñoz-Salinas *et al.*, 2023; De la Alcérreca-Huerta *et al.*, 2019; Herrera-Silveira *et al.*, 2019).

A pesar de las limitaciones de los datos climáticos disponibles para las CGyU han surgido investigaciones centradas en el análisis morfométrico en regiones específicas como las subcuencas Grijalva y Usumacinta (Castillo-Cruz y Medrano-Pérez, 2023), la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (Medrano-Pérez *et al.*, 2022), la subcuenca del río Mezcalapa (Álvarez-Soberano y Medrano-Pérez, 2020), y en la cuenca del río Huehuetán en Chiapas (López-Pérez *et al.*, 2015). Estas investigaciones buscan entender el comportamiento hidrológico a través de parámetros morfométricos. En este contexto, aunque existen estudios de clasificación geomorfométrica del relieve

mexicano (Hernández-Santana *et al.*, 2017), se identifica una laguna en el análisis geomorfológico específico y detallado para las cuencas Grijalva y Usumacinta (CGyU), al no disponerse de un estudio que describa cuantitativa y cualitativa las formas del terreno en las CGyU.

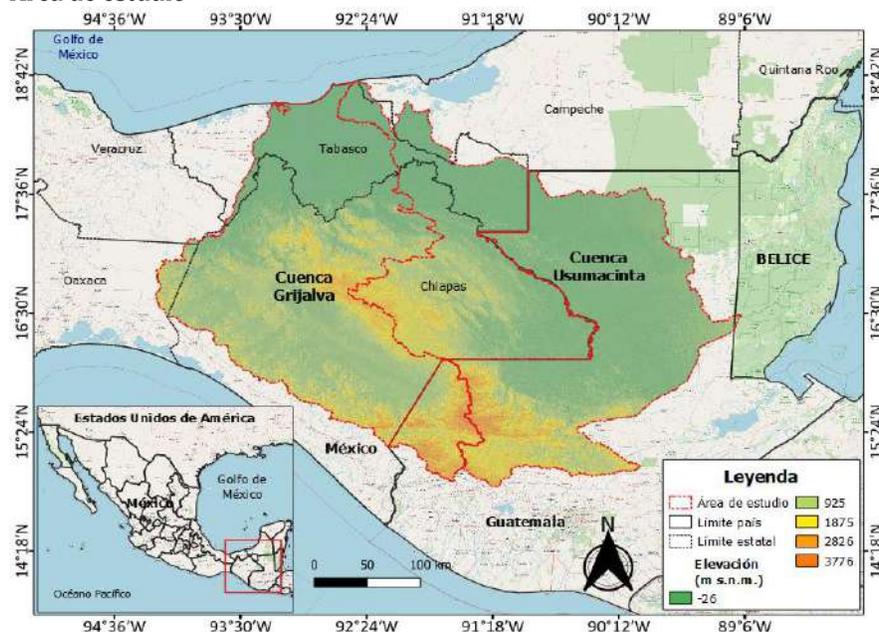
Ante esta carencia, se plantea un análisis geomorfológico de las CGyU, basándose en la metodología desarrollada por Hammond (1964) y la adaptación en SIG propuesta por Dikau *et al.* (1991). El propósito de este análisis es contribuir a una comprensión más profunda de la extensión y características físicas de los ambientes en estas cuencas transfronterizas. Se espera que esta investigación sienta las bases para futuros estudios y ayude a guiar acciones de gestión territorial, lo que permitirá un entendimiento más detallado sobre las características geomorfológicas y su interacción con los procesos hidrológicos en las CGyU.

1. Métodos

1.1. Área de estudio

Las CGyU, consideradas como unidad natural, constituyen un territorio hídrico compartido entre México, Guatemala y Belice, que abarca una extensión total de 82,434 km². Estas cuencas, dada su relevancia, extensión y desarrollo hidrológico concentra una parte significativa del capital natural de Mesoamérica (Andrade-Velázquez y Medrano-Pérez, 2020).

Figura 1a
Área de estudio



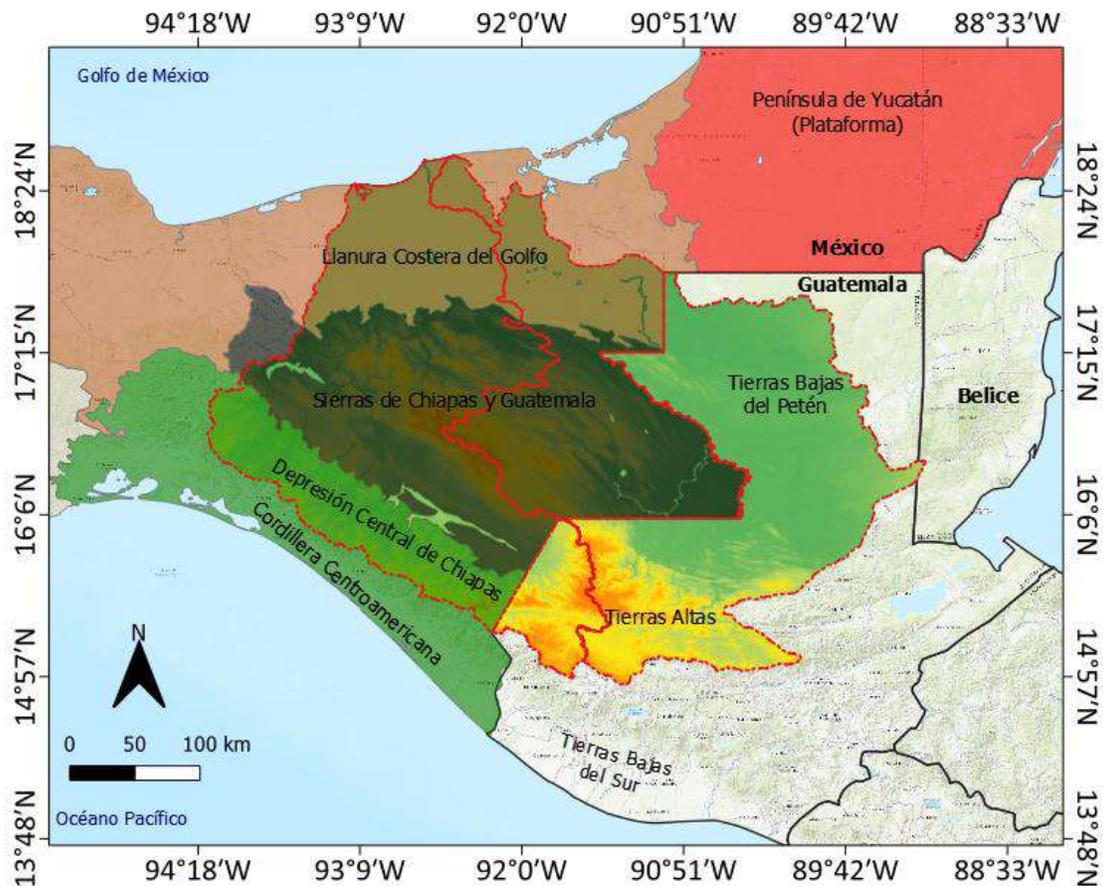
Fuente: Elaboración propia en QGIS Desktop 3.2.1 (QGIS Development Team, 2019) basada en datos espaciales de INEGI (2022), Organismo de Cuenca Frontera Sur, García-García y Kauffer-Michel (2011), y NASA *et al.*, 2009).

A partir de la propuesta de delimitación reportada en García-García y Kauffer-Michel (2011), las cuencas CGyU ocupan el 44 %, 4,2 % y 0.07 % del territorio de Guatemala, México y Belice, respectivamente (**Figura 1a**). La cuenca del río Grijalva comprende un total de 57,634 km², de los cuales el 90.5 % en el territorio mexicano y el 9.5% en Guatemala. En cuanto a la cuenca del Usumacinta, esta abarca 72,154 km², distribuyéndose el 42 % en México, el 58 % en Guatemala y en menor proporción en Belice con 16 km².

Debido a sus características de clima, ecosistemas, geología y geformas diversos, las cuencas albergan una alta biodiversidad (CONAGUA, 2014). La región cuenta con áreas protegidas como las Reservas de la Biosfera Pantanos de Centla, Lacan-tun, Montes Azules, el Triunfo, la Reserva de la Biosfera Maya, entre otras.

Figura 1b

Unidades del relieve



Nota. Los colores mostrados en territorio mexicano corresponden a la fisiografía de México disponible en INEGI; sin embargo, no se pudo obtener la misma información digital para Guatemala, y se optó por colocar etiquetas en toda el área, obviando colocar la leyenda para evitar detalle incompleto.

Fuente. Elaboración propia en QGIS Desktop 3.2.1 (QGIS Development Team, 2019) con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022; México) y la Municipalidad de Guatemala (<https://mapadeguatemala.org/relieve>).

Estas cuencas son la fuente de ríos caudalosos, incluidos el Usumacinta que ostenta caudal más alto de toda Mesoamérica, estimado en 1,700 m³/s (March-Mifsut y Castro,

2010). Aportando entre el 30 % y 40 % de la escorrentía superficial de México (García-García y Kauffer-Michel, 2011; March-Mifsut y Castro, 2010) y alberga actividades productivas variadas. En particular, la cuenca Grijalva retienen más del 40 % del agua total en México en su sistema de presas y produce más del 40 % de la energía hidroeléctrica nacional (BID, 2014), Mientras que la cuenca Usumacinta alberga la hidroeléctrica de mayor capacidad de Guatemala en el río Chixoy (CEPAL *et al.*, 2018).

El Grijalva se extiende desde la Llanura Costera del Golfo hasta la Sierra de Cuchumatanes en Guatemala, atravesando principalmente la Sierra Norte de Chiapas, la Depresión Central y la Sierra Madre de Chiapas (Hinojosa-Corona *et al.*, 2011; Rubio y Triana, 2006). Por otro lado, el Usumacinta recorre la Llanura Costera del Golfo, Sierra de Lacandón, Sierra Cuchumatanes y, en menor medida, la Plataforma de Yucatán.

La **Figura 1b** destaca las unidades del relieve en ambas cuencas. Estas áreas con características geomorfológicas prominentes y precipitaciones que algunas zonas superan los 5,000 mm anuales alimentan un sistema fluvial complejo que desemboca en las planicies y el Golfo de México. Los ríos de este sistema, caudalosos y con cauces meándricos, poseen una gran cantidad de transporte (CONAGUA, 2012). En cuanto al clima, la región es predominantemente cálida y húmeda (CONAGUA, 2014).

1. 2. Clasificación de formas de terreno

La metodología propuesta por Dikau *et al.*, (1991) fue implementada en un SIG (ArcGIS 10.5; ESRI, 2019). Esta implementación se basó en un Modelo Digital de Elevación (DEM) obtenido de *National Aeronautics and Space Administration Land Processes Distributed Active Archive Center* (NASA LP DAAC) con una resolución espacial de 30 m x 30 m (NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems y U.S./Japan ASTER Science Team, 2009). Un DEM es una representación digital bidimensional de la elevación de la superficie del terreno cuyos valores están georreferenciados. Un DEM puede describirse matemáticamente como una función de dos variables $z = z(x, y)$ donde x y y representan las coordenadas de un punto y z es la elevación asociada a dicho punto (Martínez-Zavala *et al.*, 2005). Para optimizar la clasificación de la superficie que depende de la escala de la cuenca, se modificó la resolución del DEM a 90 m.

Posteriormente, el DEM fue procesado para generar mapas de *pendiente suave local*, *relieve local* y *tipo de perfil*. Para este propósito, se utilizó una ventana móvil 5 km x 5 km la cual abarca 55 x 55 puntos de elevación. Es importante mencionar que una ventana móvil es un arreglo cuadrangular de celdas extraídas de un ráster. A este conjunto se le aplica una operación basada en valores contenidos, asigna el resultado a la celda central del arreglo.

1. 2. 1. Pendiente Suave Local

A partir del DEM se realizó el mapa de pendiente utilizando un operador propio del SIG con una ventana móvil de 3 x 3 por defecto.

Los nueve valores de cada ventana fueron utilizados para calcular la pendiente y éste fue asignado al centro de la ventana. El porcentaje de pendiente se calcula como se describe en la Ecuación 1:

$$m(\%) = 100 \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

, donde $\frac{\partial z}{\partial x}$ y $\frac{\partial z}{\partial y}$ son la tasa de cambio en la dirección x y y , respectivamente.

Este mapa se clasificó como pendientes suaves a porcentajes menores a 8 % y pendientes abruptas a pendientes con valores mayores a 8 % (Dikau *et al.*, 1991). Posteriormente, se calculó la densidad de pendientes suave dentro de la ventana móvil y el mapa resultante se reclasificó dentro de las cuatro categorías de Hammond mostradas en la **Tabla 1** para obtener el mapa de pendiente local suave.

Tabla 1

Clasificación para la pendiente suave local (<8 %)

A	Mayor de 80 % de pendiente suave local
B	50 % – 80 % de pendiente suave local
C	20 % – 50 % de pendiente suave local
D	Menor de 20 % de pendiente suave local

Fuente: Hammond (1964)

1.2.2. *Relieve local*

En la clasificación del relieve local se utilizó la ventana móvil para calcular la diferencia entre la máxima y mínima altura en los 55 x 55 valores de altura dentro de ella. El resultado se clasificó dentro de las seis categorías de relieve local de Hammond mostrado en la **Tabla 2** para obtener el mapa de relieve local. Este mapa muestra los cambios de altura que existen dentro de la ventana.

Tabla 2

Relieve local

1	0 m – 30 m
2	30 m – 91 m
3	91 m – 152 m
4	152 m – 305 m
5	305 m – 914 m
6	Mayor a 914 m

Fuente: Hammond (1964)

1.2.3. *Tipo de perfil*

En la clasificación del tipo de perfil, primero se requirió encontrar el valor z_m que se define como en la Ecuación 2:

$$z_m = \frac{1}{2}(z_{max} - z_{min}) \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde z_{max} y z_{min} son la elevación máxima y mínima dentro de la ventana móvil, respectivamente. El valor z_m se comparó con el valor de elevación situado en el centro de la ventana móvil z_c para clasificarlos en zonas altas o zonas bajas. Las zonas altas están definidas como áreas donde la máxima elevación menos la elevación en el centro de la ventana es menor que la mitad del relieve local, es decir, $z_{max} - z_c < z_m$, mientras que, las zonas altas son áreas donde $z_{max} - z_c > z_m$. Después, con el mapa de pendientes suaves y abruptas, se calculó el porcentaje de pendientes suaves que había en la ventana móvil. El mapa de zonas altas y bajas y el mapa de porcentaje de pendientes suaves se realizaron la clasificación de tipo de perfil. Cabe señalar que, a diferencia de Dikau *et al.* (1991), se introdujeron dos nuevas categorías que representan porcentajes menores de 50 %, tanto en zonas bajas como altas, con el fin de evitar crear un mapa de tipo de perfil con pixeles sin datos (**Tabla 3**). Esto se debe al alto porcentaje de pendientes mayores a 8 % que existe dentro de cada ventana móvil.

Tabla 3
Tipo de perfil

a	Mayor de 75 % de pendiente suave en zonas bajas
b	50 % - 75 % de pendiente suave en zonas bajas
c	0 % - 50 % de pendiente suave en zonas bajas
d	0 % - 50 % de pendiente suave en zonas altas
e	50 % - 75 % de pendiente suave en zonas altas
f	Mayor de 75 % de pendiente suave en zonas altas

Fuente. Adaptado a partir de Dikau *et al.* (1991).

Finalmente, los mapas fueron superpuestos para crear el mapa de formas de terreno y cada combinación se clasificó de acuerdo con las subclases presentadas por Dikau *et al.* (1991) a partir de las establecidas por Hammond (1964) (Ver **Tabla 4**). El mapa resultante fue filtrado para suavizar cada una de las categorías y evitar que las clasificaciones con menor área puedan enmascarar a las principales formaciones en relación con la escala del mapa.

Tabla 4
Clasificación de las formas de terreno

Clases de forma de terreno	Subclases de forma de terreno	Código
Planicies	Planicies llanas o ligeramente llanas	A1a, A1b, A1c, A1d, A1e, A1f
	Planicies regulares con escaso relieve local	A2a, A2b, A2c, A2d, A2e, A2f
	Planicies irregulares con poco relieve	B1a, B1b, B1c, B1d, B1e, B1f
	Planicies irregulares con relieve moderado	B2a, B2b, B2c, B2d, B2e, B2f
Mesetas	Mesetas con relieve moderado	A3d, A3e, A3f, B3d, B3e, B3f
	Mesetas con considerable relieve	A4d, A4e, A4f, B4d, B4e, B4f
	Mesetas con alto relieve	A5d, A5e, A5f, B5d, B5e, B5f
	Mesetas con muy alto relieve	A6d, A6e, A6f, B6d, B6e, B6f
Planicies con colinas	Planicies con colinas	A3a, A3b, A3c, B3a, B3b, B3c
	Planicies con colinas altas	A4a, A4b, A4c, B4a, B4b, B4c
	Planicies con montañas	A5a, A5b, A5c, B5a, B5b, B5c

Planicies con colinas o montañas	Planicies con montañas altas	A6a, A6b, A6c, B6a, B6b, B6c
Colinas/montañas abiertas	Colinas abiertas muy bajas	C1a, C1b, C1c, C1d, C1e, C1f
	Colinas abiertas bajas	C2a, C2b, C2c, C2d, C2e, C2f
	Colinas abiertas moderadas	C3a, C3b, C3c, C3d, C3e, C3f
	Colinas abiertas altas	C4a, C4b, C4c, C4d, C4e, C4f
	Montañas abiertas bajas	C5a, C5b, C5c, C5d, C5e, C5f
	Montañas abiertas altas	C6a, C6b, C6c, C6d, C6e, C6f
Colinas y montañas	Colinas muy bajas	D1a, D1b, D1c, D1d, D1e, D1f
	Colinas bajas	D2a, D2b, D2c, D2d, D2e, D2f
	Colinas moderadas	D3a, D3b, D3c, D3d, D3e, D3f
	Colinas altas	D4a, D4b, D4c, D4d, D4e, D4f
	Montañas bajas	D5a, D5b, D5c, D5d, D5e, D5f
	Montañas altas	D6a, D6b, D6c, D6d, D6e, D6f

Fuente: Adaptada a partir de Dikau *et al.* (1991).

2. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos y el análisis de los datos han permitido distinguir diferentes tipos geomórficos que recogen la variabilidad del área de estudio como son: planicies, mesetas, montañas, colinas, etc.

Se obtuvieron una colección de mapas de:

- (i) pendiente suave local,
- (ii) relieve local,
- (iii) tipo de perfil,
- (iv) cinco clases principales (Planicies, Mesetas, Planicies con Colinas o Montañas, Colinas/Montañas Abiertas, y Colinas y Montañas); y,
- (v) subclases (Planicies llanas o poco llanas, Planicies regulares con escaso relieve local, Planicies irregulares con relieve moderado, Mesetas con relieve moderado, Mesetas con considerable relieve, Mesetas con alto relieve, Planicies con colinas, Planicies con colinas altas, Planicies con montañas bajas, Planicies con montañas altas, Colinas abiertas bajas, Colinas abiertas moderadas, Colinas abiertas altas, Montañas abiertas bajas, Montañas abiertas altas, Colinas altas, Montañas bajas, Montañas altas) de formas de terreno. La parte norte de las cuencas se clasificó como Planicie a la Llanura Costera del Golfo Sur y a una pequeña porción de la Plataforma de Yucatán en su parte sur. Además, se puede observar la transición que existe entre las llanuras y montañas que se encuentran en el norte y parte central de las cuencas. Las distintas sierras y cadenas montañosas que se encuentran dentro de la cuenca fueron clasificadas como Montañas y Colinas. Asimismo, la Depresión Central de Chiapas fue clasificada principalmente por Mesetas y Planicies con colinas o montañas.

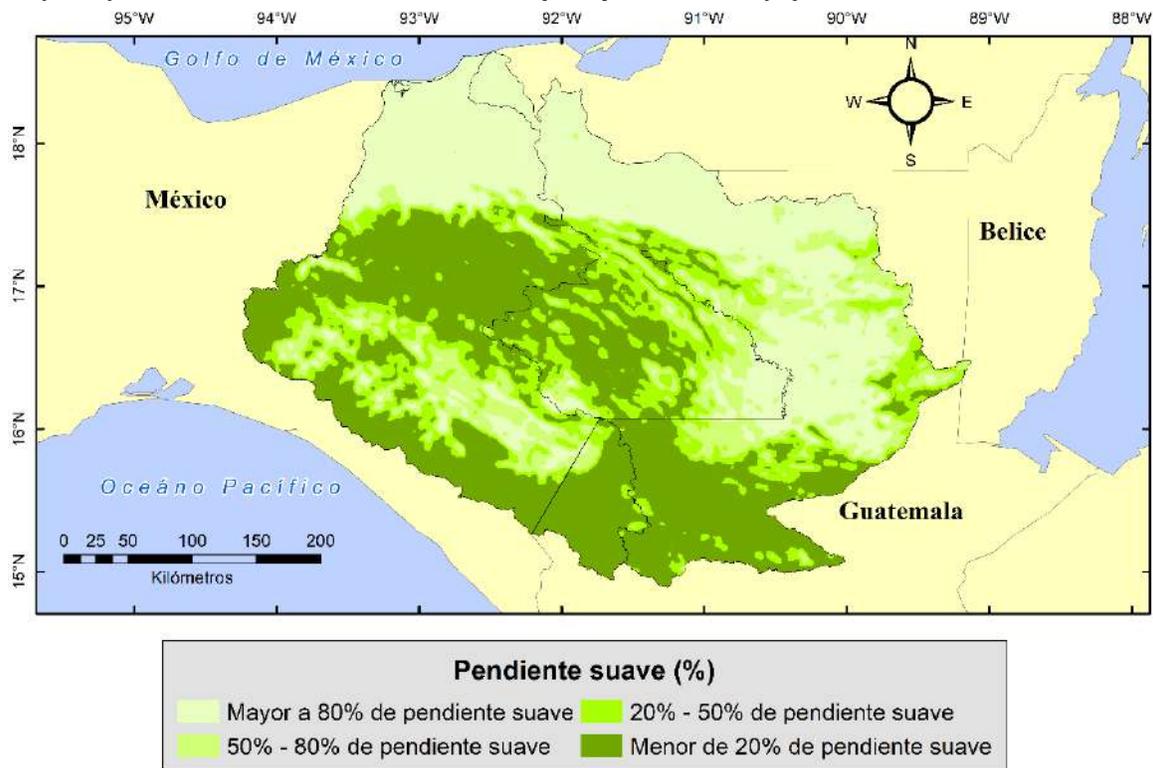
2.1. Pendiente suave local

El mapa de la **Figura 2**, muestra que la mayor concentración de *pendiente suave local* se encuentra en la Llanura Costera del Golfo, Depresión Central de Chiapas y parte de la Plataforma de Yucatán. De acuerdo con la **Tabla 5** la mayor superficie se encuentra compuesta por una baja densidad de pendiente suave en la cuenca Grijalva debido a su relieve con montañas, mientras que en la cuenca Usumacinta se compone principalmente de áreas con una alta densidad de pendiente suave. La cuenca Grijalva en territorio mexicano está ocupada con *porcentajes de pendientes suaves* de 0 a 20 % y 80 a 100 % en su mayoría, mientras que, en Guatemala el porcentaje de pendiente suave menores a 20 ocupa poco más del 85 % de la cuenca. En la cuenca Usumacinta predominan las pendientes suaves mayores de 80 % en ambos países, es decir, que gran parte del área total de la cuenca se encuentra dentro de esta categoría.

En general, la mayoría de la superficie de las cuencas la ocupan áreas con pendientes no suaves (pendiente suave local menor a 20 %), esto es debido a las cadenas montañosas que atraviesan las cuencas como los Altos de Chiapas y la Sierra Madre de Chiapas principalmente.

Figura 2

Mapa de pendiente suave local de las cuencas Grijalva y Usumacinta (%)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5
 Pendiente suave local por cuenca-país y total por cuenca (% , km²)

Características por cuenca-país y total por cuenca							
Pendiente suave local (%)	Porcentaje general (%)						Total
	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
Mayor a 80	25.36	0.69	23.03	38.30	35.54	36.70	30.63
50 – 80	13.96	4.99	13.11	12.82	19.35	16.61	15.06
20 – 50	16.63	8.22	15.83	22.67	14.50	17.92	16.99
Menor a 20	44.05	86.10	48.03	26.21	30.61	28.77	37.32

Características por cuenca-país y total por cuenca							
Pendiente suave local (%)	Áreas (km ²)						Total
	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
Mayor a 80	13,235.64	37.84	13,273.48	11,587.04	14,891.59	26,478.62	39,752.10
50 – 80	7,282.95	271.78	7,554.73	3,878.94	8,108.01	11,986.95	19,541.68
20 – 50	8,675.97	448.30	9,124.27	6,856.90	6,074.85	12,931.75	22,056.02
Menor a 20	22,987.30	4,693.22	27,680.52	7,928.90	12,827.88	20,756.77	48,437.29

Fuente: Elaboración propia.

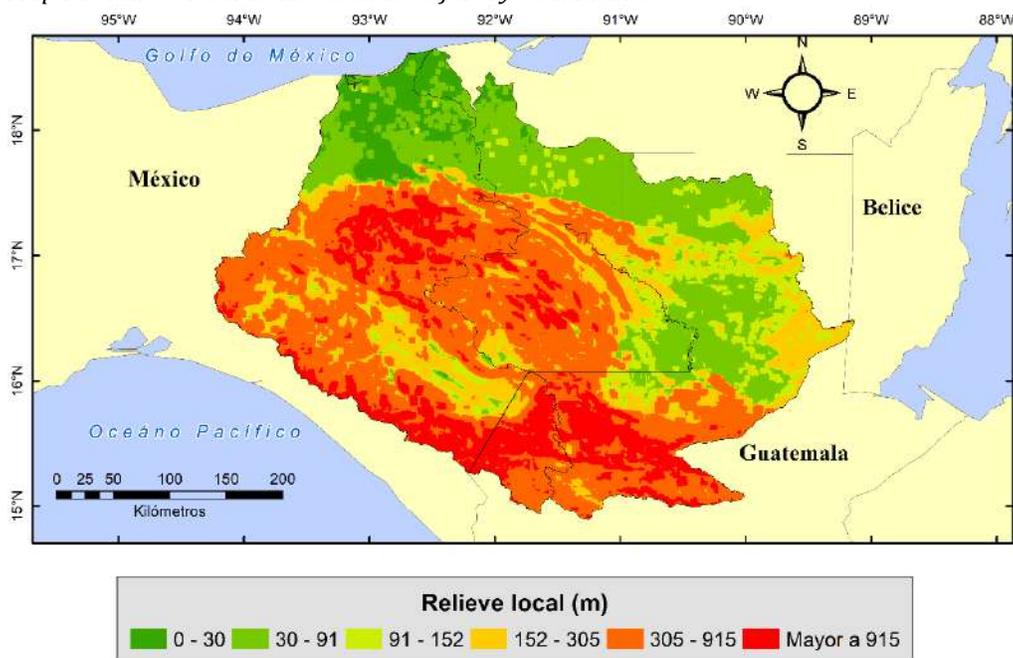
2.2. Relieve local

En el mapa de *relieve local* (**Figura 3**) se puede observar que las mayores áreas están ocupadas por relieves locales de entre 305 m y 915 m (36.7 %), y menores a 305 m (49.1 %) dentro del área total de ambas cuencas. A su vez, la clasificación de relieve local mayor a 915 m ocupa un menor porcentaje del área con 14.2 % (~18.45 mil km²).

Los *relieves locales* altos se concentran en las cadenas montañosas que componen las cuencas y las bajas en la planicie y plataforma. La zona de transición que ocurre en los límites de los estados de Tabasco y Chiapas (**Figura 1**), y el límite fronterizo de México y Guatemala se observa un gran contraste de relieve local. Esta transición también se observa en la Depresión Central de Chiapas.

La superficie de las cuencas que se encuentran dentro del territorio mexicano tiene principalmente relieves locales que superan los 915 m, mientras que en territorio guatemalteco tiene una distribución equitativa de relieves menores y mayores a este valor (**Figura 3** y **Tabla 6**).

Figura 3
 Mapa de relieve local de las cuencas Grijalva y Usumacinta



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6
 Relieve local por cuenca-país y total por cuenca

Características por cuenca-país y total por cuenca							
Relieve local (m)	Áreas (km ²)						Total
	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
0 - 30	4,748.41	0.00	4,748.41	1,324.61	2.44	1,327.05	6,075.46
30 - 91	6,457.28	9.26	6,466.54	9,275.63	11,896.99	21,172.62	27,639.16
91 - 152	1,930.87	11.82	1,942.69	2,212.52	7,910.30	10,122.83	12,065.51
152 - 305	6,889.45	305.97	7,195.43	3,654.97	7,142.70	10,797.67	17,993.09
305 - 915	23,202.88	2,305.18	25,508.06	12,262.20	9,796.49	22,058.69	47,566.74
Mayor a 915	8,953.22	2,819.12	11,772.35	1,521.73	5,153.79	6,675.51	18,447.86

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Tipo de perfil

El mapa de *tipo de perfil* (Figura 4) muestra principalmente la relación que existe entre el valor de altura del centro de la ventana móvil y la altura media dentro de la misma. Esta clasificación es jerárquica teniendo en cuenta, en primer lugar, la altura y, en segundo lugar, la pendiente suave.

En cuanto a las características por territorio, tanto en México como en Guatemala para ambas cuencas, la distribución del tipo de perfil no presenta diferencias notables. La diferencia más notable se encuentra entre la Planicie del Golfo de México de ambas cuencas y el resto del territorio compartido (Figura 4 y Tabla 7).

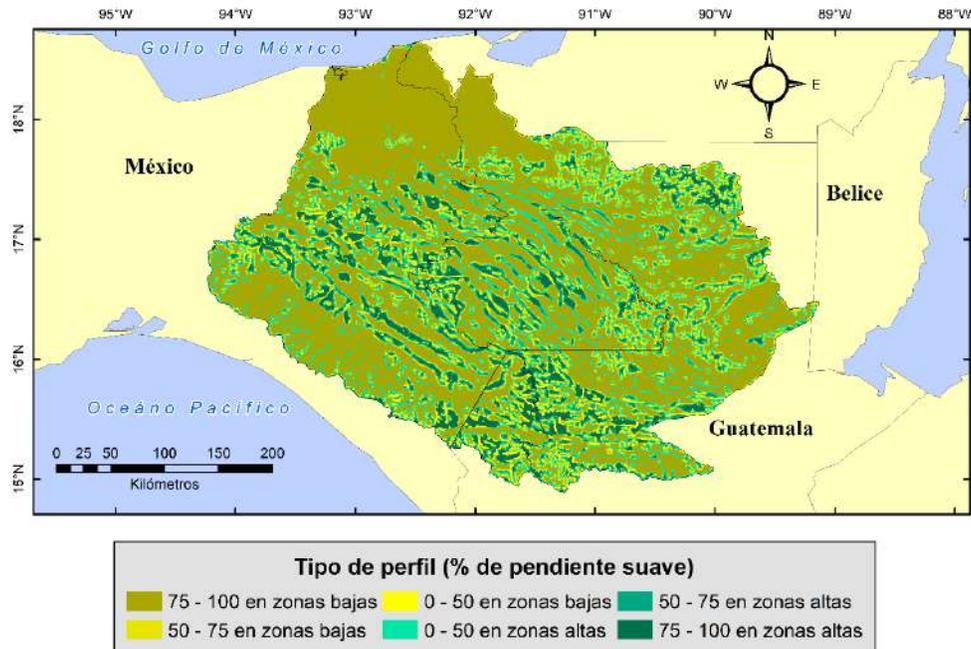
De acuerdo con la **Tabla 7**, donde se observa la proporción de la distribución relativa de cada tipo de perfil en términos de porcentaje y área (km²), se destaca como perfil dominante que la categoría “75-100 zonas bajas” posee la mayor proporción en la Cuenca Grijalva con un 59.69 %, mientras que, en la Cuenca Usumacinta esta categoría también registra valores significativos con un 51.02 %.

Además, ambas cuencas comparten una distribución que podría considerarse similar en la categoría “0 - 50 zonas bajas”.

En lo relativo a la variabilidad de pendientes, la Cuenca Grijalva tiene una mayor variabilidad en pendientes pronunciadas (“75 - 100 zonas bajas” y “75 - 100 zonas altas”); mientras que, la Cuenca Usumacinta muestra una variabilidad más equitativa entre las categorías de pendiente.

En general, se observa que la Cuenca Grijalva tiende a tener pendientes más pronunciadas en comparación con la Cuenca Usumacinta, donde se observa una mayor variabilidad.

Figura 4
 Mapa de tipo de perfil de las cuencas Grijalva y Usumacinta



Fuente: Elaboración propia.

En el análisis específico de México y Guatemala dentro de las cuencas del río Grijalva y Usumacinta (**Tabla 7**), se presentan diferencias relevantes en términos de la composición de perfiles topográficos, según la proporción por país en cada cuenca.

En términos globales, México muestra una preferencia por perfiles con pendientes más pronunciadas en comparación con Guatemala, que tiene una distribución más equitativa en diferentes categorías de pendiente.

De manera particular, en México predomina el perfil “75 - 100 zonas bajas” de manera significativa con 59.69 % en comparación con Guatemala, donde esta categoría representa un 27 % en la Cuenca Grijalva. A la par, Guatemala presenta una proporción

más elevada en la categoría de pendiente moderada de “50 - 75 zonas bajas” con un 13.43 %, en comparación con México (9.19 %).

Además, se destaca que la participación diferencial se evidencia en los perfiles más pronunciados, donde México destaca en la categoría de “75 - 100 zonas bajas” y “75 - 100 zonas altas”, mientras que Guatemala presenta una mayor presencia en perfiles con pendientes moderadas, como “50 - 75 zonas bajas” y “50 - 75 zonas altas”.

Estas diferencias resaltan las distintas características topográficas entre ambos países, considerando su proporción en cada cuenca, aspecto relevante para consideraciones vinculadas a la planificación territorial y la gestión de recursos naturales.

Tabla 7

Tipo de perfil por cuenca-país y total por cuenca

Características por cuenca-país y total por cuenca							
Tipo de perfil (de pendiente suave)	Porcentaje general (%)						Total
	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
75 - 100 zonas bajas	59.69	27.00	56.59	54.74	48.33	51.02	53.49
50 -75 zonas bajas	9.19	13.43	9.59	12.34	14.16	13.40	11.71
0 -50 zonas bajas	4.38	13.52	5.24	3.88	6.12	5.18	5.21
0 -50 zonas altas	11.77	12.04	11.79	14.23	16.20	15.37	13.78
50 -75 zonas altas	7.60	12.70	8.08	9.22	9.24	9.23	8.72
75 -100 zonas altas	7.38	21.31	8.70	5.59	5.95	5.80	7.09

Características por cuenca-país y total por cuenca							
Tipo de perfil (de pendiente suave)	Áreas (km ²)						Total
	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
75 - 100 zonas bajas	31,144.98	1,471.59	32,616.56	16,560.15	20,250.23	36,810.39	6,9426.95
50 -75 zonas bajas	4,796.48	732.31	5,528.78	3,732.11	5,933.84	9,665.95	15,194.74
0 -50 zonas bajas	2,283.02	737.15	3,020.17	1,173.96	2,563.59	3,737.55	6,757.72
0 -50 zonas altas	6,139.60	656.32	6,795.92	4,303.97	6,788.49	11,092.46	17,888.38
50 -75 zonas altas	3,964.14	692.34	4,656.48	2,788.24	3,869.57	6,657.81	11,314.29
75 -100 zonas altas	3,853.29	1,161.53	5,014.83	1,692.53	2,494.47	4,187.00	9,201.83

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Clasificación general

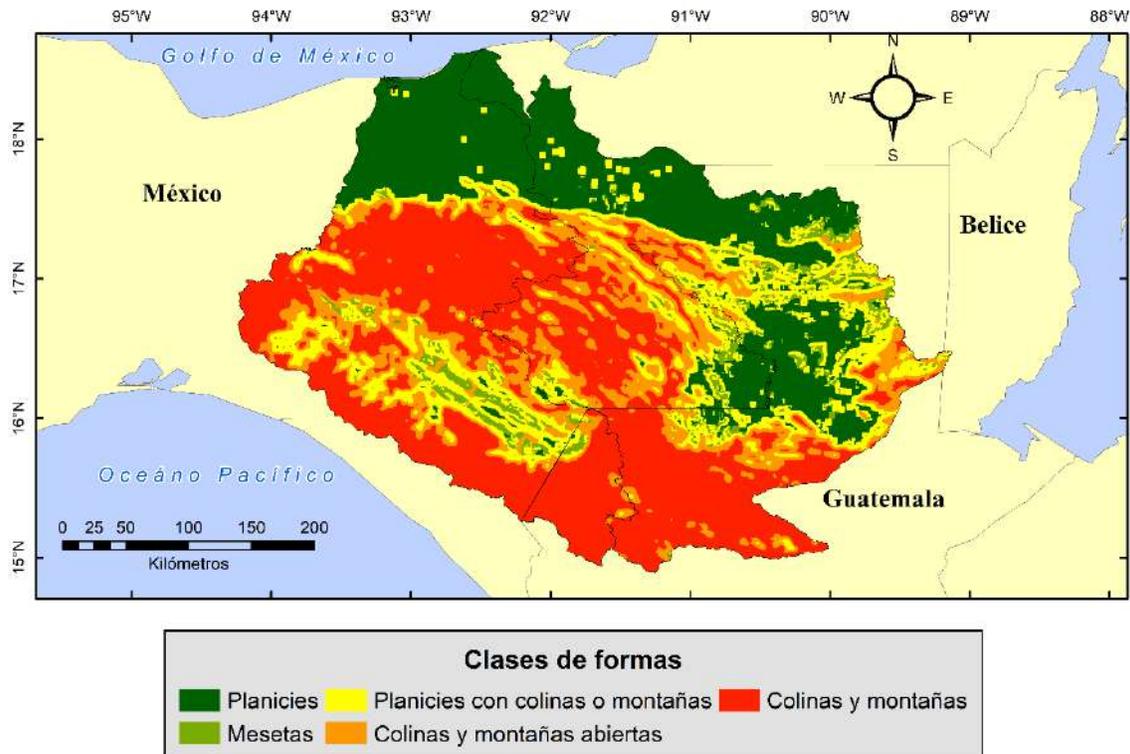
La clasificación proporciona cinco grandes clasificaciones que incluyen 1. Planicies, 2. Mesetas, 3. Planicies con colinas o montañas, 4. Colinas/montañas abiertas y 5. Colinas y montañas. De acuerdo con los resultados el 37.3 % de las CGyU están compuestas por poco más de la mitad de su superficie por colinas y montañas (~48.4 mil km²); y un cuarto de su superficie está compuesto por planicies, mientras que la superficie restante se compone de mesetas y planicies con colinas o montañas (**Figura 5**).

En general, la **Tabla 8** revela aspectos significativos sobre la distribución de clases de formas de terreno en las cuencas del río Grijalva y Usumacinta, desglosadas por país. Entre los rasgos significativos se destaca la extensa presencia de la categoría “Colinas y montañas”, que abarca un área total de 48.4 mil km² en ambas cuencas (37.3 %),

resaltando su dominio en la configuración geográfica. Las “Planicies” también juegan un papel relevante, destacándose en la Cuenca Usumacinta, donde se registran 22.5 mil km², en comparación con los 11.2 mil km² en la Cuenca Grijalva. Además, se observa una variabilidad significativa entre las cuencas en las clases de “Mesetas” y “Colinas/Montañas Abiertas”, destacando las diferencias en la topografía entre las regiones.

Figura 5

Mapa de clases de formas del terreno para las cuencas Grijalva y Usumacinta



Fuente: Elaboración propia.

Desde esta perspectiva, la superficie de la cuenca Grijalva en territorio mexicano se caracteriza por Colinas y Montañas en su mayoría, seguido de Planicies; mientras que en Guatemala las Colinas y Montañas ocupan el 86 % del área de la cuenca.

La cuenca Usumacinta en territorio mexicano se compone por Planicies, Colinas/Montañas Abiertas, y Colinas y Montañas en su mayoría, al igual que en Guatemala; sin embargo, las Planicies con Colinas o Montañas tienen mayor superficie que Colinas/Montañas Abiertas (**Tabla 8**).

Ambas cuencas están compuestas principalmente por Colinas y Montañas seguido de Planicies; aunque, tienen un área muy pequeña ocupada por Mesetas. Estos hallazgos ofrecen una visión detallada de la diversidad del relieve en ambas cuencas, información crucial para la planificación territorial, la gestión de recursos naturales y la comprensión de la vulnerabilidad frente a eventos geo-climáticos (p.ej.: deslizamientos de laderas, inundaciones, entre otros).

Tabla 8
Clases de forma de terreno por cuenca-país y total por cuenca

Características por cuenca-país y total por cuenca							
Clases	Áreas (km ²)						
	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			Total
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
Planicie	11,205.54	9.22	11,214.76	10,600.70	11,900.38	22,501.08	3,3715.84
Mesetas	1,721.88	130.09	1,851.96	683.15	2,405.89	3,089.03	4,941.00
Planicies con colinas o montañas	7,590.70	170.29	7,760.99	4,181.91	8,692.66	12,874.57	20,635.56
Colinas/ montañas abiertas	8,676.22	448.44	9,124.65	6,856.82	6,074.49	12,931.31	22,055.97
Colinas y montañas	22,987.08	4,693.08	27,680.16	7,928.87	12,827.40	20,756.27	48,436.43

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Clasificaciones específicas

Las subclases que destacan son “planicies regulares con escaso relieve local”, “montañas abiertas bajas”, “montañas altas” y “montañas bajas”, siendo esta última la de mayor superficie con un 22.6 % de superficie total, como se muestra en la Tabla 9 y en mayor detalle en la **Tabla 10**.

Además las subclases que mostraron un bajo porcentaje fueron “planicies irregulares con relieve moderado”, “mesetas con alto relieve”, “colinas abiertas moderadas”, “montañas abiertas altas” y “colinas altas”. Las subclases “planicies con montañas altas” y “colinas abiertas bajas” mostraron un área insignificante en comparación con el área total de la cuenca.

Tabla 9
Subclases de forma de terreno por cuenca-país y total por cuenca

Características por cuenca-país y total por cuenca (%)							
Subclases	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			Total
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
Planicies llanas o poco llanas	9.10	0.00	8.24	4.38	0.01	1.84	4.68
Planicies regulares con escaso relieve local	12.17	0.17	11.03	29.58	26.44	27.76	20.33
Planicies irregulares con relieve moderado	0.21	0.00	0.19	1.08	1.95	1.59	0.97
Mesetas con relieve moderado	0.70	0.04	0.64	1.70	4.43	3.29	2.11
Mesetas con considerable relieve	2.17	2.05	2.16	0.53	1.30	0.98	1.50
Mesetas con alto relieve	0.42	0.29	0.41	0.03	0.01	0.02	0.19
Planicies con colinas	2.99	0.18	2.72	5.55	13.57	10.21	6.89
Planicies con colinas altas	7.45	2.55	6.99	5.68	6.34	6.06	6.47
Planicies con montañas bajas	4.10	0.40	3.75	2.59	0.83	1.57	2.54
Planicies con montañas altas	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Colinas abiertas bajas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Colinas abiertas moderadas	0.01	0.00	0.01	0.05	0.87	0.53	0.30
Colinas abiertas altas	3.31	1.01	3.09	5.56	7.64	6.77	5.14
Montañas abiertas bajas	12.91	6.85	12.34	16.76	5.94	10.47	11.30
Montañas abiertas altas	0.39	0.37	0.39	0.29	0.05	0.15	0.26
Colinas altas	0.27	0.00	0.25	0.31	1.77	1.16	0.75
Montañas bajas	27.03	34.75	27.76	21.16	16.60	18.51	22.62
Montañas altas	16.76	51.34	20.03	4.74	12.25	9.10	13.95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Subclases de forma de terreno por cuenca-país y total por cuenca

Subclases	Características por cuenca-país y total por cuenca (km ²)						
	Cuenca Grijalva			Cuenca Usumacinta			Total
	México	Guatemala	Total	México	Guatemala	Total	
Planicies llanas o poco llanas	4,748.36	0.00	4,748.36	1,324.60	2.44	1,327.04	6,075.40
Planicies regulares con escaso relieve local	6,348.43	9.26	6,357.70	8,949.07	11,079.82	20,028.89	26,386.59
Planicies irregulares con relieve moderado	108.67	0.00	108.67	327.00	818.91	1,145.91	1,254.58
Mesetas con relieve moderado	366.39	2.13	368.52	515.67	1,857.23	2,372.90	2,741.41
Mesetas con considerable relieve	1,133.98	111.99	1,245.97	159.07	545.82	704.89	1,950.86
Mesetas con alto relieve	221.44	15.97	237.40	8.37	2.74	11.11	248.51
Planicies con colinas	1,560.18	9.69	1,569.87	1,679.75	5,687.74	7,367.49	8,937.35
Planicies con colinas altas	3,887.42	138.90	4,026.32	1,718.24	2,655.53	4,373.76	8,400.08
Planicies con montañas bajas	2,138.98	21.73	2,160.71	783.70	348.74	1,132.44	3,293.15
Planicies con montañas altas	3.73	0.00	3.73	0.00	0.00	0.00	3.73
Colinas abiertas bajas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
Colinas abiertas moderadas	4.60	0.00	4.60	16.54	363.26	379.79	384.39
Colinas abiertas altas	1,728.73	54.94	1,783.67	1,682.96	3,199.74	4,882.70	6,666.37
Montañas abiertas bajas	6,737.92	373.25	7,111.17	5,068.97	2,488.46	7,557.43	14,668.60
Montañas abiertas altas	205.61	20.22	225.82	88.53	22.54	111.07	336.89
Colinas altas	141.11	0.16	141.27	94.86	740.96	835.81	977.08
Montañas bajas	14,102.24	1,894.08	15,996.31	6,400.77	6,955.66	1,3356.43	29,352.75
Montañas altas	8,743.76	2,798.87	11,542.62	1,433.25	5,131.15	6,564.40	18,107.02

Fuente: Elaboración propia.

El mapa de la **Figura 6** muestra la distribución espacial de las 18 subclases obtenidas dentro de las CGyU. Las subclases “planicies con montañas altas” y “colinas abiertas bajas” se muestran dentro de la leyenda del mapa, sin embargo, no es posible apreciarlas en el mapa debido a que sus áreas son demasiado pequeñas en comparación con el área total de las cuencas. La localización de estas pequeñas superficies en las cuencas y país está recogida en la Tabla 10.

La clasificación de Hammond basada en Dikau *et al.* (1991) es una buena aproximación, como los resultados obtenidos, pero para un mayor detalle hacen falta el uso de datos Lidar (*Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*) y datos de campo (p.ej.: imágenes satelitales), con la finalidad de alcanzar un mayor detalle en las formas y elementos del terreno. En este sentido, la clasificación de las formas del terreno es una herramienta que permite obtener información sobre el comportamiento de las cuencas hidrológicas y el *cartografiado* preciso de *las geoformas* del territorio (Martínez-Zavala *et al.*, 2005), sino que se le considera una plataforma geomorfológica clave para la delimitación de unidades sintéticas naturales como base del ordenamiento territorial y las investigaciones aplicadas en el ámbito agrícola, forestal, planificación urbana, y otras actividades productivas (Hernández-Santana *et al.*, 2017). Por ello, los resultados de obtenidos son una contribución al conocimiento de las formas de la superficie de un territorio, cuya tipificación puede utilizarse en el ordenamiento territorial. Los resultados pueden ser mejorados para un mayor detalle de áreas específicas en la zona estudiada. Por ejemplo, se puede mejorar la clasificación con mayor escala y un DEM de mayor de resolución que ofrezca un mayor detalle en estas áreas, permitiendo identificar los tipos de formas del terreno y sus elementos (valles, montañas, entre otros). Adicionalmente, se consideran claves en la mejora de la

precisión de la clasificación tener en cuenta enfoques como: refinar criterios de clasificación con parámetros adicionales o modificación de los existentes; datos espaciales múltiples (topográficos, imágenes satelitales de alta resolución, fotografías aéreas, datos LIDAR), técnicas de aprendizaje automático, consulta a expertos geomorfológicos, técnicas y software actualizadas, variables adicionales (geológicas, climáticas o ambientales), entre otros. Cabe mencionar que, al tratarse de un proceso iterativo, se muestra relevante que dicho proceso sea adaptativo y abierto a los ajustes y refinamientos en la medida en que se va analizando la zona de estudio.

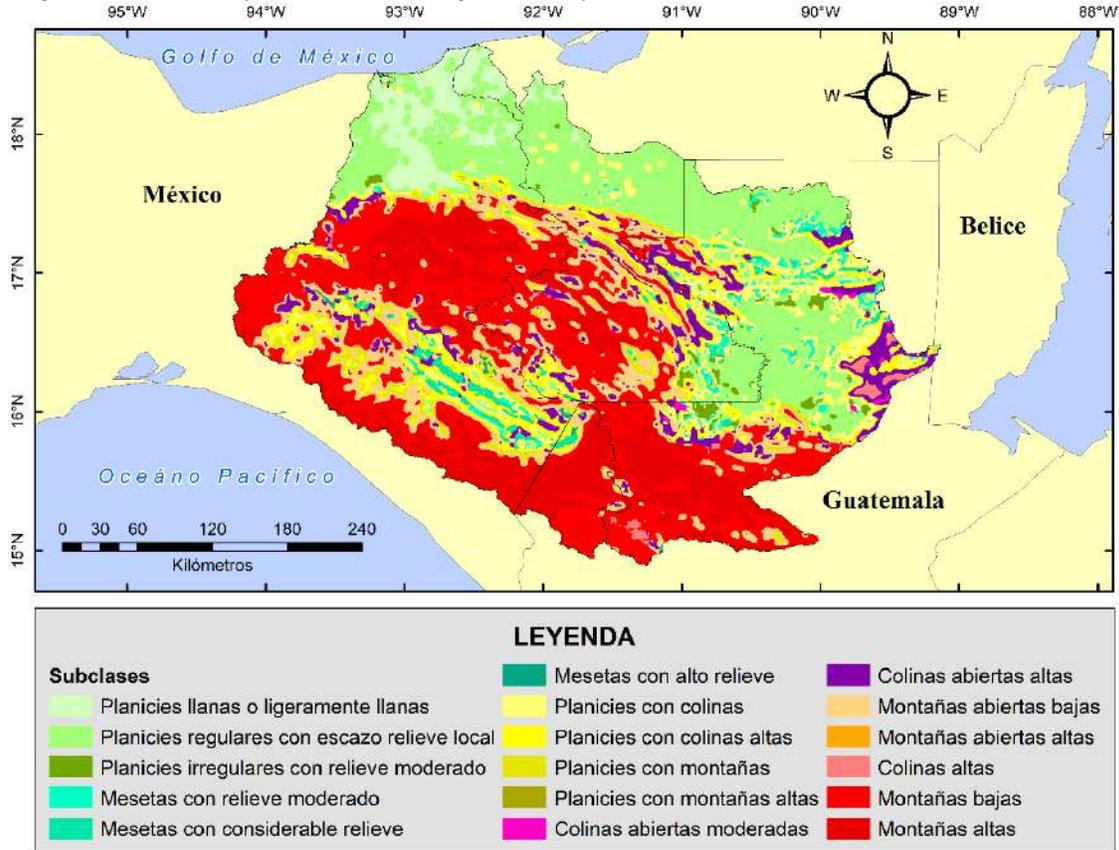
Cabe señalar que las CGyU han sufrido modificaciones importantes que han impactado la dinámica del equilibrio hídrico y los patrones naturales de inundaciones en áreas bajas debido a la construcción de infraestructura, así como al aumento de las actividades antropogénicas (Muñoz-Salinas *et al.*, 2023; Alcérreca-Huerta *et al.*, 2019; Herrera-Silveira *et al.*, 2019; Mendoza *et al.*, 2019; De la Rosa-Velázquez *et al.*, 2017; Muñoz-Salinas & Castillo, 2015). En cuanto a la geomorfología, los cauces sinuosos, las bajas pendientes y capacidad de drenaje o descarga de caudales que definen la llanura y/o planicie de la parte baja de las CGyU, características que describen a esta zona como una llanura de inundación natural (Meyer-Corral, 1971). En esta dinámica, de acuerdo con Wierzbicki *et al.* (2020) la arquitectura de las llanuras aluviales puede considerarse como un archivo natural de los procesos ocurridos en toda la cuenca de captación, por ejemplo, los relativos a los esfuerzos humanos por controlar las inundaciones. Para ello, los autores señalan que es necesario conocer a detalle los accidentes geográficos fluviales y los sedimentos que se desarrollaron en las grandes llanuras aluviales. No obstante, si bien se han reportado estudios sobre la alta vulnerabilidad geomorfológica costera vinculada a los efectos del cambio climático (p.ej.: incremento del nivel del mar, la erosión costera y la intrusión salina) (Núñez-Gómez *et al.*, 2016; Ramos-Reyes *et al.*, 2016; Maya-Zayas *et al.*, 2017), los estudios geomorfométricos y geomorfológicos no se han extendido a diferentes escalas de las CGyU.

En el contexto de los eventos de inundación en las cuencas de los ríos Grijalva y Usumacinta, los resultados del análisis geomorfométrico son importantes para comprender y predecir patrones de inundaciones e identificar áreas específicas que son particularmente vulnerables a este tipo de eventos, lo cual es muy importante ya que proporciona información útil. Las características del terreno clasificadas mediante mediciones topográficas influyen en la velocidad y dirección del flujo de agua, siendo claves en la predicción de las tasas de escorrentía durante eventos de precipitación intensas. En particular, estos factores contribuyen de manera importante a identificar áreas en riesgo y a la planificación de respuestas efectivas ante las inundaciones, incluidas medidas de mitigación, zonas estratégicas de evacuación y la gestión del agua. Asimismo, el análisis presentado puede contribuir a la formulación de estrategias de gestión de riesgos más precisas en cuanto a la evaluación de riesgos geomórficos (p.ej.: deslizamientos de tierra y cambios en lechos o fondo de los ríos). Además, las diferencias geomorfológicas entre México y Guatemala resaltan la importancia de la colaboración transfronteriza para abordar los desafíos asociados a eventos de inundación en cuencas compartidas. En resumen, la geomorfometría no solo profundiza la comprensión de la topografía, sino que ofrece una base sólida para el fortalecimiento

de la resiliencia de las comunidades ante eventos hidrometeorológicos extremos y mejorar las estrategias de gestión de riesgos en las cuencas Grijalva y Usumacinta.

Figura 6

Mapa de subclases de formas del terreno para las CGyU



Fuente: Elaboración propia.

A grandes rasgos, los resultados representan un punto de partida para promover estudios geomorfométricos que contribuyan al conocimiento de los procesos sistémicos en las CGyU. La clasificación de las formas del terreno representa un ámbito relevante para el análisis y comprensión de diferentes ámbitos y problemáticas vinculadas al territorio, algunos de ellos presentes en las CGyU, tales como: riesgo por erosión (Martínez-Zavala *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2010), inundaciones (Wierzbicki *et al.*, 2020), conocimiento y planificación del paisaje (Vannamettee *et al.*, 2014; Ercolano *et al.*, 2020), atributos del suelo y estructura de la vegetación (Arruda *et al.*, 2015; Mokarram y Sathyamoorthy, 2018), patrones de vegetación y dinámica de sedimentos (Baartman *et al.*, 2018), la vegetación (Kirkby, 1995), deslizamientos de laderas (Porter *et al.*, 2008; Damayanti *et al.*, 2020) y el comportamiento de incendios (Takaoka *et al.*, 1996). Consecuentemente, existen otros ámbitos y patrones por evaluar y analizar que deben ser asociados a las unidades geomorfométricas obtenidas en el presente estudio. Por tanto, la importancia de este estudio se enmarca como una contribución base para el conocimiento del área estudiada que busca favorecer no solo la aplicación de los SIG en el análisis de las problemáticas de la zona, sino también la toma de decisión en los

temas de ordenamiento y planificación territorial, infraestructuras y protección civil, y políticas públicas.

3. Conclusiones

La geomorfometría desempeña un papel fundamental en la exploración y análisis de la superficie terrestre, proporcionando un sólido marco conceptual y metodológico para comprender las complejas características del medio físico. En el contexto específico de las cuencas del río Grijalva y Usumacinta (CGyU), compartidas por México, Guatemala y Belice, se destacan la abundancia hídrica, la riqueza natural y la elevada vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos extremos.

El propósito fundamental de la investigación ha sido la caracterización geomorfométrica detallada de las CGyU. Para alcanzar este objetivo, se ha realizado una clasificación jerárquica basada en el método de Hammond y automatizado este proceso utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), siguiendo una adaptación de la metodología propuesta por Dikau. Los resultados obtenidos revelan la existencia de cinco clases principales y dieciocho subclases que describen de manera precisa las diversas formas del terreno presentes en ambas cuencas en las Tablas 8, 9 y 10.

Entre los hallazgos más relevantes, se observa que las “Colinas y montañas” dominan extensivamente en ambas cuencas, con una cobertura de área total de 48.4 mil km². Las “Planicies” también juegan un papel significativo, particularmente en la Cuenca Usumacinta con un total de 22.5 mil km²; en comparación con los 11.2 mil km² en la Cuenca Grijalva. Asimismo, a nivel país un hallazgo destacado es la presencia significativamente mayor de la categoría “75 - 100 zonas bajas” en México (59.7 %) en comparación con Guatemala (27 %) en la Cuenca Grijalva. Asimismo, se observa una proporción más elevada de “50 - 75 zonas bajas” en Guatemala (13.4 %) frente a México (9.2 %). Estas diferencias subrayan las distintas características topográficas entre ambos países, considerando su proporción en cada cuenca.

A la luz de estos hallazgos, la metodología empleada en este estudio se muestra efectiva para la caracterización de las formas del terreno en las CGyU. Este conocimiento no solo es de gran valor en sí mismo, sino que se presenta como relevante para impulsar estudios que identifiquen y evalúen la vulnerabilidad mediante indicadores geomorfológicos en esta región. Adicionalmente, los resultados obtenidos pueden ser claves al tener en cuenta las unidades geomorfométricas en los análisis asociados con las variables edafológicas, la vegetación, las plantaciones forestales, el almacenamiento de carbono, la erosión, la deforestación, el clima y la hidrología. De tal modo, este trabajo de investigación se enmarca como una contribución al fortalecimiento del conocimiento de la zona de estudio; además de favorecer la toma de decisión y la investigación en los temas relacionados.

Disponibilidad de datos

El conjunto de datos espaciales y mapas generados en este estudio están disponibles públicamente en el repositorio *GitHub* y se puede acceder a ellos en: https://github.com/pablovelsan/caracterizacion_geomorfometrica

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los revisores anónimos por sus comentarios y recomendaciones en la mejora de esta investigación. ORMP también desea agradecer al programa Investigadores por México (CONAHCYT) y al proyecto Cátedras CONAHCYT-CCGS no. 963 titulado “Hacia un manejo sustentable del agua en el sureste de México y áreas adyacentes de Centroamérica”.

Referencias

- Alcérreca-Huerta**, J. C., Callejas-Jiménez, M. E., Carrillo, L. y Castillo, M. M. (2019). Dam implications on salt-water intrusion and land use within a tropical estuarine environment of the Gulf of Mexico. *Science of The Total Environment*, 652, 1102-1112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.288>
- Andrade-Velázquez**, M. y Medrano-Pérez, O. R. (2021). Historical precipitation patterns in the South-Southeast region of Mexico and future projections. *Earth Sciences Research Journal*, 25(1), 69-84. <https://doi.org/10.15446/esrj.v25n1.87255>
- Andrade-Velázquez**, M. y Medrano-Pérez, O. R. (2020). Precipitation patterns in Usumacinta and Grijalva basins (southern Mexico) under a changing climate. *Revista Bio Ciencias*, 7, e905. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e905>
- Álvarez-Soberano**, A. y Medrano-Pérez, O. R. (2020). Caracterización geomorfo-lógica de la subcuenca río Mezcalapa, región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH-30) en sureste de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(80), 32-44. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2020803002>
- Arruda**, D. M., Schaefer, C. E., Corrêa, G. R., Rodrigues, P. M., Duque-Brasil, R., Ferreira-JR, W. G. y Oliveira-Filho, A. T. (2015). Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. *Folia Geobotanica*, 50(3), 175-184. <http://doi.org/10.1007/s12224-015-9221-0>
- Banco** Interamericano de Desarrollo (BID). (2014). *PAOM: Diagnóstico integrado con identificación de áreas prioritarias*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://tinyurl.com/52fwss2m>
- Baartman**, J. E., Temme, A. J. y Saco, P. M. (2018). The effect of landform variation on vegetation patterning and related sediment dynamics. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43(10), 2121-2135. <https://doi.org/10.1002/esp.4377>

- Castillo-Cruz, Z. G. y Medrano-Pérez, O. R. (2023).** Análisis geomorfológico de las subcuencas Usumacinta y Grijalva en el sureste de México. *Acta Universitaria*, 33, 1-20. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3684>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - Guatemala (MARN). (2018).** *La economía del cambio climático en Guatemala*. Documento técnico 2018, LC/MEX/TS.2018/13, Ciudad de México. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43725-la-economia-cambio-climatico-guatemala-documento-tecnico-2018>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2012).** Estudio para determinar la viabilidad de mejorar el drenado en la cuenca baja de los ríos San Pedro y San Pablo, Usumacinta, Macuspana, Tulijá y Palizada. Modelo zona de los ríos y análisis del funcionamiento hidráulico de la zona de los Pantanos de Centla. En *Acciones complementarias del Plan Hídrico Integral de Tabasco (CONTRATO SGIH-GDIT-SGOPR-UNAM-II-2012-01)*. Informe Final Elaborado por Carrillo J. J., Domínguez R., Pedrozo A., Gutiérrez G. y Velázquez J. E. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/plan-hidrico-integral-de-tabasco-phit-acciones-complementarias-2012>
- CONAGUA. (2014).** *Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía en el consejo de cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta*. CONAGUA: Organismo de Cuenca Frontera Sur, Consejo de Cuenca de los Ríos Grijalva y Usumacinta. <https://tinyurl.com/2sup4n9r>
- Damayanti, A., Angin, F., Adib, A. y Irfan, M. (2020).** Geomorphological Characteristic of Landslide Hazard Zones in Sukarame Village, Cisolok Subdistric, Sukabumi Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 412(1), 012009. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/412/1/012009>
- De la Rosa-Velázquez, M. I., Espinoza-Tenorio, A., Díaz-Perera, M. Á., Ortega-Argueta, A., Ramos-Reyes, R. y Espejel, I. (2017).** Development stressors are stronger than protected area management: a case of the Pantanos de Centla biosphere reserve, Mexico. *Land Use Policy* 67, 340-351. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.009>
- Dehn, M., Gärtner, H. y Dikau, R. (2001).** Principles of semantic modeling of landform structures. *Computers & Geosciences*, 27(8), 1005-1010. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(00\)00138-2](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(00)00138-2)
- Dikau, R., Brabb, E. E. y Mark, R. M. (1991).** Landform Classification of New Mexico by Computer. U.S. Department of the Interior. *U.S. Geological Survey*. <https://doi.org/10.3133/ofr91634>
- Drăguț, L. y Blaschke, T. (2006).** Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 81(3-4), 330-344. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.04.013>
- Ercolano, B., Marderwald, G. N., Coronato, A., Tiberi, P. y Corbella, H. (2020).** Geofomas crionivales en la meseta Latorre, Patagonia austral extraandina, Argentina. *Cuaternario y Geomorfología*, 34(3-4), 33-46. <https://doi.org/10.17735/cyg.v34i3-4.79643>

- ESRI.** (2019). ArcGIS and ArcMap (ArcMap 10.5). Software Esri. Redlands (EEUU), Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands (EEUU). www.esri.com
- Gallant, A. L., Brown, D. D. y Hoffer, R. M.** (2005). Automated Mapping of Hammond's Landforms. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2(4), 384-388. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2005.848529>
- Gallardo-Cruz, J. A., Fernández-Montes de Oca, A. y Rives, C.** (2019). Detección de amenazas y oportunidades para la conservación en la cuenca baja del Usumacinta a partir de técnicas de percepción remota. *Ecosistemas*, 28(2), 82-99. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1611>
- García-García, A. y Kauffer, E. F.** (2011). Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: Un acercamiento a su delimitación y problemática general. *Frontera norte*, 23(45), 131-161. <https://tinyurl.com/53y4me2s>
- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBOT).** (2014). Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento Informativo. <https://tinyurl.com/2p834f77>
- Hammond, E. H.** (1964). Analysis of properties in land form geography: an application to broad-scale land form mapping. *Annals of the Association of American Geographers*, 54(1), 11-19. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1964.tb00470.x>
- Hernández-Santana, J., Pérez Damián, J., Rosete Vergés, F., Villalobos Delgado, M., Méndez Linares, A. y Navarro Salas, E.** (2017). Clasificación geomorfométrica del relieve mexicano: una aproximación morfológica por densidad de curvas de nivel y la energía del relieve. *Investigaciones Geográficas*, (94). <http://dx.doi.org/10.14350/ig.57019>
- Herrera-Silveira, J. A., Lara-Domínguez, A. L., Yáñez-Arancibia, A., Ojeda, S. M., Hernández, C. T. y Kemp, G. P.** (2019). Ecosystem Functioning and Sustainable Management in Coastal Systems with High Freshwater Input in the Southern Gulf of Mexico and Yucatan Peninsula. *Coasts and Estuaries*, 377-397. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00022-8>
- Hinojosa-Corona, A., Rodríguez-Moreno, V.M., Munguía-Orozco, L. y Meillón-Menchaca, O.** (2011). El deslizamiento de ladera de noviembre 2007 y generación de una presa natural en el río Grijalva, Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(1), 15-38. <https://tinyurl.com/9nncje2h>
- INEGI.** (2022). *Biblioteca digital de mapas* [Repositorio digital de mapas]. <https://tinyurl.com/msx8m68a>
- Irigaray-Fernández, C., Fernández del Castillo, T. y Chacón-Montero, J.** (1997). Aplicación de un sistema de información geográfica al análisis del medio físico en el sector de Rute (Córdoba). *Cuaternario y Geomorfología*, 11(1-2), 99-112.
- Iwahashi, J. y Pike, R. J.** (2007). Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. *Geomorphology*, 86(3-4), 409-440. <https://tinyurl.com/y284whca>
- Jasiewicz, J. y Stepinski, T. F.** (2013). Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 182, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>
- Kirkby, M.** (1995). Modelling the links between vegetation and landforms. *Geomorphology*, 13(1-4), 319-335. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00065-D](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00065-D)

- Libohova, Z.,** Winzeler, H. E., Lee, B., Schoeneberger, P. J., Datta, J. y Owens, P. R. (2016). Geomorphons: Landform and property predictions in a glacial moraine in Indiana landscapes. *CATENA*, 142, 66-76. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.002>
- Li, M.,** Yao, W., Li, Z., Liu, P. y Shen, Z. (2010). Effects of landforms on the erosion rate in a small watershed by the ¹³⁷Cs tracing method. *Journal of environmental radioactivity*, 101(5), 380-384. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.02.011>
- López-Pérez, A.,** Martínez-Menes, M. R. y Fernández-Reynoso, D. S. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 6(1), 121-137. <https://tinyurl.com/avzvn25>
- MacMillan, R. A.** y Shary, P. A. (2009). Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. En T. Hengl y H.I. Reuter (Eds.), *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications* (pp. 227-254). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00009-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00009-3)
- March-Mifsut, I. J.** y Castro, M. (2010). La Cuenca del Río Usumacinta: Perfil y perspectivas para su conservación y desarrollo sustentable. En H. Cotler-Ávalos (Coord.), *Las Cuencas Hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización* (pp. 193-197). SEMARNAT, INE, IAP.
- Martínez-Zavala, L.,** Jordán-López, A., Anaya-Romero, M., Gómez-Parrales, I. y Bellinfante-Crocci, N. (2005). Clasificación automática de elementos geomorfológicos en la cuenca del río Tepalcatepec (México) a partir de un modelo digital de elevaciones. *Cuaternario y Geomorfología*, 19(3-4), 49-61. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CUGEO/article/view/17005>
- Martins, F. M. G.,** Fernández, H. M., Isidoro, J. M. G. P., Jordán, A. y Zavala, L. (2016). Classification of landforms in Southern Portugal (Ria Formosa Basin). *Journal of Maps*, 12(3), 422-430. <https://doi.org/10.1080/17445647.2015.1035346>
- Maya-Zayas, E. E.,** Gama, L., Vázquez-Navarrete, C., Díaz-López, H., Figueroa-Maheng, J. M. y Rincón-Ramírez, J. (2017). Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos en la zona de influencia costera de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, ante la elevación de nivel medio del mar, asociada al cambio climático. En: A. V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J. L. Rojas-Galaviz (eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático* (192-230 pp.). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma de Campeche.
- Medrano-Pérez, O. R.,** Payano-Almánzar, R., y López-Jiménez, L. N. (2022). Caracterización geomorfológica e hidroclimatológica de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, México. *Acta Universitaria*, 31, 1-19. <https://doi.org/10.15174/au.2021.2846>
- Meyer-Corral, J.** (1971). Sistema para realizar rellenos hidráulicos en zonas de inundación casi permanente Región de los ríos Tabasco-Campeche. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 25(4), 435-440. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). <https://tinyurl.com/2p9u9hx6>
- Minár, J.,** Krcho, J., Evans, I. S. (2016). Geomorphometry: Quantitative Land-Surface Analysis. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 14, 22-34). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10260-X>

- Mokarram**, M. y Sathyamoorthy, D. (2018). A review of landform classification methods. *Spatial Information Research*, 26(6), 647-660.
<https://doi.org/10.1007/s41324-018-0209-8>
- Mora** P. L., Bonifaz, R. y López-Martínez, R. (2016). Unidades geomorfológicas de la cuenca del Río Grande de Comitán, Lagos de Montebello, Chiapas-México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 377-394.
<https://doi.org/10.18268/BSGM2016v68n3a1>
- Moreno-Brotóns**, J., Alonso Sarría, F. y Romero Díaz, A. (2010). Clasificación geomorfométrica a partir de datos LIDAR en un área minera degradada. En: J. Ojeda, M.F. Pita, & I. Vallejo. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos* (pp. 930-41). Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Muñoz-Salinas**, E., Cook, D., Castillo, M., Beach, T. y Luzzadder-Beach, S. (2023). Four millennia of geomorphic change and human settlement in the lower Usumacinta-Grijalva River Basin, Mexico. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 47(2), 227-248. <https://doi.org/10.1177/03091333231156506>
- NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems; U.S./Japan ASTER Science Team** (2009). ASTER Global Digital Elevation Model [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <http://doi.org/10.5067/ASTER/ASTGTM.002>
- Núñez-Gómez**, J. C., Ramos-Reyes, R., Barba-Macías, E., Espinoza-Tenorio, A. y Gama-Campillo, L. M. (2016). Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía*, 91, 70-85.
<https://doi.org/10.14350/rig.50172>
- Porter**, T. P., Owens, P. R., Lee, B. D. y Marshall, D. (2008), Soil and Landform Characteristics Related to Landslide Activity—A Review. *Soil Survey Horizons*, 49, 22-26. <https://doi.org/10.2136/sh2008.1.0022>
- QGIS** Development Team. (2019). *QGIS Geographic Information System (QGIS Desktop 3.6.3)*. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>.
- Ramos-Reyes**, R., Zavala-Cruz, J., Gama-Campillo, L. M., Pech-Pool, D. y Ortiz-Pérez, M. A. (2016). Indicadores geomorfológicos para evaluar la vulnerabilidad por inundación ante el ascenso del nivel del mar debido al cambio climático en la costa de Tabasco y Campeche, México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 581-598.
- Rubio-Gutiérrez**, H. y Triana-Ramírez, C. (2006). *Gestión integrada de crecientes caso de estudio México: río Grijalva*. Organización Meteorológica Mundial (OMM).
<https://tinyurl.com/3r5f279k>
- Stepinski**, T. F. y Jasiewicz, J. (2011). *Geomorphons - a new approach to classification of landforms*. <https://www.researchgate.net/publication/264850233>
- Takaoka**, S. y Sasa, K. (1996). Landform effects on fire behavior and post-fire regeneration in the mixed forests of northern Japan. *Ecological Research*, 11, 339-349. <https://doi.org/10.1007/BF02347791>
- Valdés-Manzanilla**, A. (2016). Historical floods in Tabasco and Chiapas during sixteenth–twentieth centuries. *Natural Hazards*, 80(3), 1563-1577.
<https://doi.org/10.1007/s11069-015-2039-5>

- Vannamettee**, E., Babel, L. V., Hendriks, M. R., Schuur, J., De Jong, S. M., Bierkens, M. F. P. y Karssenber, D. (2014). Semi-automated mapping of landforms using multiple point geostatistics. *Geomorphology*, 221, 298-319. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.05.032>
- Viers**, G. (1973). *Geomorfología*. (3rd ed.). Oikos-Tau.
- Wierzbicki**, G., Ostrowski, P. y Falkowski, T. (2020). Applying floodplain geomorphology to flood management (The Lower Vistula River upstream from Plock, Poland). *Open Geosciences*, 12(1), 1003-1016. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0102>
- Xiong**, L., Li, S., Strobl, J. y Tang, G. (2022). Geomorphometry and terrain analysis: data, methods, platforms and applications. *Earth-Science Reviews*, 233, Article 104191. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104191>

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2958>

Actitud emprendedora de la mujer rural frente a la desigualdad de género en post pandemia

Entrepreneurial attitude of rural women in the face of gender inequality in the post-pandemic

José Félix García Rodríguez ^a | Lourdes del Carmen Pineda Celaya ^b
Lenin Martínez Pérez ^c | Aída Armenta Ramírez ^d
Gabriel Jacob Velandia Pacheco ^e

Recibido: 8 de julio de 2023.

Aceptado: 13 de diciembre de 2023.

^a División Académica de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Villahermosa, México. Contacto: jfgr55@hotmail.com | ORCID: [0000-0002-7319-1472](https://orcid.org/0000-0002-7319-1472) *Autor para correspondencia.

^b Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG). Guadalajara, México. Contacto: pinedacelaya@hotmail.com | ORCID: [0000-0002-4479-8259](https://orcid.org/0000-0002-4479-8259)

^c División Académica de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Tabasco, México. Contacto: leninmartinez@outlook.com | ORCID: [0000-0001-7656-1865](https://orcid.org/0000-0001-7656-1865)

^d División Académica de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. Contacto: handel91@gmail.com | ORCID: [0000-0002-0248-4665](https://orcid.org/0000-0002-0248-4665)

^e Universidad de la Costa (CUC). Barranquilla, Colombia. Contacto: gvelandi1@cuc.edu.co | ORCID: [0000-0002-0185-2390](https://orcid.org/0000-0002-0185-2390)

Cómo citar:

García-Rodríguez, J., Pineda-Celaya, L., Martínez-Pérez, L., Armenta-Ramírez, A. y Velandia-Pacheco, G. (2024). Actitud emprendedora de la mujer rural frente a la desigualdad de género en post pandemia. *UVserva*, (17), 121-135. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2958>

Resumen: La desigualdad de género representa una dura realidad que enfrentan las mujeres rurales. Dicha condición se exacerbó durante la pandemia de Covid 19. La investigación tiene como propósito describir la actitud emprendedora de las mujeres rurales del sureste de México, frente a la desigualdad de género en etapa de post pandemia. Se realizó una investigación cuantitativa de tipo descriptivo y transversal y se diseñó un instrumento de investigación sustentado en la revisión de literatura. La población objetivo correspondió a 214 mujeres rurales habitantes de 13 comunidades del municipio de Centro del estado de Tabasco, caracterizadas por un alto grado de marginación, pobreza y rezago social. Se encontró que durante la post pandemia, las mujeres rurales soportaron mayores responsabilidades en el hogar, pérdida de empleo e ingresos. Ante ello, el fomento de la actividad emprendedora con enfoque de género en las comunidades representa una alternativa viable de empleo e ingreso familiar.

Palabras clave: Desigualdad de género; Emprendimiento; Mujer rural; Pandemia; Rezago social.

Abstract: *Gender inequality represents a harsh reality faced by rural women. This condition was exacerbated during the Covid 19 pandemic. The purpose of the research is to describe the entrepreneurial attitude of rural women in southeastern Mexico, facing gender inequality in the post-pandemic stage. A quantitative research of a descriptive and cross-sectional type was carried out and a research instrument based on a literature review was designed. The target population corresponded to 214 rural women who lived in 13 communities in the municipality of Centro in the state of Tabasco, characterized by a high degree of marginalization, poverty and social backwardness. It was found that during the post-pandemic, rural women endured greater responsibilities at home, loss of employment and income. Given this, the promotion of entrepreneurial activity with a gender approach in the communities represents a viable alternative for employment and family income.*

Keywords: *Gender Inequality; Entrepreneurship; Rural women; Pandemic; Social lag.*

Introducción

Como es conocido, debido a la pandemia de COVID-19 el mundo entero se enfrentó a una crisis sanitaria, económica y social sin precedentes, cuyos efectos adversos al bienestar humano aún persisten. Específicamente, en el aspecto socioeconómico se exacerbaron los problemas de desempleo, pobreza, desigualdad y rezago social. Sin embargo, los impactos en esta materia no fueron los mismos en todos los territorios y entre todos sus habitantes. Particularmente, la crisis económica post pandemia ha incidido de manera negativa en los grupos de población vulnerables que habitan en las regiones rurales. De manera específica, han sido las mujeres que habitan en las comunidades rurales quienes más se han visto afectadas en sus condiciones de bienestar económico y social (ONU, 2020).

En las etapas más álgidas de la pandemia, los riesgos para la salud se vieron agudizados por las brechas territoriales preexistentes en los países pobres, pues en las zonas rurales el acceso a los servicios de salud, medicamentos y vacunas fue limitado en comparación con las áreas urbanas. Si a ello se añaden las brechas tecnológicas y la desigualdad de género, es fácil imaginar lo difícil que fue y sigue siendo para las mujeres rurales la preservación de sus derechos a la salud, al trabajo y a una vida digna (ONU, 2020).

De esta manera, el distanciamiento social como medida sanitaria preventiva para frenar la pandemia, ocasionó que los hogares pasaran a ser el centro de actividades productivas y sanitarias además de las domésticas, lo que sobrecargó a las amas de casa con múltiples actividades adicionales a las tradicionales, actividades no siempre remuneradas (ONU Mujeres, 2020).

Por otra parte, la crisis sanitaria exacerbó los niveles de violencia de género dentro de los hogares, y muchas mujeres se vieron expuestas a ella, sobre todo en las regiones rurales, toda vez que la mayoría de los servicios de atención y protección para las mujeres que sufren violencia no están diseñados para dar respuesta en contextos rurales y mucho menos en situaciones de crisis sanitaria (OEA/CIM, 2020).

En materia económica, la situación anterior se agrava para las mujeres rurales, pues para ellas el uso del tiempo tiene una relación directa con la obtención de ingresos paliativos de su situación de pobreza familiar, pues es claro que los hogares rurales con menores ingresos enfrentan diversas privaciones y limitaciones de acceso a bienes y servicios básicos. Por ello, una mayor carga de trabajo doméstico y de cuidados no remunerados asignados a la mujer rural durante la pandemia incidieron en muchos casos en la pérdida de sus fuentes de empleo e ingreso obtenido a través de actividades de emprendimiento económico en sus comunidades. Así, debido a la pandemia la CEPAL (2021) advirtió oportunamente que seis millones de mujeres rurales podrían caer en situación de pobreza extrema, y que el 8.4 % de las mujeres de América Latina y el Caribe enfrentaban inseguridad alimentaria severa, en comparación con el 6.9 % de los hombres (FAO, 2019).

De esta manera, la crisis económica generada por la pandemia impactó negativamente en las condiciones laborales de las mujeres en América Latina y el Caribe, generando un retroceso de más de una década en los avances logrados en materia de participación laboral y autonomía económica con enfoque de género (CEPAL, 2021). Así, en tanto que en 2019 la tasa de participación laboral femenina era del 52 % y la masculina del 73.6 %, en 2020 estos indicadores sufrieron una drástica caída, siendo de 46 % la femenina y del 69 % la masculina.

Se estima, además, que la tasa de desocupación femenina fue del 12 % en 2020, lo que se explica por la contundente salida de mujeres de la fuerza laboral, para atender las obligaciones que demandaban el cuidado de sus hogares durante la pandemia, por lo que les resulta aún más complicado reintegrarse a la fuerza laboral, debido a la discriminación de género que impera, por lo que la forma más práctica de lograrlo es mediante el desarrollo del emprendedurismo.

En México, La pandemia de COVID-19 causó una disminución en la actividad económica, lo que incrementó la pérdida de empleo y disminución de ingresos de hombres y mujeres. Sin embargo, la recuperación ha sido desigual por varios factores, entre ellos la suspensión de actividades del sector servicios, en el cual, las mujeres

tienen mayor participación, lo que se incrementó en 2.7 millones de mujeres en la Población No Económicamente Activa (PNEA), de las cuales, 2.4 millones provenían de la Población Económicamente Activa (PEA), es decir, que quedaron desempleadas o perdieron la posibilidad de emplearse (INEGI, 2022).

Asimismo, las condiciones del encierro forzado de toda la población trajeron consigo, la disminución de ingresos económicos y otros factores que hicieron que la violencia intrafamiliar se incrementara en toda la república Mexicana. En Tabasco, el incremento fue del 10 % (INEGI, 2021), mismo nivel en el que aumentó la vulnerabilidad de las mujeres de caer en pobreza y pobreza extrema (INEGI, 2022). Situación que hace a las mujeres habitantes de las comunidades rurales, aún más vulnerables.

En la búsqueda del autoempleo, el número de mujeres que iniciaron un negocio en 2021 fue del 38 % sin embargo, disminuyó en 2022 al 35 %. Esta disminución es causada en mayor medida por la dificultad de las mujeres de mantener un equilibrio entre sus compromisos empresariales y familiares (Meza, 2023).

En este contexto, resulta importante investigar acerca de la actitud emprendedora de las mujeres rurales del sureste de México en la etapa post pandemia, debido a que es una actividad que les permite a las mujeres regresar al sector productivo sin dejar de lado sus responsabilidades de cuidado de la familia. Ello tomando como base la teoría post estructuralista feminista o social construccionista, siendo una de las tres secciones de la teoría feminista, propuesta por Harding (2004), la cual se enfoca hacia la diferencia de desarrollo empresarial entre hombre y mujeres, siendo que las mujeres se preocupan menos por la ganancia de la empresa y más por el tiempo necesario para el cuidado y crianza de sus hijos, los cuáles son la principal razón para emprender.

En base a los referentes teóricos anteriores, se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

La vulnerabilidad económica y social de las mujeres rurales en el período post pandemia establece barreras de acceso para su desarrollo emprendedor.

De la misma manera, el objetivo de la presente investigación es describir la actitud emprendedora de las mujeres rurales del sureste de México frente a la vulnerabilidad económica y social enfrentada en una situación de post pandemia, desde una mirada territorial y con un enfoque de género.

1. Revisión de la literatura

1.1 Emprendimiento

El constructo emprendimiento se vincula tradicionalmente con la actividad productiva innovadora, la iniciativa y el liderazgo en el campo de los negocios. Es en Francia, en el año 1723 cuando se acuña el concepto *Entrepreneur*. En términos generales, por emprendedores se entiende a aquellas personas con mentalidad innovadora, que asumen riesgos y que son líderes en el lanzamiento al mercado de nuevos productos y servicios. Particularmente, el emprendedor es líder en la introducción de nuevos y mejores productos o métodos de producción, en la apertura de nuevos mercados y la

reorganización del proceso administrativo. Por esta razón, se asume que el emprendimiento y la innovación son actividades que van de la mano, y que en conjunto son pieza fundamental de la competitividad y el crecimiento económico (Schumpeter, 1939).

Para Drucker (1985), un emprendedor es quien busca y encuentra oportunidades y sabe cómo aprovechar los recursos para crear valor a través de ellos. De igual manera, el emprendedor no es únicamente un creador de empresas; también puede serlo un activo humano dentro de una organización productiva, capaz de identificar y aprovechar oportunidades de mejora en beneficio de la organización. Un aspecto importante a considerar en la actividad emprendedora es que ésta no necesariamente debe iniciar con un plan predeterminado, sino que el emprendedor es capaz de utilizar los recursos disponibles para crear oportunidades. A ello se le conoce también como teoría de efectualidad, misma que es impulsada por Sarasvathy (2001).

La actividad emprendedora acompañada de procesos de innovación tiene una importancia fundamental en la economía de los países, pues contribuye al crecimiento económico y bienestar de sus habitantes. Por esta razón, los emprendedores son considerados agentes de cambio y de innovación que crean empleos y generan riqueza y bienestar. Por ello, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2021) asume que el emprendimiento es una fuente importante de creación de empleo y de innovación tecnológica, y puede contribuir significativamente al crecimiento económico.

Dada la importancia de la actividad emprendedora, es lógico que el emprendedor sea sujeto de estudio desde diferentes disciplinas del conocimiento, a fin de identificar cuáles son los atributos y actitudes personales que caracterizan al emprendedor y así fomentarlas entre la sociedad. En otros casos, se estudian los factores que promueven la actividad emprendedora en un individuo (De la Garza *et al.*, 2017).

En todo caso, lo que se busca es impulsar la formación de emprendedores, entendidos como aquellas personas que tienen una mentalidad innovadora, asumen riesgos y trabajan para crear nuevos productos, servicios o empresas. De esta manera, los emprendedores se constituyen en agentes de cambio y de innovación que generan empleos y contribuyen al crecimiento económico y desarrollo regional y local de los países.

1.2 Desigualdad de género

En su análisis sobre la relación existente entre la desigualdad de género y el crecimiento económico en países, Andrijevic *et al.*, (2020) la definen como la discriminación sistemática contra las mujeres en la vida económica, política y social, que se manifiesta en la distribución desigual de recursos, poder y oportunidades. Por su parte, Kabeer (2005) plantea que la desigualdad de género es el resultado de relaciones sociales y económicas desiguales entre hombres y mujeres, que se manifiestan en una distribución desigual de recursos, poder y oportunidades en la familia, el mercado y el Estado.

En este contexto, Sen (2001) sostiene que la desigualdad de género es una forma de privación que afecta a las mujeres en términos de capacidades y libertades reales; es decir, que limita su capacidad para realizar proyectos de vida y su bienestar en general.

Por otro lado, Kabeer (2005) realiza un análisis crítico del tercer Objetivo de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas: la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres, destacando la importancia de no solo medir la igualdad de género en términos de la igualdad formal, sino también en la igualdad de oportunidades y resultados. Asimismo, resalta que la igualdad de género no solo beneficia a las mujeres, sino que también es necesaria para el desarrollo sostenible y la justicia social.

Por su parte, Amin (2015) plantea que la desigualdad de género es una forma de violencia estructural que se manifiesta en la falta de acceso de las mujeres a recursos y oportunidades, lo que limita su capacidad para realizar sus proyectos de vida y autonomía. Asimismo, dicha condición constituye también un factor estructural de riesgo de VIH y violencia de género. Por ello, destacan la importancia de abordar la desigualdad de género como un determinante social de la salud y la necesidad de políticas y programas que aborden las causas subyacentes al problema y promuevan la equidad de género.

En este orden de ideas, Ramírez *et al.*, (2020) señalan que las mujeres enfrentan discriminación en el empleo, lo que se refleja en una menor participación en la fuerza laboral, menores salarios y una mayor concentración en trabajos precarios y mal remunerados. En este contexto, Velázquez y Díaz (2020) analizan la relación entre la desigualdad de género y la violencia contra las mujeres en México. Ellos concluyen que la violencia de género es una forma de discriminación y que las mujeres enfrentan barreras estructurales para acceder a recursos y oportunidades, lo que las hace más vulnerables a la violencia.

En este contexto, en el estudio realizado sobre la desigualdad de género en el acceso a la educación superior en México, González *et al.* (2020) definen la desigualdad de género como la situación en la que las mujeres tienen menos oportunidades que los hombres para acceder a recursos y oportunidades, lo que limita su desarrollo integral y participación en la vida pública. Por otra parte, Montañez-Hernández *et al.* (2020) investigan la relación entre la desigualdad de género y el acceso a la atención médica en México. Los autores encuentran que las mujeres tienen menor acceso a la atención médica que los hombres y enfrentan diversas barreras económicas, culturales y geográficas para acceder a servicios de salud de calidad. Por otro lado, en su análisis sobre desigualdad de género en la política, Benavente y Valdés (2014) encuentran que las mujeres están sub representadas en los cargos políticos de alto nivel y enfrentan barreras para acceder a estos espacios de poder.

Por su parte, Montañez-Hernández *et al.* (2020) investigaron sobre la brecha de género en el acceso al agua potable en áreas rurales de México, encontrando que las mujeres rurales tienen menos acceso al agua potable que los hombres debido a diversos factores como son la falta de infraestructura y servicios básicos en las comunidades rurales y la discriminación de género. Los autores concluyen que se requiere de políticas públicas que promuevan la igualdad de género en el acceso al agua potable en áreas rurales, y que se consideren las necesidades y demandas específicas de las mujeres en estas comunidades para garantizar su derecho al acceso al agua potable en igualdad de condiciones que los hombres.

Por su parte, González *et al.* (2020) analizan la desigualdad de género en el acceso a la educación superior en México. Los resultados muestran que, aunque ha habido un

aumento en la participación de las mujeres en la educación superior, todavía existe una brecha de género en la matriculación y la elección de carreras. Por ello, los autores identifican la necesidad de políticas y programas que promuevan la igualdad de género en la educación superior.

Por último, Andrijevic *et al.* (2020) analizan el costo de la desigualdad de género. Los autores destacan que la desigualdad de género tiene costos económicos y sociales significativos, incluyendo la pérdida de productividad y la exclusión social. Asimismo, resaltan la necesidad de políticas y programas que aborden las desigualdades de género y promuevan la igualdad de género como una prioridad para el desarrollo sostenible.

En síntesis, todo lo anterior demuestra la importancia de abordar la desigualdad de género como un problema estructural que tiene implicaciones en diferentes ámbitos de la vida social, económica y política de México y de la región latinoamericana en general. Se destaca la necesidad de políticas y programas que promuevan la igualdad de género como una meta fundamental para el desarrollo sostenible y la justicia social.

1.3 Mujeres rurales

Las mujeres rurales son aquellas que habitan en áreas rurales y realizan actividades económicas relacionadas con la agricultura, la ganadería y otros sectores productivos en dichas zonas (FAO, 2019). Asimismo, se considera que las mujeres rurales representan una proporción significativa de la población rural en todo el mundo y desempeñan un papel crucial en la producción de alimentos y la seguridad alimentaria (World Economic Forum, 2023). Por su parte, Castiblanco y Pineda (2022) y Ghost *et al.* (2021) afirman que las mujeres rurales enfrentan diversos desafíos como son la pobreza, discriminación de género y la falta de acceso a recursos productivos y oportunidades económicas.

Por su parte, Robinson *et al.* (2019) afirman que en México las mujeres rurales se dedican a actividades productivas como son la agricultura, ganadería, pesca, silvicultura, artesanía y otros sectores productivos, y que enfrentan diversas barreras de acceso a recursos y oportunidades económicas, así como a bienes básicos como son educación, salud y derecho al empleo. Normalmente, tienen niveles educativos más bajos que los hombres, lo que limita su capacidad para participar plenamente en la economía. Por lo tanto, si bien las mujeres rurales desempeñan un papel importante en la producción de alimentos en el país, su limitado acceso a recursos y oportunidades económicas limita sobremanera su potencial productivo (Rodríguez y Meza, 2021).

En México existen diversas experiencias sobre la forma de enfrentar estas barreras de acceso que padecen las mujeres rurales. Por ejemplo, el Programa Nacional de Financiamiento del Microempresario (PRONAFIM) viene proporcionando financiamiento a mujeres emprendedoras en áreas rurales a efectos de que inicien o expandan un negocio (Villanueva y Tapia, 2019). De la misma manera, existen programas de educación y capacitación para desarrollar sus habilidades empresariales y aumentar así sus oportunidades económicas (Semkunde *et al.*, 2022).

2. Métodos

La presente investigación se desarrolló aplicando un enfoque cuantitativo, y es de tipo descriptivo y transversal. Para la comprobación de la hipótesis y el cumplimiento del objetivo de investigación se diseñó un instrumento de recolección de información de campo sustentado en la revisión de literatura actualizada sobre emprendimiento, desigualdad de género y características personales de la mujer rural. La población objetivo corresponde a mujeres que habitaban en comunidades rurales del municipio de Centro del estado de Tabasco, enclavado en el sureste mexicano, y que se caracterizan por un alto grado de marginación, pobreza y rezago social, según informe emitido por el INEGI en el año 2021. Bajo estos criterios fueron seleccionadas 13 comunidades rurales, a las cuáles se les aplicó la técnica de estratos, para determinar el número de encuestas a aplicar en cada una de ellas.

El tamaño de muestra a encuestar se estimó mediante muestreo aleatorio estratificado, considerándose un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %, obteniéndose una muestra de 214 mujeres rurales. La encuesta se aplicó directamente en las comunidades rurales y la información captada fue analizada mediante el software SPSS versión 26.0.

3. Resultados

Del análisis estadístico de la información captada en las comunidades rurales a través de la aplicación del instrumento de investigación, con el propósito de describir las condiciones socioeconómicas post pandemia de las mujeres rurales e identificar su actitud emprendedora, necesidades y demandas en ese sentido, se obtuvieron los siguientes resultados.

En lo que respecta a la actividad económica desarrollada, el 43 % de ellas contaba con un empleo, ya sea dentro o fuera de su comunidad, en tanto que el 26 % se dedicaba exclusivamente a las labores del hogar, y un 12 % se encontraba estudiando. Asimismo, un 11 % combinaba el estudio con el trabajo. Finalmente, un 5 % de ellas se encontraba desempleada y un 3 % estaba en búsqueda de trabajo. De las mujeres rurales que declararon contar con un empleo, el 36 % trabajaba por cuenta propia demostrando así una actitud emprendedora, en tanto que un 19 % tenía un trabajo fijo con contrato, el 14 % desempeñaba un empleo temporal realizando diversas actividades en casas o negocios, y tan solo el 5 % dijo tener una empresa o un negocio familiar, en algunos casos con personal contratado, lo que demuestra también una actitud emprendedora efectiva.

Cabe mencionar que entre las mujeres rurales está presente una percepción pesimista en relación con la situación económica prevaleciente en su comunidad después de la pandemia. Así, un 42 % pensaba que ésta era regular, en tanto que el 37 % la consideraba entre mala y muy mala. En tanto, únicamente el 19 % se inclinaba por una situación económica buena. Ante esta realidad, cobran importancia los esfuerzos que se lleven a cabo para detonar el emprendimiento rural femenino en las

comunidades estudiadas. De hecho, el 75 % de las mujeres consideró importante para su bienestar el poder contar con un negocio familiar, para el 23 % lo era en un grado regular y únicamente el 2 % no lo consideró como un aspecto importante.

Otro indicador destacado para el impulso del desarrollo emprendedor femenino en las áreas rurales es que el 74 % de las mujeres entrevistadas manifestaron haberse sentido motivadas en algún momento por contar con un negocio o empresa familiar propia, en tanto que el 26 % restante no lo consideró un aspecto relevante. Complementario a lo anterior, se encontró que el 96 % de las mujeres lo consideraron un aspecto relevante, y solo un 4 % manifestó una opinión negativa al respecto. Por otra parte, la apreciación del papel de los emprendedores en beneficio de la comunidad es positiva, ya que el 57 % de las entrevistadas se manifestó en ese sentido y el 8 % de ellas los consideró como personas audaces al emprender un negocio. Por su parte, al 27 % les resultaba indiferentes, y únicamente el 1 % tenía una opinión negativa respecto a la importancia de la actividad emprendedora en la comunidad.

Entre los factores destacados por las mujeres rurales sobre la importancia de la presencia de emprendedores en la comunidad se encuentra la posibilidad de generar empleos derivados de dicha actividad. De esta manera, el 43 % estuvo totalmente de acuerdo en que los emprendedores generan empleos en la comunidad. Por su parte, el 50 % estaba parcialmente de acuerdo y únicamente el 7 % consideró lo contrario. Aparejado a la anterior, se destaca el alto nivel de percepción de la población respecto al papel del emprendimiento en el impulso al crecimiento económico de la comunidad. En este sentido, el 36 % de la población entrevistada manifestó estar totalmente de acuerdo con ello, mientras que el 56 % estaba parcialmente de acuerdo y únicamente el 8 % en desacuerdo.

Todo lo anterior refuerza el propósito de impulsar el desarrollo del emprendimiento femenino en las áreas rurales, sin embargo, la realidad es otra de acuerdo con la opinión de las entrevistadas, quienes casi en su totalidad consideraban que los programas de apoyo al emprendimiento existentes están concentrados en las zonas urbanas. De la misma manera, el 38 % estaba de acuerdo en que en las comunidades rurales no había o era muy limitado el apoyo al emprendimiento de un negocio por parte de la mujer. Asimismo, el 34 % respondió estar parcialmente de acuerdo con ello. Derivado de lo anterior, existe una alta percepción de que todo emprendimiento rural resulta más difícil en comparación con lo que sucede en la ciudad. De esta manera, el 48 % expuso una opinión consecuente con ello, en tanto que el 37 % se manifestó en desacuerdo.

Un aspecto importante a tomar en cuenta en el análisis de la actitud emprendedora de la mujer rural es su intención de emprender algún negocio si contara con recursos para ello. Al respecto, el 66 % de las entrevistadas manifestó que iniciarían su propio negocio, en tanto que el 10 % adquiriría un negocio ya en marcha, un 3 % desarrollaría un proyecto social en beneficio de la comunidad, y un 1 % se uniría a una cooperativa. Por otro lado, el 10 % los ahorraría y un 8 % los usaría compraría una casa.

Respecto a los motivos que tenían las mujeres rurales para llevar a cabo el emprendimiento de un negocio se destaca con el 32% el poder contar con su propio negocio o empresa, el lograr la independencia económica con un 29 %, un 17 % buscaba llevar a cabo lo que les gusta, un 6 % lo haría para buscar su autorrealización, en tanto que al 5 % les gustaría impulsar la economía de su comunidad y el 4 % restante emprenderían para permanecer en su comunidad. Asimismo, el 4 % lo haría para no

tener un jefe y finalmente el 3 % buscaba emprender para enfrentar la falta de empleo en su localidad.

Por otro lado, así como existen factores que llevarían a las mujeres rurales a emprender un negocio, también hay factores que las desmotivan a realizarlo. De esta manera, el 38 % le teme al fracaso de su emprendimiento y el riesgo económico que esto significa, en tanto que el 26 % le inquieta la incertidumbre de los ingresos y un 3 % considera que llevar a cabo un emprendimiento representa muchas responsabilidades. Debe destacarse el hecho de que el 33 % opinó que no consideraría emprender un negocio debido al riesgo que significa la delincuencia y la inseguridad en la región.

Consecuente con lo anterior, existen otros motivos que impiden el desarrollo emprendedor de las mujeres de las comunidades rurales. Entre ellos destaca el hecho de que el 38 % considera no contar con el dinero suficiente para emprender un negocio, el 15 % consideró que la situación económica no era la más adecuada, pero además está el hecho importante de que el 13 % considera que no existe apoyo del gobierno para el emprendimiento en las comunidades. Asimismo, el 10 % no tiene idea de qué negocio emprender y un porcentaje similar considera no contar con los conocimientos necesarios para ello, mientras que el 9 % tenía miedo al fracaso y la opinión negativa de la gente. Finalmente, el 5 % tenía miedo a la incertidumbre, a la falta de apoyo familiar y a las consecuencias legales que implica el emprendimiento de un negocio.

El desarrollo de la actitud emprendedora supone una serie de características que lo determinan. Por ejemplo, para el 17 % de las mujeres de las comunidades rurales consideradas, el emprendimiento de un negocio requeriría contar con el apoyo y acompañamiento familiar; un 15 % consideró muy importante el apoyo de la comunidad, y el 17 % que la situación económica del mercado fuera adecuada. Por otro lado, el 14 % consideró fundamental contar con el apoyo que el municipio pudiera aportar al emprendimiento, y el 15 % manifestó que requeriría contar con la capacitación adecuada. Finalmente, un 20 % consideró fundamental no solo contar con los recursos económicos suficientes, sino que también habría que contar con servicios de internet y telefonía.

Un aspecto relevante para el éxito de todo emprendimiento es que quienes lo lleven a cabo cuenten con la suficiente capacitación para ello. Si esto es complicado para la población que habita en zonas urbanas, para las mujeres rurales constituye todo un reto, dado el entorno socioeconómico en que se desenvuelven, la marginación geográfica y la desigualdad de género prevaleciente. Dado que casi un 30 % de las mujeres rurales entrevistadas consideró necesario contar con la capacidad adecuada y con el apoyo municipal para poder iniciar un emprendimiento, se indagó más a detalles sobre aspectos de capacitación presentes en dicha materia.

De esta manera, a pregunta expresa si conocían lo que era el emprendimiento y si acaso habían recibido algún curso de capacitación al respecto, el 84 % manifestó nunca haber participado en algún taller o curso que despertara en ellas la idea de emprender algún negocio, en tanto que el restante 16 % si había tenido algún acercamiento en ese sentido. Consecuente con lo anterior, cuestionadas sobre su apreciación acerca de la importancia de contar con alguna capacitación especializada en materia de

emprendimiento, casi el 80 % de ellas coincidió en que dicha acción les ayudaría a aterrizar sus ideas de iniciar algún tipo de negocio en su comunidad.

Cabe destacar que las mujeres rurales demandan no solo capacitación técnica adecuada, sino también el debido acompañamiento técnico en la fase de ejecución de su negocio. De esta manera, el 74 % de ellas consideró fundamental dicha acción, pues les sería de gran utilidad para realizar exitosamente los trámites administrativos para el registro, las gestiones de apoyo gubernamental a realizar y la administración y manejo de su negocio.

Puesto que contar con capacitación adecuada en emprendimiento de negocios constituyó una de las principales demandas de las mujeres rurales, se indagó con ellas respecto a las características que debería tener dicha capacitación, resultando que entre los elementos que más valoraban estaba que ésta fuera flexible y adaptable a sus tiempos disponibles, una vez cumplidas sus actividades en el hogar, y que se ajustara a las necesidades rurales prevalecientes. Al respecto, el 100 % de ellas lo consideraron muy relevante. De igual manera, demandaban que la capacitación fuera totalmente práctica y de manera presencial en su comunidad. Además de ello, valoraron sobremanera el contar con asesoría y seguimiento una vez puesto en marcha el negocio.

4. Discusión

La OCDE (2021), describe que el emprendimiento es una fuente importante de creación de empleo y de innovación tecnológica, por lo que contribuye significativamente al crecimiento económico y al desarrollo local. En esta investigación se encontró que efectivamente el emprendimiento constituye una importante fuente de creación de empleo en comunidades rurales, con énfasis en el autoempleo femenino, lo cual contribuye significativamente al crecimiento económico local con enfoque de género. No obstante, el desarrollo de estas empresas o negocios no necesariamente involucran innovación tecnológica.

Por otro lado, los hallazgos de la investigación son congruentes con Sen (2001), quien sustenta que la desigualdad de género afecta al pleno desarrollo de las mujeres, puesto que disminuye sus capacidades y libertad para desarrollarse ya sea empresarial o profesionalmente, hecho plenamente demostrado en la presente investigación, donde se encontró que durante la etapa de post pandemia, las mujeres emprendedoras de las comunidades rurales vieron incrementadas sus obligaciones domésticas, en su mayoría impuestas por los roles tradicionales de la sociedad, todo ello en detrimento de su desarrollo personal y plena realización.

Por su parte, la FAO (2019) describe a las mujeres rurales como aquellas que habitan en comunidades rurales y realizan actividades económicas relacionadas con la agricultura, la ganadería y otros sectores productivos. En la investigación realizada se pudo constatar que las mujeres de las comunidades rurales estudiadas, además de desarrollar actividades relacionadas con el sector primario, también incursionaban en actividades de emprendimiento económico a baja escala, lo que les significaba ingresos adicionales para el sustento del hogar. Sin embargo, como resultado de los efectos de la pandemia de Covid 19, sus obligaciones en el hogar se vieron incrementadas en

detrimento de la actividad emprendedora femenina, revelando así la profunda desigualdad de género prevaleciente.

5. Conclusión

La pandemia de Covid 19 puso de manifiesto la profunda desigualdad de género prevaleciente en el mundo. En el aspecto socioeconómico y sanitario, la pandemia exacerbó los problemas de desempleo, pobreza y rezago social que enfrentan las mujeres que habitan en las comunidades rurales del sureste de México. De manera específica, la desigualdad de género impuso barreras de acceso a bienes básicos como educación y salud, crédito productivo, empleo e ingreso suficiente para satisfacer sus necesidades más elementales. Destaca también su limitado acceso a las oportunidades de desarrollo emprendedor en sus localidades como alternativa económica para hacer frente al desempleo y pobreza.

El presente trabajo de investigación, enfocado en describir la situación socio económica post pandemia de las mujeres rurales, así como las características y oportunidades existentes para hacer posible su desarrollo emprendedor en el ámbito de su comunidad, pone de relieve diversos aspectos a tomarse en cuenta en el diseño de políticas y programas públicos enfocados al emprendimiento rural con enfoque de género.

Si bien es notorio el interés de la mujer rural por el emprendimiento como alternativa económica, se hace patente la limitación de recursos económicos de que disponen, así como la falta de acceso al crédito necesario para hacerlo realidad. Otros aspectos relevantes para detonar el emprendimiento femenino rural son el contar con el apoyo familiar para ello, la existencia de una situación económica favorable al mercado local de manera que puedan vender sus productos y/o servicios, así como también contar con el apoyo municipal al emprendimiento.

La intención de emprendimiento rural femenino se ve influenciada negativamente por el entorno económico desfavorable prevaleciente en la comunidad después de la pandemia. El hecho de que un 38 % de las encuestadas se haya manifestado en este sentido pone de manifiesto la necesidad de establecer programas de reactivación económica local que hagan énfasis en la promoción de programas de emprendimiento rural orientado a las mujeres amas de casa en las comunidades rurales. Con ello se lograría capitalizar el optimismo prevaleciente sobre el futuro de la situación económica de la comunidad en el corto plazo, tal como lo expresó el 52 % de las mujeres entrevistadas.

Por otro lado, el fomento del emprendimiento rural femenino permitiría hacer frente a la migración continua del campo a la ciudad causada por la falta de oportunidades laborales, la desigualdad de género prevaleciente y la falta de acceso a bienes y servicios básicos como son educación, salud y transporte.

La desigualdad de género se manifiesta también en diversas barreras de acceso a oportunidades de desarrollo en el ámbito local. Prueba de ello es que el 53 % de las entrevistadas están convencidas que existen mayores oportunidades de

emprendimiento en las ciudades y áreas urbana. Por otra parte, el 34 % manifiesta que en las comunidades no existe apoyo al emprendimiento. De lo anterior se desprende su apreciación en un 69 % de que emprender un negocio en la comunidad es mucho más difícil que en la ciudad.

Un aspecto ampliamente valorado es la necesidad de capacitación y formación en materia de emprendimiento, y que ésta sea lo suficientemente flexible para adaptarse a sus tiempos disponibles. De la misma manera, que ésta sea presencial y que implique asesoría técnica práctica y garantice un acompañamiento durante la puesta en marcha y ejecución del proyecto.

Finalmente, es de resaltar la alta valoración de la actividad emprendedora en la comunidad por parte de las mujeres rurales, toda vez que la consideran como una alternativa viable a los problemas de desempleo, falta de ingreso y pobreza local. De ahí la importancia del impulso al emprendimiento local con enfoque de género por parte de las tres instancias de gobierno, con la participación de la universidad, empresa y sociedad en general.

Referencias

- Amin, A.** (2015). Addressing gender inequalities to improve the sexual and reproductive health and wellbeing of women living with HIV. *Journal of International AIDS Society*, 18(5), 20302. <https://doi.org/10.7448/IAS.18.6.20302>
- Andrijevic, M., Crespo, J., Lissner, T., Thomas, A. y Carl-Friendrich, S.** (2020). Overcoming gender inequality for climate resilient development. *Nat Commun*, 11, 6261. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19856-w>
- Benavente, M. y Valdés, A.** (2014). *Políticas públicas para la igualdad de género. Un aporte a la autonomía de las mujeres*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Cooperación Española. <https://tinyurl.com/yfy89c6d>
- Castiblanco, S. y Pineda, J.** (2021). Empoderamiento femenino y asociaciones productivas comunitarias: Una revisión sistemática de literatura. *Acta Colombiana de Psicología*, 25(1), 9-27. <https://www.doi.org/10.14718/ACP.2022.25.1.2>
- CEPAL.** (2021). *La autonomía económica de las mujeres en la recuperación sostenible y con igualdad*. CEPAL. <https://tinyurl.com/yckybj3r>
- De la Garza, M., Zavala, M. y Lopez-Lemus, J.** (2017). Competencias del emprendedor y su impacto en el desempeño organizacional. *Universidad y empresa*, 19(33), 53-74. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.4811>
- Drucker P.** (1985). *Innovation and entrepreneurship: Practice and principles*. HarperCollins Publishers Inc. <https://tinyurl.com/4nwthsb3>
- FAO.** (2019). *Capacitación, orientación y legislación en apoyo de las mujeres rurales*. <https://www.fao.org/gender/insights/insights-detail/1189983/es>
- Ghost, S., Sen, L., Mali, S., Islam, M. y Bakchi, J.** (2021). The role of rural women in household food security and nutrition management in Bangladesh, *Asian Journal of Women's Studies*, 27(3), 441-459. <https://doi.org/10.1080/12259276.2021.1970351>

- González, R., Cisneros, E. y López G.** (2020). Pobreza, Migración Académica y Estereotipos de Género en la Educación Superior, la Ciencia y la Tecnología. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 14(2). <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-73782020000200079>
- Harding, S.** (2004). A Socially Relevant Philosophy of Science? Resources from Standpoint Theory's Controversiality. *Hypatia: A Journal of Feminist Philosophy*, 19(1), 25-47. <https://philpapers.org/rec/HARASR-2>
- INEGI.** (2021). Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH 2021). Principales resultados Tabasco. INEGI. <https://tinyurl.com/4jzucf7j>
- INEGI.** (2022). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, Nueva Edición. INEGI. <https://tinyurl.com/4f9c32hu>
- Kabeer, N.** (2005). Gender equality and women's empowerment: A critical analysis of the third millennium development goal 1. *Gender & Development*, 13(1), 13-24. <https://doi.org/10.1080/13552070512331332273>
- Meza, E.** (2023). *Disminuye el número de Emprendedoras en México*. El Economista. <https://tinyurl.com/mrxhdfu6>
- Montañez-Hernández, J., Alcalde-Rabanal, J., Nigenda-López, G., Aristizábal-Hoyos, G. y Dini, L.** (2020). Gender inequality in the health workforce in the midst of achieving universal health coverage in Mexico. *Human Resources for Health*, 18(40). <https://doi.org/10.1186/s12960-020-00481-z>
- OCDE.** (2021). *Perspectivas de la OCDE sobre ciencia, tecnología e innovación. Oportunidades en tiempos de crisis*. OCDE Publishing. <https://tinyurl.com/yc4k2uu2>
- OEA/CIM** (Comisión Interamericana de Mujeres). (2020). *COVID-19 en la vida de las mujeres. Razones para reconocer los impactos diferenciados*. <https://www.oas.org/es/cim/docs/ArgumentarioCOVID19-ES.pdf>
- ONU Mujeres.** (2020). *Mujeres rurales, indígenas y afrodescendientes: Agentes claves para estrategias efectivas de recuperación post-pandemia*. <https://tinyurl.com/56w3mep3>
- ONU.** (2020). *COVID-19: Apoyar a las mujeres rurales ahora, es apoyar su futura capacidad de recuperación*. <https://news.un.org/es/story/2020/10/1482462>
- Ramírez, B., Nava, I., Granados, A. y Badillo, G.** (2019). La desigual participación de las mujeres mexicanas en el acceso y en los beneficios de la seguridad social. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*, 1(30), 95-122. <https://doi.org/10.22201/ijj.24487899e.2020.30.14073>
- Robinson, D., Díaz, I. y Cruz, S.** (2019). Empoderamiento de la mujer rural e indígena en México a través de grupos productivos y microempresas sociales. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 91-108. <https://retos.ups.edu.ec/index.php/retos/article/view/17.2019.06>
- Rodríguez, R. y Meza, L.** (2021). Employment and earnings by gender in Mexico: Its relationship with task-biased technological change. *Estudios Económicos De El Colegio de México*, 36(2), 331-362. <https://doi.org/10.24201/ee.v36i2.422>
- Sarasvathy, S.** (2001). Causation and effectuation: Toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepre-neurial contingency. *The Academy of Management Review*, 26(2), 243-263. <https://doi.org/10.2307/259121>

- Schumpeter, J.** (1939). *Ciclos económicos: análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista*. McGraw-Hill.
- Semkunde, M., Elly, T., Goodluck, C., Gaddefors, J. y Chiwona, L.** (2022). Rural entrepreneurship and the context: navigating contextual barriers through women's groups. *International Journal of Gender and Entrepreneurship*, 14(2), 213-234. <https://tinyurl.com/yc3ub4>
- Sen, A.** (2001). *Desarrollo y libertad*. Editorial Planeta. <https://tinyurl.com/mbxszt7w>
- Velázquez, Y. y Díaz, M.** (2020). Violencia y desigualdad laboral en México: revisión teórica desde una perspectiva de género. *Andamios*, 17(42), 423-440. <https://doi.org/10.29092/uacm.v17i42.750>
- Villanueva, H. y Tapia, I.** (2019). Rural Women Who Undertake and Empower Themselves: Comparative Analysis in Communities in Mexico. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal*, 2(4), 20-30. <https://doi.org/10.33258/birci.v2i4.567>
- World Economic Forum.** (2023). *Global Gender Gap Report*. <https://tinyurl.com/2vw4encj>

Factores asociados al riesgo preconcepcional en estudiantes de medicina

Factors associated with preconceptional risk in medical students

Humberto Hernández Ojeda ^a | Beatriz González Jiménez ^b
María del Carmen Utrera del Valle ^c | Osmar Alejandro Chiquito ^d
Rosa María Torres Hernández ^e

Recibido: 3 de agosto de 2023.

Aceptado: 12 de octubre de 2023.

^a Facultad de Medicina, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: hhojeda9@hotmail.com

^b Facultad de Medicina, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: bgonzalez@uv.mx | ORCID: [0000-0002-4148-3454](https://orcid.org/0000-0002-4148-3454)

^c Facultad de Medicina, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: carmenudv10@gmail.com

^d Facultad de Medicina, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: leandropetrov@gmail.com

^e Facultad de Medicina, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: rotorres@uv.mx | ORCID: [0000-0002-4417-8914](https://orcid.org/0000-0002-4417-8914) *Autora para correspondencia.

Cómo citar:

Hernández-Ojeda, H., González-Jiménez, B., Utrera-Del Valle, M., Alejandro-Chiquito, O. y Torres, M. (2024). Factores asociados al riesgo preconcepcional en estudiantes de medicina. *UVserva*, (17), 136-146. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2906>

Resumen: Introducción: El riesgo preconcepcional es la probabilidad de que una mujer no embarazada sufra daños durante el proceso reproductivo. La tasa de mortalidad materna y perinatal refleja la morbilidad implícita, el entorno y calidad de vida de la mujer. Objetivo: Identificar factores de riesgo preconcepcional en una muestra de estudiantes de medicina. Metodología: Se realizó un estudio observacional, prospectivo, transversal, en 185 estudiantes de Medicina de la Universidad Veracruzana. Se aplicó el cuestionario de la primera sección del semáforo de riesgo Sistema para Detección y Evaluación de Riesgo Perinatal (PREVIGEN-1), esta herramienta fue elaborada por el Centro de Investigaciones Materno Infantil Gen. (CIMIGen). El cual consiste en 40 preguntas enviadas por *Google Forms*. Las respuestas se evaluaron de acuerdo a colores: Nivel I Verde: riesgo bajo; Nivel II Amarillo: riesgo medio; y Nivel III Rojo: riesgo alto. Resultados: La edad de 21.4±3.1 años. El estado civil de 179 corresponde a soltería (97 %), 3 son casadas (2 %) y 3 están en unión libre (2 %). 6 poseen antecedentes de embarazo (3 %). La asociación del estado civil y el embarazo fue $r = 0.65$, encontramos una relación alta como riesgo asociado. De acuerdo al semáforo de riesgo PREVIGEN-1, 147 participantes (79.45%) se encuentran en un riesgo medio por 32 (17.29 %), y en riesgo alto 6 (3.24 %). Conclusión: El PREVIGEN-1 es una herramienta mide el riesgo preconcepcional, permite determinar y evaluar el estado de salud de la mujer para considerar un embarazo satisfactorio.

Palabras clave: Riesgo preconcepcional; factores de riesgo; estudiantes de medicina.

Abstract: *Introduction: Preconception risk is the probability that a non-pregnant woman will suffer harm during the reproductive process. The maternal and perinatal mortality rate reflects the implicit morbidity, the environment and quality of life of the woman. Objective: Identify preconception risk factors in a sample of medical students. Methodology: An observational, prospective, cross-sectional study was carried out on 185 medical students from the Universidad Veracruzana. The questionnaire of the first section of the risk traffic light System for Detection and Evaluation of Perinatal Risk (PREVIGEN-1) was applied; the Maternal and Child Research Center Gen. (CIMIGen) developed this tool. Which consists of 40 questions sent by Google Forms. The responses were evaluated according to colors: Level I Green: low risk; Level II Yellow: medium risk; and Level III Red: high risk. Results: The age of 21.4±3.1 years. The marital status of 179 corresponds to single (97%), 3 are married (2%) and 3 are in a common law union (2%). 6 have a history of pregnancy (3%). The association of marital status and pregnancy was $r = 0.65$, we found a high relationship as an associated risk. According to the PREVIGEN-1 risk traffic light, 147 participants (79.45%) are at medium risk for 32 (17.29%), and 6 (3.24%) are at high risk. Conclusion: PREVIGEN-1 is a tool that measures preconception risk and allows determining and evaluating the woman's health status to consider a satisfactory pregnancy.*

Keywords: *Preconception Risk; Risk Factors; Medical Students.*

Introducción

El riesgo preconcepcional constituye la probabilidad que tiene una mujer aun no gestante de sufrir algún daño a la salud, durante el proceso de la reproducción; está condicionado por una serie de factores, enfermedades o circunstancias únicas o asociadas que pueden repercutir desfavorablemente en el binomio, durante el embarazo, parto o puerperio, se estima que entre el 15 y 25 % de las mujeres en edad fértil presentan factores que son capaces de condicionar o desencadenar morbimortalidad (Posner *et al.*, 2006) y las mujeres mayores tienen más probabilidades de quedar embarazadas con enfermedades preexistentes, la seguridad del embarazo es una preocupación ya que la edad materna es un factor independiente reconocido para diversas complicaciones obstétricas (Chronopoulou *et al.*, 2021).

La atención preconcepcional se define como un conjunto de acciones para identificar condiciones biológicas y hábitos del comportamiento o sociales que puedan convertirse en riesgos para la salud de la mujer y su embarazo; por lo que es fundamental modificar esa conducta través del conocimiento y la prevención (Centro Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva [CNEGSR], 2009).

El periodo preconcepcional establece un momento fundamental para la observación de problemas de salud, así como para detectar posibles factores de riesgo, además de definir el rumbo de su estado original, se estima que un porcentaje considerable de las personas que inician la gestación, pueden presentar problemas de salud, lo cual puede agravar el embarazo y poner en riesgo su vida, así como, del feto o ambos (Dean *et al.*, 2014; Moreira-Díaz *et al.*, 2020). Las prevención de los principales factores de riesgo previos a la concepción: embarazo adolescente, espaciamiento corto entre nacimientos, bajo peso antes del embarazo, sobrepeso antes del embarazo, deficiencias de micronutrientes, tabaquismo y alcoholismo en edad temprana y antes del embarazo, enfermedades prevenibles con vacunas (Poix y Elmusharaf, 2023; Purdue-Smithe *et al.*, 2022). El concepto de factor de riesgo previo a la concepción se definió como cualquier condición, comportamiento, factores de riesgo sociales o ambientales asociados con resultados adversos en el embarazo, materno o perinatal, cuyos efectos podría eliminarse o mitigarse mediante una intervención antes del embarazo. El potencial de estrategias integrales que aborden múltiples factores de riesgo. (Hemsing *et al.*, 2017) La comorbilidad asociada a la preconcepción con el embarazo, parto y puerperio son un problema de salud pública cuando no se otorga una atención adecuada en nuestro país. Se reporta que aproximadamente 19 % de los embarazos tiene complicaciones obstétricas, el control del riesgo preconcepcional que se establece como un factor importante para reducir la morbilidad y mortalidad de las mujeres, reduce o previene el daño físico y emocional, al mismo tiempo promueve una fertilidad y estilo de vida saludable además mejora la preparación de las jóvenes para el embarazo, independientemente de que la mujer decida embarazarse o no (Cauldwell *et al.*, 2017; Guo *et al.*, 2023).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), considera que las complicaciones que se presentan durante la gestación, parto o puerperio pueden ser prevenibles considerando los factores de riesgo antes del embarazo. Si bien las acciones e iniciativas

realizadas desde los años 60 condujo a avances significativos en la reducción de mortalidad neonatal, esta tendencia se desaceleró en las últimas décadas (SSA, 2015; Lumbiganon *et al.*, 2014).

En los países desarrollados la mujer tiene menos posibilidad de riesgo de muerte por causas relacionadas con el embarazo, lo que ha constituido en un parámetro de la calidad de los servicios de salud; las mujeres que viven en los países con nivel medio de desarrollo tienen 40 veces más probabilidades de riesgo de muerte (Thomas *et al.*, 2018). El incremento de la prevalencia en enfermedades crónicas en México predispone a mayor riesgo en las mujeres en edad reproductiva (Bermúdez *et al.*, 2017; Leuzzi y Scoles, 1996).

El PREVIGEN-1 es un semáforo de riesgo reproductivo, el cual fue elaborado con la finalidad de brindar una atención oportuna a las mujeres desde la etapa preconcepcional hasta el periodo perinatal; y con esto se puedan hacer intervenciones sobre estas mujeres y lograr reducir esos riesgos, e incluso, eliminarlos (Zetina-Hernández *et al.*, 2018; Khan *et al.*, 2019). Los pacientes con atención médica previa a la concepción tienen la oportunidad de considerar los riesgos para la salud evitando resultados adversos durante el embarazo, la mortalidad materna se han asociado consistentemente con mala salud antes del embarazo, comorbilidades individuales como hipertensión crónica y la obesidad se ha asociado con un mayor riesgo de morbilidad materna. El cuidado de su salud impactará en la evolución de su futuro embarazo, en el desarrollo intrauterino y desarrollo de su hijo (Gayathree *et al.*, 2021).

El objetivo del estudio fue identificar factores de riesgo preconcepcional en una muestra de estudiantes de medicina.

1. Materiales y métodos

Se realizó un estudio, observacional, prospectivo y transversal en estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. Se incluyeron alumnas entre 17 a 35 años. Se eliminaron las estudiantes que no completaron el cuestionario aplicado. En todos los casos se investigaron los siguientes variables: edad, peso, talla, escolaridad, nivel socioeconómico, estado civil, antecedentes ginecoobstétricos, zoonosis, nutrición, toxicomanías, enfermedades crónico-degenerativas y enfermedades de transmisión sexual.

Como instrumento para evaluar el riesgo preconcepcional utilizó el cuestionario de la primera sección del semáforo de riesgo Sistema para Detección y Evaluación de Riesgo Perinatal (PREVIGEN-1), esta herramienta fue elaborada por el Centro de Investigaciones Materno Infantil Gen (CIMIGen), (Zetina-Hernández *et al.*, 2018) el cual consiste en 40 preguntas, las cuales tienen tres opciones de respuesta que se evalúan de acuerdo a colores: Nivel I Verde: riesgo bajo; Nivel II Amarillo: riesgo medio; y Nivel III Rojo: riesgo alto. El cuestionario se envió a las participantes por Google Forms.

Se realizó una estadística descriptiva con medidas de tendencia central y de dispersión La recolección de datos y el análisis estadístico de este estudio se llevó a cabo con el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 21.0 y la base de datos en Excel.

2. Resultados

El estudio incluyó a 185 estudiantes de la Facultad de Medicina de la Región Veracruz, La edad fue de 21.4 ± 3.1 años. Estaban cursando el segundo semestre 39 (21 %), el cuarto 34 (18 %), el sexto 30 (16 %), el séptimo 2 (1 %), el octavo 37 (20 %), el noveno 2 (1 %) y el décimo 41 (22 %). Se consideró que 13 (7 %) provenían de un nivel socioeconómico bajo, 169 (91 %) de un nivel medio y 3 (2 %) de un nivel alto. Con relación al estado civil, 179 (97 %) informaron ser solteras, 3 (2 %) casadas y 3 (2 %) vivir en unión libre en 6 (3 %) se tuvo el antecedente de embarazo previo.

En el aspecto de antecedentes patológicos, en 2 (1 %) estudiantes se identificó hipertensión arterial, en ambos casos en tratamiento; epilepsia en 3 (2 %), enfermedad cardiovascular en otras 3 (2 %) y enfermedad tiroidea en 2 (1 %). Dentro del nivel de carga de trabajo, se consideró normal en 127 (69 %) alumnas, moderada en 54 (29 %) y excesiva en 4 (2 %).

El nivel nutricional fue bueno en 62 (34 %) estudiantes, regular en 112 (61 %) y deficiente en 11 (6 %). En el rubro de las toxicomanías, 28 (15 %) señaló el consumo de alcohol, el hábito de tabáquico fue positivo en 9 (5 %) y ninguna informo el consumo de sustancias ilícitas. En 48 (26 %) estudiantes se tuvo el antecedente de convivencia con gatos. siete (4 %) de las encuestadas reconoció haber cursado con alguna infección de transmisión sexual 7 (4 %), las que correspondieron a candidiasis vaginal en 4 casos, infección por el virus del papiloma humano (VPH) en 2 casos y vaginitis mixta en una alumna (**Tabla 1**).

La relación que se encontró entre la edad y el embarazo fue de $r = 0.3$, asociación de riesgo baja. La asociación del estado civil y el embarazo fue $r = 0.65$, relación alta (**Figura 1**).

Tabla 1

Características de las alumnas en factores asociados con incremento de riesgo preconcepcional

Variables	Alumnas n = 185	%
Nivel socioeconómico		
Bajo	13	7%
Medio	169	91%
Alto	3	2 %
Estado Civil		
Soltera	179	97
Casada	3	1.62%
Unión libre	3	1.62
Antecedentes de embarazo		
Embarazo	3	1.62%
Abortos	6	3 %
Hipertensión	1	.05 %
Epilepsia	4	2.16%
No controlada	1	.05 %
Cardiopatías	4	2.16 %
Enfermedad Tiroidea	4	2.16 %
No controlada	2	1.8 %
Carga de trabajo		
Normal	127	6.85 %
Moderada	54	29 %

Excesiva	4	2.16 %
Nutrición		
Buena	62	33.5 %
Regular	112	60.5 %
deficiente	11	5.9 %
alcoholismo		
Si	28	15.3 %
No	157	84.8 %
Tabaquismo		
Si	9	4.8 %
No	176	95.2 %
Convivencia con Gatos		
Si	48	25.9 %
No	137	74.1 %
Enfermedades de transmisión sexual		
Si	7	3.7%
No	178	96.3%

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó que la relación de la edad y el número de abortos fue de $r = 0.16$, relación baja como factor de riesgo asociado. Dentro del semáforo de riesgo PREVIGEN-1, un nivel de riesgo bajo fue presentado por 147 estudiantes (79.45 %), un riesgo medio por 32 (17.29 %), y en riesgo alto 6 (3,24 %) (**Tabla 2**).

Tabla 2

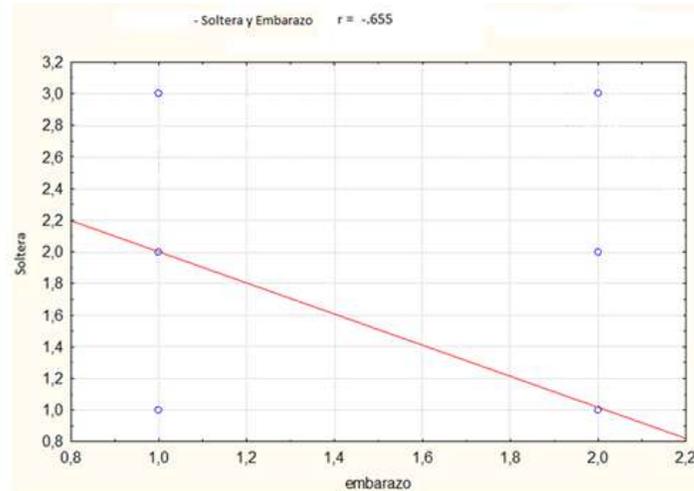
Nivel de riesgo en factores asociados con incremento de riesgo preconcepcional según el Riesgo Perinatal (PREVIGEN)

Nivel de riesgo	Alumnas (n = 185)	(%)
BAJO	147	79.45
MEDIO	32	17.29
ALTO	6	3.2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1

La soltería y el embarazo se relacionaron $r = 0.65$ con una relación alta como factor asociado con el riesgo preconcepcional en estudiantes de medicina



Fuente: Elaboración propia.

3. Discusión

La evaluación del riesgo reproductivo constituye una herramienta fundamental para establecer que tanto un embarazo puede comprometer el estado de salud de una mujer; este enfoque parte de factores preconcepcionales, obstétricos y perinatales principalmente; se define el concepto de salud reproductiva como el estado de bienestar físico, mental y social en relación con el proceso de la reproducción.

De los datos obtenidos a través de la encuesta, el rango de edad de las estudiantes constituyó un factor de riesgo preconcepcional para las mujeres que son menores de 20 años, esto concuerda con lo propuesto (Hemsing, *et al.* 2017). Se ha evidenciado en varios estudios procedentes de otros países la importancia de la asistencia preconcepcional, donde se deben incluir en los mismos aspectos preventivos.

En cuanto al nivel socioeconómico, diversos estudios, como los de Thomas *et al.* (2018), sugieren que las mujeres que tienen un nivel socioeconómico bajo tienen mayores posibilidades de presentar complicaciones durante el parto y tener productos con malformaciones o enfermedades congénitas, ya que suelen tener menos acceso a servicios de salud y a una oportuna atención médica. En nuestra investigación se mostró que al menos 13 participantes (7 %) de la población estudiada provenían de un nivel socioeconómico bajo, lo cual representa un riesgo alto, esto a su vez podemos correlacionarlo con el semáforo de riesgo propuesto por el PREVIGEN-1 (Zetina-Hernández *et al.*, 2018) que nos arrojó un riesgo preconcepcional medio.

Por otra parte, en los resultados encontramos a seis mujeres con antecedentes de embarazo, de las cuales dos y una refirieron haber tenido embarazos difíciles y traumáticos respectivamente. Estas mujeres tuvieron como factores de riesgos relacionados, antecedentes de aborto, tomar bebidas embriagantes con frecuencia y trabajo excesivo. Esto concuerda con lo propuesto por Khan *et al.* (2019), Thomas *et al.* (2018), los cuales encontraron que entre los principales factores de riesgo se encuentran el alcoholismo y el estrés. Además, es importante considerar a las participantes que no se han embarazado anteriormente, ya que el estrés y alcoholismo constituyen factores de riesgo que, en caso de no modificarse, puede influir negativamente en embarazos futuros.

Bermúdez *et al.* (2017) consideran que el consumo de sustancias tóxicas constituye un factor de riesgo preconcepcional importante, pues se menciona que más del 50% de las personas que comienzan a beber alcohol antes de los 17 años, se mantienen con ese hábito durante su vida adulta.

Por otra parte, Khan *et al.* (2019) reportaron que tanto el aborto como el alcoholismo constituyen por sí solos factores de riesgo alto que deben ser tomados en cuenta para prever problemas en futuros embarazos, tales como el parto difícil y/o traumático que presentaron algunas de las estudiantes (Dickinson y Parker, 2002).

Existen estudios de investigación donde se reporta que entre el 75 y 80 % de los decesos maternos se presentan durante el parto; siendo sus causas principales los sangrados y las hemorragias uterinas, en estos casos con frecuencia se tuvieron los antecedentes de enfermedad hipertensiva del embarazo, aborto y de infecciones de transmisión sexual durante la gravidez (Zetina-Hernández *et al.*, 2018).

Ninguna de las mujeres encuestadas tuvo antecedentes de productos con bajo peso al nacer, partos prematuros o productos con malformaciones y enfermedades congénitas, lo cual difiere con lo expuesto por Montanaro *et al.* (2019) en su respectivo estudio, sin embargo, esto pudiera estar relacionado con el tamaño de la muestra.

Dickinson y Parker (2002) señalan al tabaquismo antes y durante la concepción como un factor de riesgo fundamental para que el producto presente bajo peso al nacer, sea parto pretérmino y otras complicaciones, encontrando la causa fisiopatológica en la vasoconstricción uterina y los efectos tóxicos del tabaco y sus subproductos, como el CO₂ (Grimmer *et al.*, 2002).

La diabetes e hipertensión son consideradas en la literatura como los principales factores de riesgo para presentar dificultades en el embarazo y parto, sin embargo en nuestra investigación no se reportaron mujeres con diabetes, pero sí se presentaron mujeres con hipertensión, estas participantes, al encontrarse en control, no poseen un riesgo preconcepcional mientras se mantenga en dicho estado, tal como lo proponen Montanaro *et al.* (2019) y Zetina-Hernández *et al.* (2018), quienes encontraron que cuando no existe control de estas patologías es más frecuente que se presenten diabetes gestacional, preeclampsia, pérdida temprana del embarazo, anomalías congénitas fetales, parto prematuro y muerte fetal (Khan *et al.*, 2019).

Las cardiopatías y la epilepsia son enfermedades que constituyen un factor de riesgo. En nuestro estudio una estudiante manifestó presentar cardiopatía, sin embargo, esta se encuentra controlada, mientras que tres manifestaron no tener control, por lo anterior y de acuerdo al semáforo de riesgo y a lo expuesto en el estudio de Thomas *et al.*, se espera un mayor riesgo en las mujeres que no tienen control sobre su enfermedad, ya que se puede generar retraso en el crecimiento intrauterino, prematuridad y pérdida fetal (Cauldwell *et al.*, 2017).

La nutrición juega un rol crucial en el proceso de embarazo; de acuerdo con Khan *et al.* (2019) y Montanaro *et al.* (2019), al aumentar los requerimientos de macro y micronutrientes durante el embarazo, es importante enfocarse en mantener los aportes de ácido fólico, hierro, calcio y vitamina D en niveles suficientes, ya que la nutrición inadecuada se encuentra estrechamente relacionada con trastornos alimenticios de déficit y superávit, como obesidad o desnutrición respectivamente. En nuestro estudio se identificó que once estudiantes consideraron tener una nutrición deficiente, lo cual las pone en un riesgo alto de acuerdo al semáforo de riesgo (Dean *et al.*, 2014).

Se refieren en múltiples estudios la existencia de una importante relación entre desnutrición materna y posterior desarrollo de la diabetes producto de la gestación (OPS, 2018). Por lo que es de suma importancia considerar a la educación nutricional durante la preconcepción, y que un enfoque preventivo de la diabetes mellitus desde antes del nacimiento contribuirá a disminuir la incidencia de esta; de ahí la necesidad de lograr cambios en los estilos de vida de la mujer en edad fértil (Grimmer *et al.*, 2002). La epilepsia, que es la enfermedad neurológica más común durante el embarazo de conlleva un tratamiento que afecta el desarrollo del embarazo, generando malformaciones congénitas, aumentando las crisis y complicaciones perinatales. En este estudio se encontraron tres alumnas con epilepsia controlada y una que no tenía control de su padecimiento, por lo que de acuerdo (Barriguete-Chávez *et al.*, 2018), estas mujeres se encuentran con alto riesgo preconcepcional. Lo anterior a su vez concuerda con los resultados de Zetina-Hernández *et al.* (2018) y el semáforo de riesgo

de PREVIGEN-115. La mayoría de las pacientes con epilepsia tiene un embarazo y un parto normal, pero se ha encontrado un mayor riesgo de complicaciones durante la gestación.

En el semáforo de riesgo PREVIGEN-1, la toxoplasmosis se encuentra relacionada con riesgo alto durante el embarazo debido a su correlación con aborto y muerte fetal; esto se analizó en nuestro estudio tomando en cuenta la exposición que tuvieron las estudiantes en cuanto a la convivencia con gatos, encontrándose que 48 (26 %) respondieron que convivían con gatos (Dickinson y Parker, 2002).

Las enfermedades de transmisión sexual pueden generar complicaciones en el embarazo, las cuales van desde problemas en el desarrollo del feto e infección ocular, hasta afectación grave que lleve a la muerte fetal. En la población estudiantil se identificaron 7 mujeres con ITS, de las cuales dos correspondieron a infección por el VPH, 4 cursaron con candidiasis vaginal y una con una vaginitis mixta. Si bien estos padecimientos no se encuentran registrados en el semáforo de riesgo, las infecciones de transmisión sexual aumentan el riesgo de contraer VIH (Khan *et al.*, 2019).

Desconocer los factores relacionados con el riesgo preconcepcional favorece la presencia de posibles complicaciones en la salud para la madre y su hijo. El esfuerzo para modificar y conocer estos factores, aunado a un buen control de enfermedades en la pareja durante etapas previas al embarazo, con la participación de un modelo comunitario que abarque educación escolar, campañas nacionales y capacitación en equipos multidisciplinarios disminuirá el riesgo de complicaciones para ambas partes (Khan *et al.*, 2019; Hall *et al.*, 2023).

Referencias

- Barriguet**-Chávez, P., Farfán-Labonne, B., Ibarra-Puig, J., Olivias-Peña, E., Flores-Ramos, M., Chinchilla-Ochoa, D. y Garza-Morales, S. (2018). Epilepsia y embarazo. Un estudio comparativo dos décadas después. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 19(5), 27-36. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexneu/rmn-2018/rmn185e.pdf>
- Bermúdez**, R., Linares, B., Serrano, M. y Álvarez, V. (2017). PROYECTO SAELCI-GUANAJUATO. EXPOSICIÓN AL ALCOHOL PERICONCEPCIONAL Y SALUD DEL RECIÉN NACIDO EN EL HOSPITAL MATERNO INFANTIL DE IRAPUATO. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 2(1), 1536-1540. <https://tinyurl.com/5hye39kn>
- Cauldwell**, M., Ghonimb, S., Uebing A., Swan, L., Steer, P., Gatzouils, M. y Johnson, M. (2017). Preconception counseling, predicting risk and outcomes in women with mWHO 3 and 4 heart disease. *International Journal of Cardiology*, 234, 76-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.02.003>
- Centro** Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva [CNEGSR]. (2009). *Estrategias para acelerar la disminución de la muerte materna en México*. Secretaría de Salud/Dirección General de Salud Reproductiva.
- Chronopoulou**, E., Raperporta C., Serhal, P., Saab, y Seshadri, S. (2021). Preconception tests at advanced maternal age, *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 70, 28-50. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2020.11.003>

- Dean, S., Lassi, Z., Imam, A., Imam, A. y Bhutta, Z.** (2014). Preconception care: nutritional risks and interventions. *Reproductive Health*, 11.
<https://doi.org/10.1186/1742-4755-11-S3-S3>
- Dickinson H. y Parker L.** (2002). Leukaemia and non-hodkings lymphoma in children of male sellafield radiations workers. *International Journal of Cancer*, 101(1), 100.
<https://doi.org/10.1002/ijc.10564>
- Gayathree, M., Alvero, R., Lyell, D., Khandelwal, A. y Leonard, S.** (2021). Development and validation of a risk prediction index for severe maternal morbidity based on preconception comorbidities among infertile patients. *Fertility and Sterility*, 116(5), 1372-1380. <https://tinyurl.com/2ct8bjcx>
- Grimmer, I., Bührer, C., Dudenhausen, J., Stroux, A., Reiher, H., Halle, H. y Obladen, M.** (2002). Preconceptional factors associated with very low birthweight delivery in East and West Berlin: a case control study. *BMC Public Health*, 2(10).
<https://doi.org/10.1186/1471-2458-2-10>
- Guo, C., Qian Y., Xu R., Li, Z., Wang, Z., Zhu, Z., Peng, J., Su, Q. y Wei, Y.** (2023). Exposure to ambient air pollution from the preconceptional period and risk of gestational hypertension. *Science of The Total Environment*, 885.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163690>
- Hall, J., Chawla, M., Watson, D., Chandni, M., Schoenaker, D., Connolly, A., Barrett, G. y Stephenson, J.** (2023). Addressing reproductive health needs across the life course: an integrated, community-based model combining contraception and preconception care. *The Lancet. Public Health*, 8(1), 76-84
[https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(22\)00254-7](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(22)00254-7)
- Hemsing, N., Greaves, L. y Poole, N.** (2017). Preconception health care interventions: A scoping review. *Sexual & Reproductive Healthcare*, 14, 24-32.
<https://doi.org/10.1016/j.srhc.2017.08.004>
- Khan, N., Boyle, J., Lang A. y Harrison C.** (2019). Preconception Health Attitudes and Behaviours of Women: A Qualitative Investigation. *Nutrients*, 11(7), 1490.
<https://doi.org/10.3390/nu11071490>
- Leuzzi, R. y Scoles, K.** (1996). Preconception counseling for the primary care physician. *The Medical clinics of North America*, 80(2), 337-374.
[https://doi.org/10.1016/s0025-7125\(05\)70444-2](https://doi.org/10.1016/s0025-7125(05)70444-2)
- Lumbiganon, P., Laopaiboon, M., Intarut, N., Vogel, J., Souza, J., Gülmezoglu, A. y Mori, R.** (2014). Indirect causes of severe adverse maternal outcomes: a secondary analysis of the WHO Multicountry Survey on Maternal and Newborn Health. *BJOG, An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 121(1), 32-39.
<https://doi.org/10.1111/1471-0528.12647>
- Montanaro, C., Lacey, L., Robson, L., Estill, A. y Vukovik, S.** (2019). Preconception Care: A Technology-Based Model for Delivery in the Primary Care Setting Supported by Public Health. *Matern Child Health Journal*, 23, 1581-1586.
<https://doi.org/10.1007/s10995-019-02806-4>
- Moreira-Díaz, L., Palenzuela-Ramos, Y., Gamboa-Díaz, Y., Díaz-González, L. y Valdés-González, G.** (2020). Caracterización de mujeres con riesgo preconcepcional en un consultorio médico. *Universidad Medica Pinaréña*, 16(2), 416.
<http://revgaleno.sld.cu/index.php/ump/article/view/416>

- Organización** Panamericana de la Salud [OPS]. (2018). *Indicadores de salud. Aspectos conceptuales y operativos*. Washington, D.C.
- Poix**, S. y Elmusharaf, K. (2023). Investigating the pathways from preconception care to preventing maternal, perinatal and child mortality: A scoping review and causal loop diagram. *Preventive Medicine Reports*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2023.102274>
- Posner**, S., Johnson, K., Parker, C., Atrash, H. y Biermann, J. (2006). The national summit on preconception care: a summary of concepts and recommendations. *Matern Child Health Journal*, 10(5), 197-205. <https://doi.org/10.1007/s10995-006-0107-x>
- Purdue-Smithe**, A., Kim, K., Schliep, K., DeVilbiss, E., Hinkle, S., Ye, A., Perkins, N. J., Sjaarda, L., Silver, R., Schisterman, E. y Mumford, S. (2022). Preconception caffeine metabolites, caffeinated beverage intake, and fecundability. *The American journal of clinical nutrition*, 115(4), 1227-1236. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab435>
- Secretaría** de Salud [SSA]. (2015) Programa de Acción Específico 2013-2018. *Salud Materna y Perinatal: programa sectorial de salud*. <https://tinyurl.com/epwnzra5>
- Thomas**, S., Mobley, S., Hudgins, J., Sutherland, D., Inglett, S. y Ange, B. (2018). Conditions and Dynamics That Impact Maternal Health Literacy among High Risk Prenatal-Interconceptional Women. *International journal of environmental research and public health*, 15(7), 1383. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071383>
- Zetina-Hernández**, Z., Gerónimo-Carrillo, G., Herrera-Castillo, Y., Santos-Córdova, L. y Mirón-Hernández, G. (2018). Factores de riesgo reproductivo preconcepcional en mujeres en edad fértil de una comunidad de Tabasco. *Revista Salud Quintana Roo*, 11(40), 7-10. <https://tinyurl.com/zzae43p8>

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2967>

Efectos del ejercicio físico sobre la ansiedad: Una revisión sistemática

Effects of physical exercise on anxiety: A systematic review

Santiago Castineyra-Mendoza ^a | Magali Huerta-Reyes ^b

Recibido: 26 de julio de 2023.

Aceptado: 16 de febrero de 2024.

^a Facultad de Educación Física, Deporte y Recreación, Universidad Veracruzana (UV). Boca del Río, México. Contacto: scastineyra@uv.mx | ORCID: [0000-0002-8651-594X](https://orcid.org/0000-0002-8651-594X) *Autor para correspondencia.

^b Facultad de Psicología, Universidad Veracruzana (UV). Veracruz, México. Contacto: maghuerta@uv.mx | ORCID: [0000-0001-5031-4700](https://orcid.org/0000-0001-5031-4700)

Cómo citar:

Castineyra-Mendoza, S., Huerta-Reyes, M. (2024). Efectos del ejercicio físico sobre la ansiedad: una revisión sistemática, *UVserva*, (17), 147-157. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2967>

Resumen: Posterior a la pandemia del COVID-19, se han registrado altos niveles de ansiedad en la sociedad, específicamente en poblaciones de jóvenes y adultos, siendo el ejercicio físico, piedra angular del tratamiento contra los trastornos de ansiedad. Por tanto, el objetivo de este artículo es realizar una revisión sistemática del efecto del ejercicio físico sobre la ansiedad en jóvenes y adultos, para lo cual se utilizó la herramienta PRISMA 2020, en la cual se analizaron 4 bases de datos, resultando 783 registros de los cuales, posterior al filtro y escrutinio, fueron seleccionadas 4 investigaciones, concluyendo que actualmente la práctica del ejercicio físico, de manera estructurada, con intensidades y mayores volúmenes, muestra eficacia en la disminución en los trastornos de ansiedad en poblaciones jóvenes y adultas.

Palabras clave: Ejercicio físico; ansiedad; jóvenes; adultos.

Abstract: *After the COVID-19 pandemic, high levels of anxiety has been recorded in society, specifically in youth and adult populations, with physical exercise being the cornerstone of treatment for anxiety disorders. The objective of this paper is to carry out a systematic review of the effect of physical exercise on anxiety in young people and adults. Using the PRISMA 2020 tool, in which 4 databases were analyzed, resulting in 783 records, which, after filtering and Scrutiny, 4 investigations were selected, concluding that currently the practice of physical exercise, in a structured manner, with intensities and greater volumes, shows effectiveness in reducing anxiety disorders in young and adult populations.*

Keywords: *Physical Exercise; Anxiety; Youths; Adults.*

Introducción

La pandemia del Covid-19 ha impactado de manera significativa a la población en general, afectando factores psicológicos, desequilibrando la parte emocional, generando de forma negativa trastornos de ansiedad (Sigüenza y Vílchez, 2021; Moreno-Proañó, 2020; Ramos, 2013). La literatura emergente durante la pandemia en estudios realizados principalmente en países iberoamericanos ha mostrado que estancias prolongadas en la ciudadanía podrían generar miedo, estados de depresión y ansiedad (Sánchez *et al.*, 2023).

La ansiedad se define como un: “estado emocional negativo relacionado con la activación del organismo” así mismo un estado de agitación e inquietud desagradable caracterizado porque la persona anticipa un peligro, predominando síntomas psíquicos y sensación de peligro inminente lo que genera distintas respuestas cognitivas y conductuales. En el trastorno de ansiedad está presente la preocupación, el miedo excesivo y la tensión, que provoca un deterioro clínicamente significativo en la salud y bienestar del sujeto. Los inicios de los trastornos de ansiedad se generan en la infancia, adolescencia o edad adulta temprana hasta que se alcanza su pico en la mediana edad, y luego tiende a disminuir de nuevo con la edad, presentándose en la vejez los niveles

más bajos, pudiendo llegar a ser crónicos, aunado a que las mujeres son más propensas a sufrir ansiedad (Esteso y León-Zarceño, 2022).

Un aliciente para esta problemática post pandemia, la podemos encontrar en la actividad física, ya que ha demostrado previo a la pandemia, que la realización de este tiene una correlación negativa frente a los niveles de ansiedad, es decir, a mayores niveles de ejercicio físico, menores niveles de ansiedad (Ford *et al.*, 2017; Núñez y García, 2017; Sanader *et al.*, 2021; Scott-Hamilton *et al.*, 2016).

El ejercicio y la ansiedad se encuentran relacionados, siendo una relación que se puede plantear desde varios puntos de vista, por una parte, visto desde el deporte de competición, éste puede causar niveles elevados de ansiedad en los deportistas durante sus procesos de competencia, por otro lado, el ejercicio físico disminuye los niveles de ansiedad en las personas no profesionales del deporte, incluyendo poblaciones especiales (Delgado *et al.*, 2019; Guerra *et al.*, 2017; Araque *et al.*, 2021).

Las investigaciones emergentes muestran que las intervenciones con actividad física han conseguido, a mediano y largo plazo, reducir los síntomas leves a moderados de ansiedad en personas adultas de ambos géneros. A este sector de la población se han aplicado programas de actividad física como métodos efectivos para el mejoramiento de los síntomas de ansiedad, los cuales han arrojado que un bajo nivel de actividad física estaría directamente relacionado con aumentos de un 32% en la posibilidad de padecer trastornos de ansiedad (Stubbs *et al.*, 2017).

Las prácticas constantes del ejercicio físico conllevan una serie de beneficios directos en los niveles de ansiedad (Calero *et al.*, 2016b; Chalá, 2016; Simón-Grima *et al.*, 2021), y estos han sido estudiados en diversas revisiones sistemáticas y metaanálisis, enfatizando mayores beneficios en la población adulta y de la tercera edad, siendo tal la importancia del ejercicio físico en el tratamiento de la ansiedad que este debe ser factor prioritario en el tratamiento de la ansiedad (Rethorst y Trivedi, 2013; Reyes y Trujillo, 2021; Wipfli *et al.*, 2008).

Se ha demostrado los efectos benéficos del ejercicio físico al ser utilizado como terapia para reducir la ansiedad en personas sin y con patologías, debido a la liberación de múltiples hormonas, unido a factores psicológicos por la realización de la práctica del ejercicio físico, lleva a las personas a mejores niveles de estados de vida saludable (Rodríguez *et al.*, 2016; Iglesias *et al.*, 2015; Calero *et al.*, 2016a).

En un estudio realizado con 11.110 adolescentes de diferentes países europeos se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la frecuencia de ejercicio físico leve a moderado de unos 60 minutos por unidad de entrenamiento, con síntomas de ansiedad en niveles negativos y con el bienestar en niveles favorables (McMahon *et al.*, 2017; Riahi *et al.*, 2016).

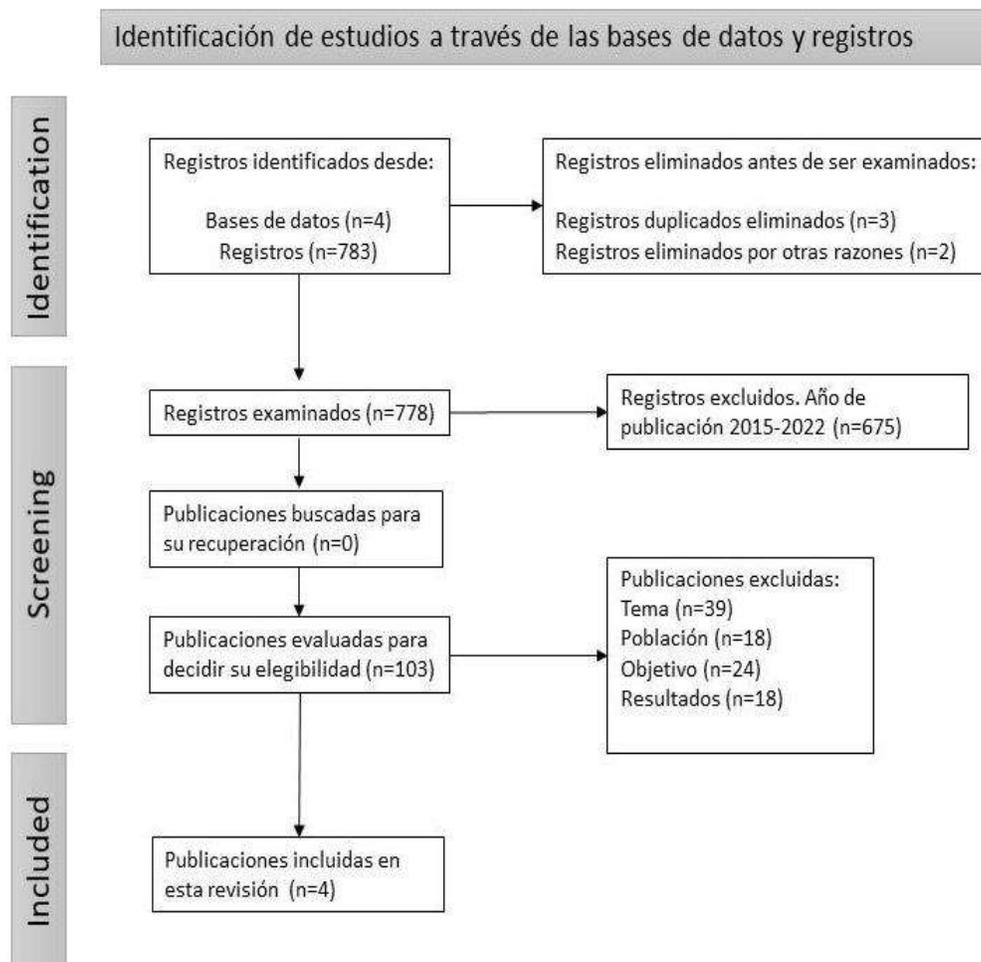
La práctica de ejercicio físico en el adulto mayor tiene diferentes puntos de impacto, siendo los principales, directamente en el sistema inmune, mejora de la funcionalidad física y en aspectos psicológicos como en el descenso de los niveles de la ansiedad, siendo en este último donde el ejercicio físico ha mostrado tener impacto significativo en donde la terapia farmacológica haya resultado insuficiente. Por todo lo expresado anteriormente, el objetivo de esta investigación es realizar una revisión sistemática del efecto del ejercicio físico sobre la ansiedad en jóvenes y adultos, utilizando la herramienta PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021).

1. Metodología

La presente revisión sistemática se valió de la herramienta PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) la cual cuenta con 27 ítems, los cuales buscan asegurarse de que todos los artículos incluidos en la revisión sistemática cumplan con los criterios de información deseados, para una correcta elaboración y presentación del informe. Estrategias de búsqueda utilizadas: durante el mes de febrero de 2023, se consultaron las bases de datos como lo son: Scopus, ScienceDirect, Elsevier y Pubmed, en los idiomas español e inglés; los términos utilizados en español en dichas bases de datos fueron: ejercicio físico y ansiedad, para el casp del idioma inglés: physical exercise and anxiety. Solo se extrajo información de artículos publicados del 2015 al 2022, aún aplicado el filtro anterior, se eliminaron investigaciones que incluían información irrelevante, tales como conceptos de política y aspectos socioeconómicos (**Figura 1**).

Figura 1

Diagrama de flujo para la selección de artículos según PRISMA



Fuente: Elaboración propia.

Criterios de inclusión y exclusión: Se incluyeron artículos originales y artículos de revisión, publicados en los últimos siete años en español e inglés, todos fueron con acceso a texto completo, al igual debían presentar programas de intervención pre y post, así como todos los elementos de los test que se aplicaron, al igual que las edades debían oscilar entre los 18 y 30 años. Se excluyeron todos los artículos que no presentaran resultados previos o posteriores en sus intervenciones.

Para la extracción de la información de las investigaciones, se utilizó una hoja de cálculo, en la cual se aplicó la herramienta PRISMA, posteriormente con los manuscritos seleccionados se registraron los elementos que cumplieron con todos los criterios de inclusión, como lo fueron: autores, objetivo, metodología, población, resultados y conclusión.

2. Resultados

Tabla 1

Síntesis de los estudios relacionados a los efectos del ejercicio sobre la ansiedad

Autores	Objetivo	Población	Metodología	Resultados	Conclusión
Delgado <i>et al.</i> (2019)	Análisis de 136 artículos y se evaluaron con la lista de chequeo CONSORT creando 3 matrices de análisis cuantitativo, en donde se resalta la incidencia de trastornos de depresión y ansiedad en los grupos etarios de juventud, adultez y adulto mayor	Artículos con poblaciones en Jóvenes, Adulto y Mayor	Revisión Sistemática	El ejercicio físico realizado de manera estructurada disminuye significativamente los síntomas depresivos ($p \leq 0.001$) evaluado con diversas escalas entre las que se destacan las pruebas Inventario de Beck, Escala de Depresión Geriátrica (GDS), DASS-21 y BDI. La reducción en el nivel de ansiedad, evaluado con la escala HADS ($p = 10.0007$) en todos los subgrupos, resaltando la prescripción individualizada	Se confirman los efectos positivos del ejercicio físico prescrito, en los síntomas de depresión y ansiedad de diversas poblaciones, siendo efectiva y de bajo costo, lo que abre la necesidad de priorizarlo.
Espejo <i>et al.</i> (2018)	Comprobar si la exposición a diferentes intensidades de actividad física, ocasionan cambios en los niveles de ansiedad y la calidad del sueño	43 estudiantes, de entre 18 y 25 años	Descriptivo Prospectivo	Los resultados mostraron un descenso de los niveles de ansiedad inversamente proporcional a las horas de ejercicio realizadas	Los niveles de ansiedad se ven disminuidos gracias a la intervención del ejercicio físico. Y su efecto es proporcional a la intensidad y volumen en que se realice la práctica del ejercicio.

Stonerock <i>et al.</i> (2015)	Evaluar críticamente los estudios de entrenamiento físico en adultos con altos niveles de ansiedad o un trastorno de ansiedad.	Artículos de ensayos clínicos en jóvenes y adultos con ansiedad.	Revisión Sistemática	La evidencia de sugirió beneficios del ejercicio, para grupos seleccionados, similares a los tratamientos establecidos y mayores que el placebo. Sin embargo, la mayoría de los estudios tenían limitaciones metodológicas significativas, incluidos tamaños de muestra pequeños, terapias concurrentes y evaluación inadecuada de la adherencia y los niveles de condición física.	El ejercicio puede ser un tratamiento útil para la ansiedad, pero la falta de datos de rigurosos y metodológicamente sólidos impide sacar conclusiones definitivas sobre su efectividad.
Saeed <i>et al.</i> (2019)	Analizar estudios sobre los beneficios del ejercicio físico sobre los trastornos de ansiedad.	Artículos de ensayos clínicos en jóvenes y adultos con ansiedad.	Revisión Sistemática	El ejercicio resultó ser benéfico los trastornos de ansiedad, enfatizando que los ejercicios aeróbicos y de resistencia pueden ser efectivos para la ansiedad.	Ningún ensayo ha demostrado que el ejercicio empeore los trastornos por ansiedad es, por tanto, necesario implementarlo en pacientes con ansiedad

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la **Tabla 1**, en la investigación realizada por Delgado *et al.* (2019), se analizaron 136 artículos para el análisis de los efectos del ejercicio físico sobre la ansiedad en jóvenes y adultos, obteniendo como resultado que la realización de ejercicio físico de manera estructurada disminuye significativamente los síntomas de ansiedad ($p < 001$), en lo cual a manera de conclusión se confirman los efectos positivos del ejercicio físico, de manera estructurada (prescrito) en los síntomas de ansiedad en diversas poblaciones, como lo es la población joven y adulta.

En la investigación presentada por Espejo *et al.* (2018), la cual tuvo como objetivo analizar la intensidad del ejercicio físico sobre la ansiedad, se intervinieron a 43 estudiantes entre 18 y 25 años, resultando un descenso en los niveles de ansiedad inversamente proporcional a las horas realizadas de ejercicio físico, concluyendo que los niveles de ansiedad disminuyen significativamente, cuando la intensidad en el ejercicio físico es mayor.

El objetivo en la investigación realizada por Stonerock *et al.* (2015), fue evaluar los estudios sobre la realización de ejercicio físico en adultos con altos niveles ansiedad o algún trastorno de ansiedad, posterior a la revisión de la literatura de esta investigación

los resultados arrojaron que, la evidencia actual sugiere beneficios del ejercicio físico para grupos establecidos, concluyendo que el ejercicio físico puede ser útil para tratar la ansiedad, pero es necesario mayor rigurosidad en los datos con poblaciones más robustas para tener conclusiones definitivas.

Finalmente la revisión de la literatura realizada por Saeed *et al.* (2019), para analizar los estudios sobre el beneficio del ejercicio físico sobre los trastornos de ansiedad, evidenciaron resultados en los que el ejercicio físico muestra beneficios en los trastornos de ansiedad, enfatizando que los ejercicios aeróbicos y de resistencia pueden ser más efectivos para el tratamiento de los trastornos de ansiedad, concluyendo que ningún ensayo ha demostrado que el ejercicio físico empeore los trastornos por ansiedad, por tanto es necesario implementar planes estructurados de ejercicio físico en pacientes con ansiedad.

3. Discusión

La literatura científica en la actualidad presenta la relevancia e importancia de la realización del ejercicio físico frente al control y disminución de los niveles de ansiedad, esto sin importar en que disciplina deportiva se desarrolle el ejercicio físico (Vásquez y Posada, 2022; Arroyo *et al.*, 2022). Se ha demostrado la existencia de una correlación negativa entre la práctica del ejercicio físico y la ansiedad, es decir, a mayores niveles de práctica de ejercicio físico, menores serán los niveles de ansiedad (Kandola *et al.*, 2018; Olmedilla *et al.*, 2010).

En la revisión sistemática y meta-análisis de Shorey *et al.* (2022) sus resultados muestran que intervenciones oportunas en la práctica del ejercicio físico en poblaciones jóvenes y adultas previenen considerablemente los problemas por trastornos de ansiedad, mostrando mayores rangos de beneficios cuando la práctica del ejercicio es estructurada y de larga duración, en cuanto a volumen e intensidad se refiere (Philippot *et al.*, 2022) De la misma manera los resultados arrojados posterior a la revisión sistemática, son consistentes y muestran amplia solicitud a las investigaciones previas de los efectos positivos del ejercicio físico frente a la disminución de la ansiedad (Calero *et al.*, 2016a; McMahon *et al.*, 2017).

Si bien, existen algunas investigaciones que sugieren mayor robustez en sus resultados para una solidez en las conclusiones, ninguna investigación hasta la fecha ha demostrado de manera negativa que el ejercicio físico sea perjudicial, o tenga efectos adversos en el tratamiento contra la ansiedad y los trastornos de este tipo. Por tanto, la información recabada de la literatura actual es clara y consistente sobre los efectos favorables de la realización del ejercicio físico para disminuir los niveles de ansiedad en las poblaciones jóvenes y adultas, siendo una variable significativa la realización del ejercicio físico de manera estructurado, y con intensidades de tiempo prolongadas se ha visto mayor disminución en los niveles de ansiedad en poblaciones jóvenes y adultas.

4. Conclusiones

Las conclusiones en la presente revisión sistemática son consistentes, y con una prevalencia a que el ejercicio físico tiene un efecto benéfico sobre los trastornos de ansiedad, y que no existe a la fecha ningún estudio en la literatura científica universal con suficiente solidez que demuestre y determine que el ejercicio físico tenga algún efecto nocivo o negativo frente a los trastornos de ansiedad.

Es importante señalar que los volúmenes e intensidades a la hora de realizar actividad física son las únicas variables que pueden modificar de manera favorable el efecto positivo sobre los trastornos de ansiedad, estas variables según sea el tiempo empleado y la intensidad con la que se desarrolle el ejercicio físico, modificarán la magnitud de forma positiva sobre la ansiedad, es decir, a mayor práctica de actividad física semanal en tiempo e intensidad, existirán mayores porcentajes beneficiosos que reduzcan los niveles de ansiedad en jóvenes y adultos.

Para finalizar se confirman los efectos positivos del ejercicio físico en la disminución de los trastornos de ansiedad, mostrando eficacia significativa cuando este se realiza de manera bien estructurada y dosificada (intensidades y volúmenes apropiados según la edad), todo lo anterior posiciona al ejercicio físico como un tratamiento efectivo y de bajo costo para los trastornos de ansiedad.

Referencias

- Araque, M., Ruiz, P. y Artés, E. (2021).** Efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente sobre la condición física, la autoestima, la ansiedad y la depresión de personas adultas-mayores. *Retos*, 39, 1024–1028.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8029540>
- Arroyo, R., Moral, J., González, Ó. y Arruza, J. (2022).** Influencia del resultado en la ansiedad de futbolistas iniciados. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11(2), 15–30.
<https://doi.org/10.24310/riccafd.2022.v11i2.14410>
- Calero, S., Klever, T., Caiza, M., Rodríguez, A. y Analuiza, E. (2016a).** Influencia de las actividades físico-recreativas en la autoestima del adulto mayor. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 35(4), 366–374. <https://tinyurl.com/35eyz3f3>
- Calero, S., Pastaz, D., Cabezas, M., Fernández, A. y Fernández, R. (2016b).** Influence of physical activity on the social and emotional behavior of children aged 2-5 years. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 32(3), 1-16.
<https://tinyurl.com/3fj6ep2k>
- Chalá, W. (2016).** *Impacto del programa de actividades recreativas en el mejoramiento de conductas de los ciudadanos en situación de abandono familiar, Barrio Carrizal, Barranquilla-Colombia.* [Tesis de Maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12937>

- Delgado, C., Mateus, E., Rincón, L. y Villamil, W. (2019).** Efectos del ejercicio físico sobre la depresión y la ansiedad. *Revista Colombiana de Rehabilitación*, 18(2), 128–145. <https://doi.org/10.30788/revcolreh.v18.n2.2019.389>
- Espejo, T., Zurita, F., Chacón, R., Castro, M., Martínez, A., y Pérez, A. (2018).** Actividad física y autoconcepto: dos factores de estudio en adolescentes de zona rural. *Revista Iberoamericana de Psicología Del Ejercicio y El Deporte*, 13, 203-210. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6543402>
- Esteso, Á. y León-Zarceño, E. (2022).** Ejercicio físico en trastornos de ansiedad: una revisión. *Cuerpo Cultura y Movimiento*, 12(1). <https://doi.org/10.15332/2422474x.7067>
- Ford, J., Ildefonso, K., Jones, M. y Arvinen-Barrow, M. (2017).** Sport-related anxiety: current insights. *Journal of Sports Medicine*, 8, 205–212. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s125845>
- Guerra, J., Gutiérrez, M., Zavala, M., Singre, J., Goosdenovich, D. y Romero, E. (2017).** Relación entre ansiedad y ejercicio físico. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 169–177. <https://tinyurl.com/24y2uekt>
- Iglesias, B., Olaya, I. y Gómez, M. (2015).** Prevalencia de realización y prescripción de ejercicio físico en pacientes diagnosticados de ansiedad y depresión. *Atención primaria*, 47(7), 428–437. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2014.10.003>
- Kandola, A., Vancampfort, D., Herring, M., Rebar, A., Hallgren, M., Firth, J. y Stubbs, B. (2018).** Moving to beat anxiety: Epidemiology and therapeutic issues with physical activity for anxiety. *Current Psychiatry Reports*, 20(63). <https://doi.org/10.1007/s11920-018-0923-x>
- McMahon, E., Corcoran, P., O'Regan, G., Keeley, H., Cannon, M., Carli, V., Wasserman, C., Hadlaczky, G., Sarchiapone, M., Apter, A., Balazs, J., Balint, M., Bobes, J., Brunner, R., Cozman, D., Haring, C., Iosue, M., Kaess, M., Kahn, J.-P.,... y Wasserman, D. (2017).** Physical activity in European adolescents and associations with anxiety, depression and well-being. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 26(1), 111–122. <https://doi.org/10.1007/s00787-016-0875-9>
- Moreno-Proano, G. (2020).** Pensamientos distorsionados y ansiedad generalizada en COVID-19. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(2), 251–255. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i2.314>
- Núñez, A. y García, A. (2017).** Relación entre el rendimiento y la ansiedad en el deporte: una revisión sistemática (Relationship between performance and anxiety in sports: a systematic review). *Retos*, 32, 172–177. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i32.53297>
- Olmedilla, A., Ortega, E. y Candel, N. (2010).** Ansiedad, depresión y práctica de ejercicio físico en estudiantes universitarias. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(167), 175–180. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2010.03.001>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S.,... Moher, D. (2021).** Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>

- Philippot, A., Dubois, V., Lambrechts, K., Grogna, D., Robert, A., Jonckheer, U., Chakib, W., Beine, A., Bleyenheuft, Y., y De Volder, A. (2022).** Impact of physical exercise on depression and anxiety in adolescent inpatients: A randomized controlled trial. *Journal of Affective Disorders, 301*, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.01.011>
- Ramos, P. (2013).** La validez y la eficacia de los ejercicios respiratorios para reducir la ansiedad escénica en el aula de música. *Revista Internacional de Educación Musical, 1*(1), 23–30. <https://doi.org/10.12967/riem-2013-1-p023-030>
- Rethorst, C. y Trivedi, M. (2013).** Evidence-based recommendations for the prescription of exercise for major depressive disorder. *Journal of Psychiatric Practice, 19*(3), 204–212. <https://doi.org/10.1097/01.pra.0000430504.16952.3e>
- Reyes, N. y Trujillo, P. (2021).** Vista de Ansiedad, estrés e ira: el impacto del COVID-19 en la salud mental de estudiantes universitarios. *Revista Investigación y Desarrollo, 13*, 6-14. <https://tinyurl.com/5fa7f2s8>
- Riahi, M., Haddad, M., Ouattas, A. y Goebel, R. (2016).** The moderating effect of physical exercise in anxiety disorder: A review. *European Proceedings of Social & Behavioural Sciences. <http://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2016.06.38>*
- Rodríguez, H., Hernández, Y. y González, C. (2016).** Lesiones cervicales no cariosas en pacientes del área de salud "Eléctrico", municipio Arroyo Naranjo, 2015. *Revista Cubana de Estomatología, 53*(4), 188–197. <https://tinyurl.com/3367wbvt>
- Saeed, S., Moodie, E., Strumpf, E. y Klein, M. (2019).** Evaluating the impact of health policies: using a difference-in-differences approach. *International Journal of Public Health, 64*(4), 637-642. <https://doi.org/10.1007/s00038-018-1195-2>
- Sanader, A., Petrović, J., Bačanac, L., Ivković, I., Petrović, I. y Knežević, O. (2021).** Competitive trait anxiety and general self-esteem of athletes according to the sport type and gender. *Primenjena psihologija, 14*(3), 277–307. <https://doi.org/10.19090/pp.2021.3.277-307>
- Sánchez, J., Vázquez, D. y Riba, S. (2023).** Una revisión sistemática de la importancia del ejercicio físico sobre la autoeficacia y aprendizaje del estudiante. *Retos, 48*, 911–918. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8869822>
- Scott-Hamilton, J., Schutte, N. y Brown, R. (2016).** Effects of a mindfulness intervention on sports-anxiety, pessimism, and flow in competitive cyclists. *Applied Psychology. Health and Well-Being, 8*(1), 85–103. <https://doi.org/10.1111/aphw.12063>
- Shorey, S., Ng, E. y Wong, C. (2022).** Global prevalence of depression and elevated depressive symptoms among adolescents: A systematic review and meta - analysis. *The British Journal of Clinical Psychology, 61*(2), 287–305. <https://doi.org/10.1111/bjc.12333>
- Sigüenza, W. y Vílchez, J. (2021).** Aumento de los niveles de ansiedad en estudiantes universitarios durante la época de pandemia de la COVID-19. *Revista Cubana de Medicina Militar, 50*(1). <https://tinyurl.com/3x5rce2n>
- Simón-Grima, J., San Martín-Salvador, A., Estrada-Marcén, N. y Casterad-Seral, J. (2021).** Relación entre la adicción al ejercicio, el uso de dispositivos fitness y la ansiedad rasgo (Relationship between exercise addiction, use of fitness devices and trait anxiety). *Retos, 39*, 525–531. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.80078>

- Stonerock, G., Hoffman, B., Smith, P., y Blumenthal, J.** (2015). Exercise as treatment for anxiety: Systematic review and analysis. *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine*, 49(4), 542–556. <https://doi.org/10.1007/s12160-014-9685-9>
- Stubbs, B., Vancampfort, D., Rosenbaum, S., Firth, J., Cosco, T., Veronese, N., Salum, G. y Schuch, F.** (2017). An examination of the anxiolytic effects of exercise for people with anxiety and stress-related disorders: A meta-analysis. *Psychiatry Research*, 249, 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.12.020>
- Vásquez, C. y Posada, Z.** (2022). Salud mental y retiro deportivo en atletas Antioqueños que participaron en Juegos Olímpicos y Juegos Paralímpicos. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11(3), 148–169. <https://doi.org/10.24310/riccafd.2022.v11i3.15725>
- Wipfli, B., Rethorst, C. y Landers, D.** (2008). The anxiolytic effects of exercise: a meta-analysis of randomized trials and dose-response analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 30(4), 392–410. <https://doi.org/10.1123/jsep.30.4.392>

Estudio de correlación entre edad cronológica y maduración ósea en vértebras cervicales

Study of Correlation between Chronological Age and Skeletal Maturation in Cervical Vertebrae

Estefanía Sierra Castillejos ^a | José Reyes Barradas Viveros ^b

Recibido: 3 de agosto de 2023.

Aceptado: 12 de octubre de 2023.

^a Facultad de Odontología, Universidad Veracruzana. Xalapa, México, Contacto: emilydelcallejo@gmail.com

*Autor para correspondencia.

^b Facultad de Odontología, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: josebarradas@uv.mx *Autor para correspondencia.

Cómo citar:

Sierra-Castillejos, E. y Barradas-Viveros, J. (2024). Estudio de correlación entre edad cronológica y maduración ósea en vértebras cervicales. *UVserva*, (17), 158-173. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2961>

Resumen: Este estudio tiene como objetivo analizar 800 radiografías laterales de cráneo para establecer la correlación de la edad cronológica y la maduración ósea mediante el estudio de vértebras cervicales según el método de Baccetti en pacientes de 8-17 años que acudieron a un centro radiológico en Xalapa, Veracruz, México. Los resultados reflejaron una correlación positiva entre la edad cronológica y el estadio de maduración ósea, con aumento en la media de edad a medida que avanzaba en los estadios. El pico máximo de crecimiento mandibular se observó en el estadio CS3, alcanzado en un rango de edad de 13.4 ± 1.1 años tanto en hombres como en mujeres. No se encontraron diferencias significativas en la maduración ósea entre ambos sexos. Estos hallazgos resaltan la utilidad de la radiografía lateral de cráneo en la evaluación de la maduración ósea, en el diagnóstico y tratamiento de ortodoncia y ortopedia.

Palabras clave: Edad cronológica; maduración ósea; radiografías laterales de cráneo; estadio de maduración; vértebras cervicales.

Abstract: *This study aims to analyze 800 lateral skull radiographs to establish the correlation between chronological age and bone maturation by studying cervical vertebrae according to the Baccetti method in patients aged 8-17 years who attended a radiological center in Xalapa, Veracruz, Mexico. The results reflected a positive correlation between chronological age and bone maturation stage, with an increase in the mean age as it progressed through the stages. The peak mandibular growth was observed at CS3 stage, reached in an age range of 13.4 ± 1.1 years in both males and females. No significant differences in bone maturation were found between both sexes. These findings highlight the utility of lateral skull radiography in assessing bone maturation, in orthodontic and orthopedic diagnosis and treatment.*

Keywords: *Chronological age; bone maturation; lateral skull radiographs; maturation stage; cervical vertebrae.*

Introducción

Las maloclusiones, según la Organización Mundial de la salud (OMS), ocupan el tercer lugar de prevalencia dentro de los problemas de salud bucodental. Es por eso que en la práctica diaria odontopediátrica y ortopédica es de suma importancia conocer la relación que existe entre la edad cronológica y la maduración ósea con la finalidad de realizar diagnóstico oportuno y brindar al paciente el tratamiento ortopédico u ortodóntico idóneo (Ayala *et al.*, 2018).

Debido a que el crecimiento y desarrollo es diferente en cada individuo, la edad cronológica solo nos permite conocer el tiempo que ha pasado desde el nacimiento, pero no ayuda a determinar los períodos en donde se acelera, se disminuye o se detiene el crecimiento. Es por eso que en el diagnóstico y tratamiento en ortopedia se necesita conocer los estadios de maduración ósea, ya que los individuos de la misma edad cronológica existirán muchas diferencias fisiológicas en su desarrollo, por lo cual

necesitamos evaluar de manera precisa mediante algún método de maduración ósea su desarrollo (Mesa *et al.*, 2021).

Existen varios métodos para evaluar la maduración ósea, al utilizar algún método en la valoración de la maduración ósea se obtienen datos que determinan el ritmo o el tiempo de maduración individual. Una de las herramientas para el diagnóstico ortopédico-ortodóntico temprano, y para identificar cuándo es el momento óptimo para el tratamiento, es el análisis de maduración de las vértebras cervicales. El estudio del método de Bacceti nos permite conocer el pico de crecimiento mandibular, dicho estudio está basado en el análisis de la segunda a cuarta vértebra cervical (Salazar-Tasintuña y Moya-Silva, 2017).

Las vértebras cervicales pueden observarse en una radiografía lateral de cráneo, la cual es solicitada para ser utilizada como un método convencional de diagnóstico de ortodoncia y ortopedia maxilar, y al ser considerada como herramienta para la valoración de la maduración ósea se disminuye la exposición del paciente a radiación al no necesitar otra imagen radiográfica para identificar el pico máximo de crecimiento.

Como lo señalan Reverte-Salazar *et al.* 2019, determinar y medir de manera precisa las etapas de crecimiento activos son algunos retos que debe afrontar el odontopediatra para tomar decisiones con respecto a instaurar, establecer tratamientos ortopédicos u ortodónticos que permitan modificarlo. Desde el momento de la fecundación hasta la edad adulta ocurren cambios somáticos y funcionales en el ser humano como resultado de los procesos de crecimiento y desarrollo (Bedoya-Rodríguez, 2016).

Ambos procesos tienen características comunes a todos los individuos de la misma especie, lo que los hace predecibles, sin embargo, presentan amplias diferencias entre los sujetos, dadas por el carácter individual del patrón de crecimiento y desarrollo, como lo indica De Fuentes *et al.* (2015). Este patrón típico emerge de la interacción de factores genéticos y ambientales que establecen, por una parte, el potencial de crecimiento, y por otra, la magnitud en que este potencial se expresa (Román *et al.*, 2015).

Es importante recordar que el crecimiento y desarrollo de las personas es único e individual y propio por lo cual se tienen diversos indicadores biológicos (Toledo y Otaño, 2011). La investigación de Toledo y Otaño enfatiza que, en la ortopedia maxilar y ortodoncia, es muy importante valorar el momento en el que se producen los cambios, tanto biológicos como estructurales, con relación al crecimiento y desarrollo de los maxilares.

El crecimiento y desarrollo de los individuos ha sido evaluado a partir del grado de madurez sexual, la edad cronológica, el desarrollo dental, el peso, el desarrollo óseo estimado a partir de los huesos de la mano y muñeca, como a partir del desarrollo cervical (Bedoya-Rodríguez, 2016).

La edad cronológica que constituye el tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento del examen no siempre permite valorar con precisión el crecimiento y desarrollo, ni los periodos en los cuales se acelera, se disminuye o se detiene, por lo que se recurre a determinar la madurez biológica. El concepto de madurez biológica es definido como las transformaciones sucesivas a través del tiempo, desde la concepción hasta la adultez; existen en la actualidad dos métodos fundamentales aplicables para su evaluación: la edad dental y la edad ósea (De Fuentes *et al.*, 2015)

La edad dental es un indicador de maduración corporal de importancia en la clínica odontológica para la planificación del tratamiento de pacientes en crecimiento. Normalmente la edad dental y la edad cronológica coinciden, pudiendo diferir algunas veces hasta por dos años. Si son más años se considera una anomalía, como lo menciono en su estudio Bedoya-Rodríguez (2016). Por lo tanto, el concepto de maduración se relaciona con la edad biológica de cada individuo (Toledo y Otaño, 2011), en la que ocurren cambios físicos y biológicos tanto a nivel celular como de órganos, tejidos y sistemas relacionados con la edad cronológica; pero las diferencias entre ellas y entre cada individuo pueden ser muy marcadas (Alvarado *et al.*, 2016).

La edad ósea es una estimación de la maduración de los huesos de un individuo y es de suma importancia ya que esta puede encontrarse acelerada o retrasada a lo largo de la infancia y la adolescencia, cada persona tiene un tiempo de maduración propio. La edad ósea se fundamenta en la valoración de distintos fenómenos de maduración y desarrollo, los cuales se presentan de forma constante y secuencial durante la madurez ósea, especialmente en los huesos de la mano, muñeca y en algunas vértebras cervicales (Alvarado *et al.*, 2016). Estos hallazgos se comparan con diferentes patrones de evaluación preestablecidos por sexo y edad, para tratar de predecir el crecimiento que tendrá el paciente, tal cual lo describe Bedoya-Rodríguez (2016). En el tratamiento de ortodoncia es importante determinar la edad ósea si se requiere un tratamiento ortopédico sagital o transversal a una edad tardía, en caso de solicitarse cirugía ortognática a edades tempranas y en la maloclusión de clase III (Martínez-Roque y Ardón, 2021).

La literatura consultada coincide en que existe correlación entre los dos métodos de evaluación y que ambos pueden ser utilizados para la identificación del pico máximo de crecimiento en seres humanos. Las vértebras pueden observarse en una radiografía lateral del cráneo, dicha radiografía es utilizada como un método convencional en el diagnóstico de ortodoncia y ortopedia maxilar. Por ello es importante considerarla como el primer método en la práctica ya que a través de esta radiografía se disminuye la exposición del paciente a radiación al no necesitar otra imagen radiográfica para identificar la edad biológica y el pico máximo de crecimiento, explicado de esta forma por Lévano (2019).

Baccetti proporcionó protocolos clínicos para el tratamiento de las maloclusiones en tres dimensiones. Estos protocolos requieren de identificación estricta y precisa de las etapas del Índice de Maduración de Vértebras Cervicales (CMV) para que sea clínicamente aplicable (Ramos y Navarrete, 2016). Según Baccetti la confiabilidad y eficiencia de un indicador de maduración esquelética debe ser evaluado respecto a varios requisitos fundamentales. Un indicador ideal debe caracterizarse por:

Eficacia en determinar el pico de crecimiento mandibular, evitar exposiciones a rayos x adicionales, fácil aplicación e interpretación, consistencia en la interpretación de los datos (inter examinadores), y utilidad diagnóstica al anticipar la ocurrencia del pico (que sea concordante al crecimiento mandibular). Posteriormente el grupo de Baccetti modificó el método y simplificó el original. Se limitaron las vértebras cervicales, según lo sugerido por Hassel y Farman, incluyendo sólo tres vértebras: C2-C3-C4 y su diagnóstico no se basó en un método comparativo entre etapas sino en etapas individuales que podían ser identificadas fácilmente en la radiografía lateral de manera individual (Zaror y Paniagua, 2008)

1. Método de maduración cervical según el análisis propuesto por Baccetti

En el momento de analizar las características morfológicas se tomaron en cuenta dos parámetros que determinan los 6 estadios de maduración según Baccetti (Zaror y Paniagua, 2008). En cuanto a los estadios óseos de maduración cervical-vertebral, según Baccetti son los siguientes:

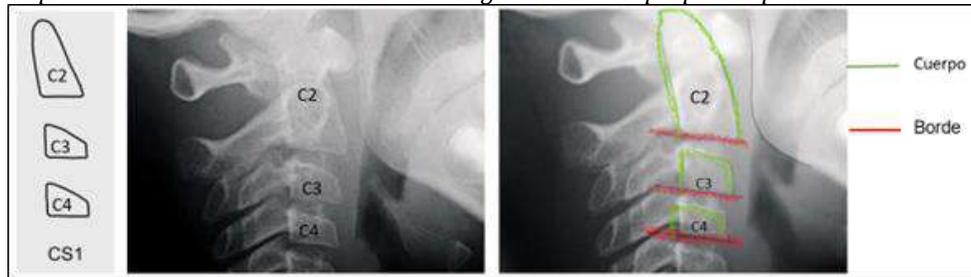
- I. La concavidad del borde inferior de C2, C3 y C4
- II. La forma del cuerpo de la C3 y C4 (11)

Estadio CS1

Como se muestra en la **Figura 1**, todos los bordes inferiores de las vértebras son planos (7 % puede presentar concavidad), C3 y C4 presentan forma trapezoidal. El pico de crecimiento mandibular ocurre 2 años después de este estadio.

Figura 1

Esquema del Estadio de maduración CS1 según el análisis propuesto por Baccetti



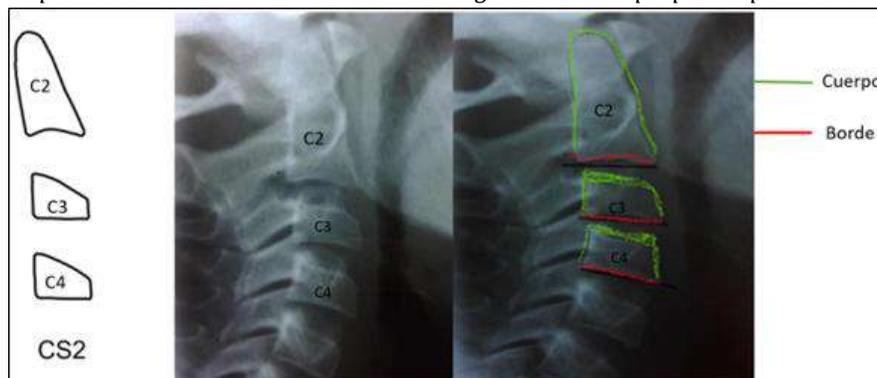
Fuente: (Ramos y Navarrete, 2016) y elaboración propia del diagrama.

Estadio CS2

Como se muestra en la **Figura 2**, el borde inferior de C2 presenta una concavidad (80 % de los sujetos). C3 y C4 continúan siendo de forma trapezoidal. El pico de crecimiento mandibular inicia 1 año después de este estadio.

Figura 2

Esquema del Estadio de maduración CS2 según el análisis propuesto por Baccetti



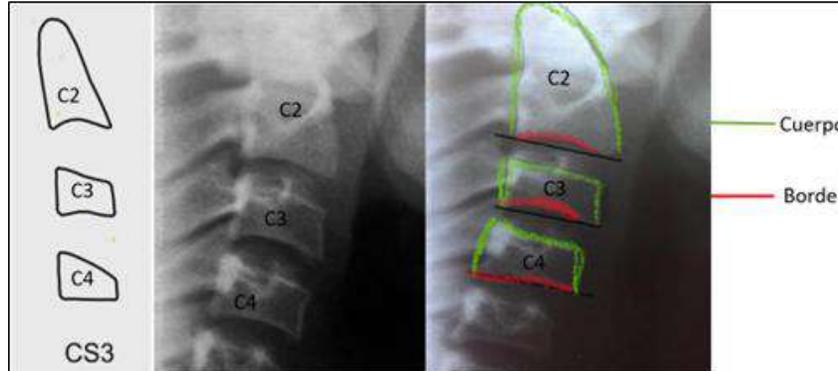
Fuente: (Ramos y Navarrete, 2016) y elaboración propia del diagrama.

Estadio CS3

Como se muestra en la **Figura 3**, el borde inferior de C2 y C3 presenta concavidad. Los cuerpos de C3 y C4 pueden ser de forma trapezoidal o de forma rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular inicia en esta etapa.

Figura 3

Esquema del Estadio de maduración CS3 según el análisis propuesto por Baccetti



Fuente: (Ramos y Navarrete, 2016) y elaboración propia del diagrama.

Estadio CS4

Como se muestra en la **Figura 4**, todos los bordes de las vértebras muestran concavidades. C3 y C4 muestran forma rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular finaliza en esta etapa o ha finalizado un año antes de este estadio.

Figura 4

Esquema del Estadio de maduración CS4 según el análisis propuesto por Baccetti

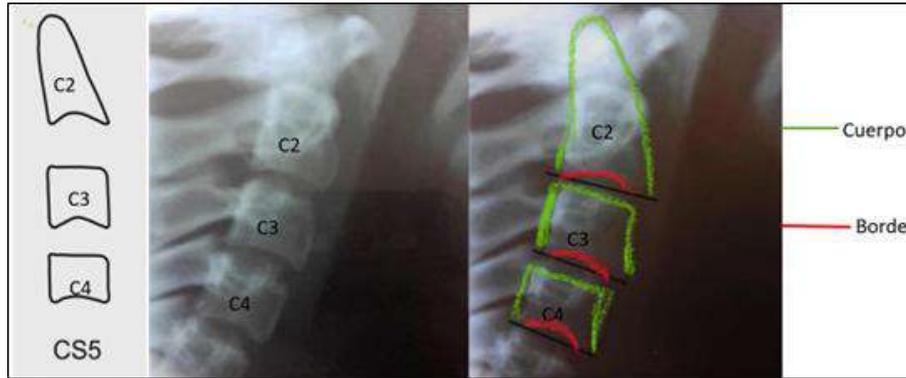


Fuente: (Ramos y Navarrete, 2016) y elaboración propia del diagrama.

Estadio CS5

Como se muestra en la **Figura 5**, todos los bordes inferiores de las vértebras presentan concavidad. Al menos uno de los cuerpos de C3 o C4 presenta forma cuadrada. Si no es cuadrado el cuerpo de la otra vértebra cervical continúa siendo rectangular horizontal. El pico de crecimiento mandibular ha finalizado 1 año antes de este estadio.

Figura 5
Esquema del Estadio de maduración CS5 según el análisis de Baccetti

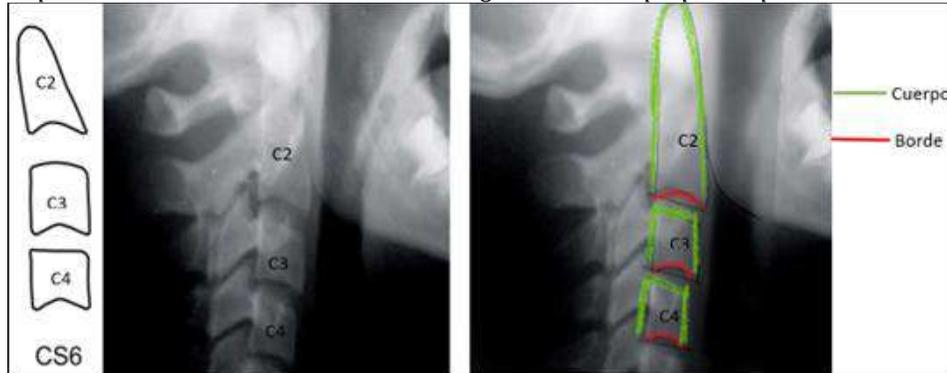


Fuente: (Ramos y Navarrete, 2016) y elaboración propia del diagrama.

Estadio CS6

Como se muestra en la **Figura 6**, todos los cuerpos vertebrales muestran concavidad evidente. Al menos uno de los cuerpos de C3 y C4 muestra forma rectangular vertical. El pico de crecimiento mandibular ha finalizado 2 años antes de este estadio.

Figura 6
Esquema del Estadio de maduración CS6 según el análisis propuesto por Baccetti



Fuente: (Ramos y Navarrete, 2016) y elaboración propia del diagrama.

En este método el punto de mayor crecimiento mandibular se produce entre el CVMS II y CVMS III. Este método es particularmente útil según los autores para evaluar a una persona de la que solamente se posee una radiografía lateral de cráneo en la que se observa la columna cervical desde la segunda a la cuarta vértebra.

El uso de la radiografía lateral de cráneo es confiable para la evaluación de las vértebras cervicales utilizando el análisis propuesto por Baccetti, lo cual permite estimar el pico de crecimiento y la maduración ósea, ayuda al diagnóstico y plan de tratamiento. Se puede determinar la edad cronológica y su relación con la maduración ósea según edad y sexo, por lo que es una herramienta de gran ayuda para el profesional.

2. Metodología

El objetivo del estudio fue evaluar la relación entre la edad cronológica y el estadio de maduración ósea de las vértebras cervicales en pacientes de 8 a 17 años que se sometieron a radiografías laterales de cráneo en un centro radiológico en Xalapa, Veracruz, México. Para llevar a cabo esto, se clasificaron las radiografías según el método de Baccetti y se realizaron análisis estadísticos para determinar la correlación entre la edad cronológica de los pacientes y el estadio de maduración ósea de las vértebras cervicales.

Se utilizó una muestra por conveniencia que incluyó 800 radiografías, de las cuales se excluyeron aquellas con mala nitidez o falta de contraste en la zona de las vértebras cervicales, así como las que no identificaban la edad y el sexo del paciente.

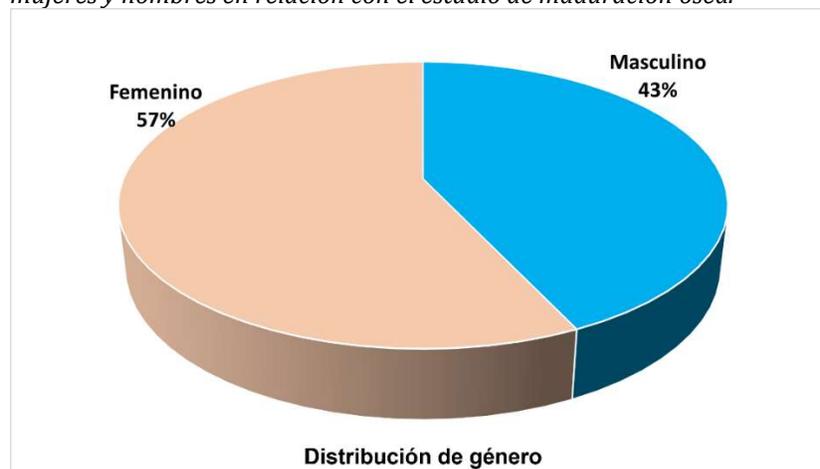
Los datos obtenidos se registraron en una cédula de recolección de datos en Excel y se analizaron mediante el método Baccetti. Se realizó un análisis estadístico que incluyó la caracterización del grupo de estudio, cálculos de media, desviación estándar, rango, porcentaje de participantes por estadio y pruebas estadísticas como el Anova de Kruskal-Wallis. Se utilizó el software Excel de Microsoft y Minitab14 para el análisis de los datos recopilados.

3. Resultados

El grupo de elementos de estudio estuvo formado por 800 radiografías laterales de cráneo en pacientes pediátricos de Xalapa, Ver. 109 radiografías fueron excluidas debido a la falta de nitidez y buen contraste en la zona de interés, por lo que el grupo de radiografías que cumplieron los criterios de inclusión correspondieron a 691 pacientes. En cuanto a la distribución de género en los pacientes (**Figura 7**), se concluyó que el grupo de mujeres correspondió al 57 % (n= 394) y 43 % hombres (n= 297).

Figura 7

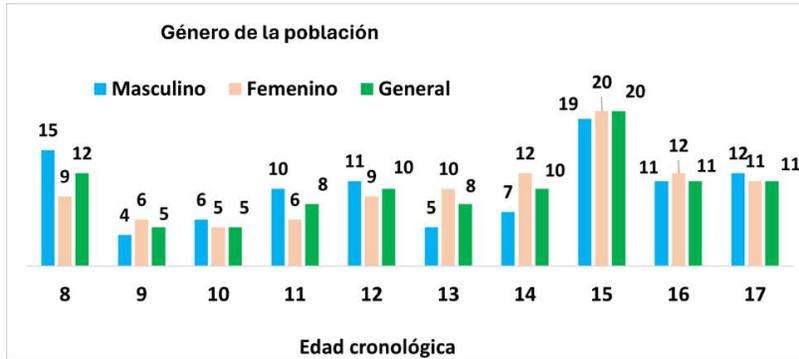
Distribución de género en pacientes pediátricos: Análisis de un grupo de mujeres y hombres en relación con el estudio de maduración ósea.



Fuente: Elaboración propia.

La media de edad general fue de 13 ± 2.91 años, en un rango de 8-17 años, y mediana de 14 años, en el grupo de pacientes hombres la media fue de 12.86 ± 3.03 años y mediana de 13 años, la media del grupo de mujeres fue de 13.2 ± 2.8 años y mediana de 14 años, a nivel general y por sexo la moda fue de 15 años y el grupo con menor representación fue el de 9 años, como se representa en la **Figura 8**.

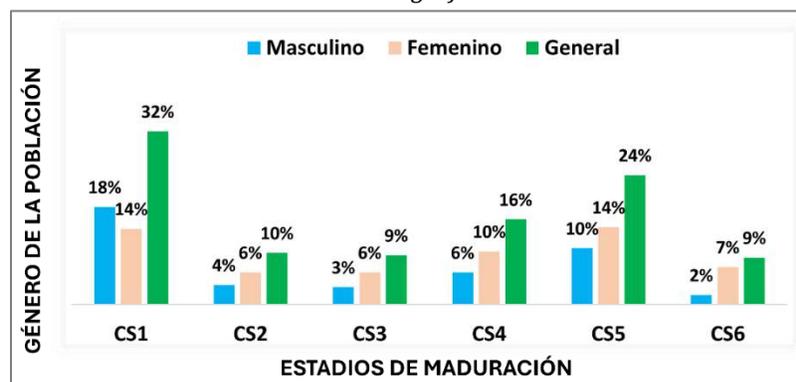
Figura 8
Características de edad en pacientes pediátricos: Análisis de la media, mediana y rango con relación al género



Fuente: Elaboración propia.

La figura siguiente muestra los estadios de maduración ósea mediante el estudio de vértebras cervicales según el método Baccetti encontrados en los 691 estudios radiográficos (ver **Figura 9**). Se observa que se encontraron 32 % en el estadio CS1, de estos, el 18 % fueron hombres y el 14 % mujeres. Es el único estadio donde el número de pacientes hombres superó al número de mujeres, recordando que el grupo de hombres es menor.

Figura 9
Distribución de los Estadios de Maduración Ósea según el sexo mediante el Método Baccetti en Estudios Radiográficos



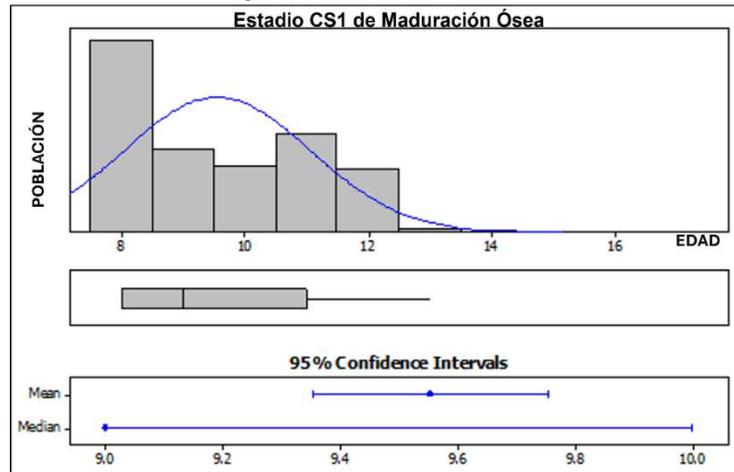
Fuente: Elaboración propia.

Estudiando la relación del estadio con la edad, se presentan a continuación los histogramas que muestran la distribución de la edad general por cada estadio (ver

Figura 10). Para el estadio CS1, la media de edad fue de 9.5 ± 1.5 años, con un rango de 8 a 13 años y una mediana de 9 años.

Figura 10

Distribución de Edad para el Estadio CS1 de Maduración Ósea

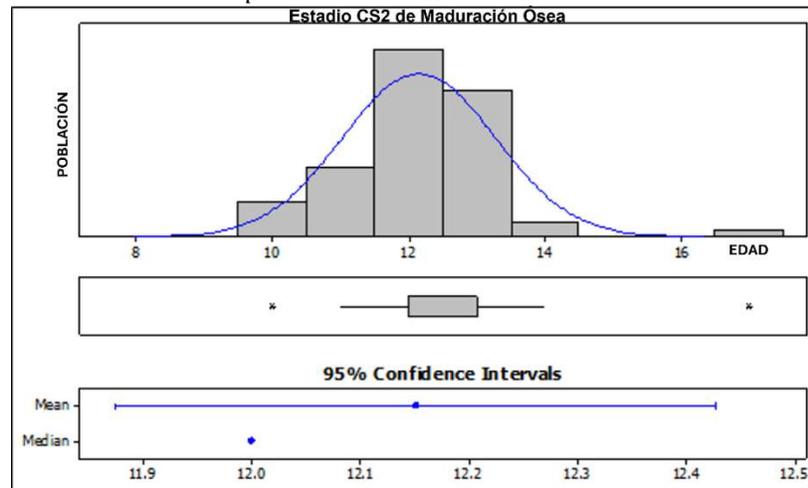


Fuente: Elaboración propia.

En el estadio CS2, como se puede observar en la **Figura 11**, la media fue de 12.2 ± 1.3 años, con un mínimo de 10 años y un máximo de 17 años. La mediana fue de 12 años.

Figura 11

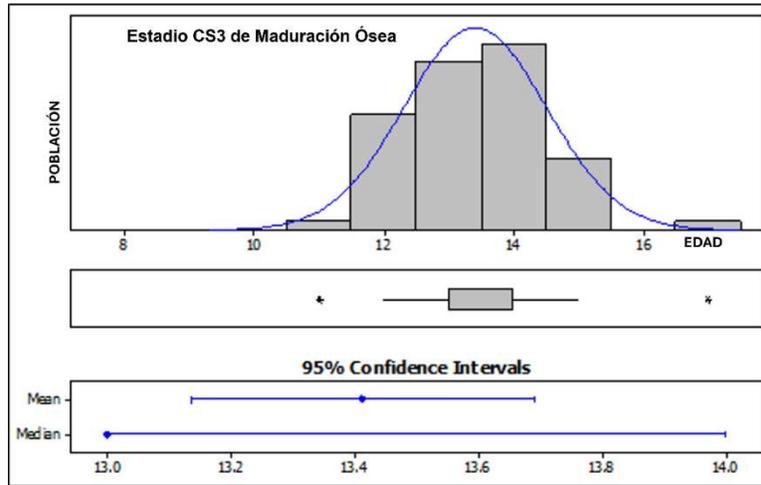
Distribución de Edad para el Estadio CS2 de Maduración Ósea



Fuente: Elaboración propia

En el estadio CS3, la media (como se muestra en la **Figura 12**) fue de 13.4 ± 1.1 años, con una mediana de 13 años, un mínimo de 11 y un máximo de 17 años.

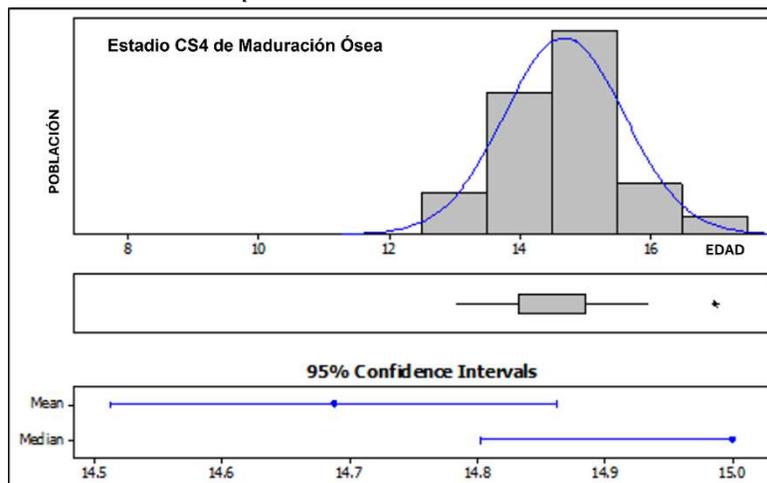
Figura 12
Distribución de Edad para el Estadio CS3 de Maduración Ósea



Fuente: Elaboración propia.

En el estado CS4, la media de edad fue de 14.7 ± 0.92 años, con una mediana de 15 años, un mínimo de 13 y un máximo de 17 años, como se ilustra en la **Figura 13**.

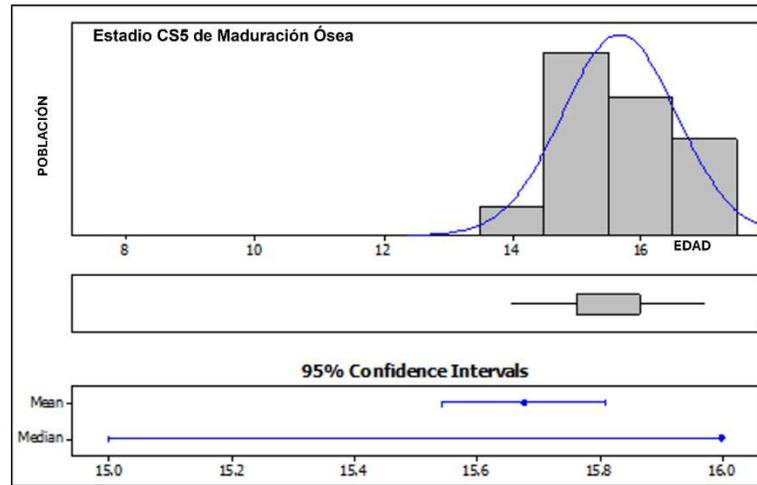
Figura 13
Distribución de Edad para el Estadio CS4 de Maduración Ósea



Fuente: Elaboración propia.

En el estadio CS5, la media de edad fue de 15.7 ± 0.89 años, con una mediana de 16 años y un rango de 14 a 17 años (véase la **Figura 14**).

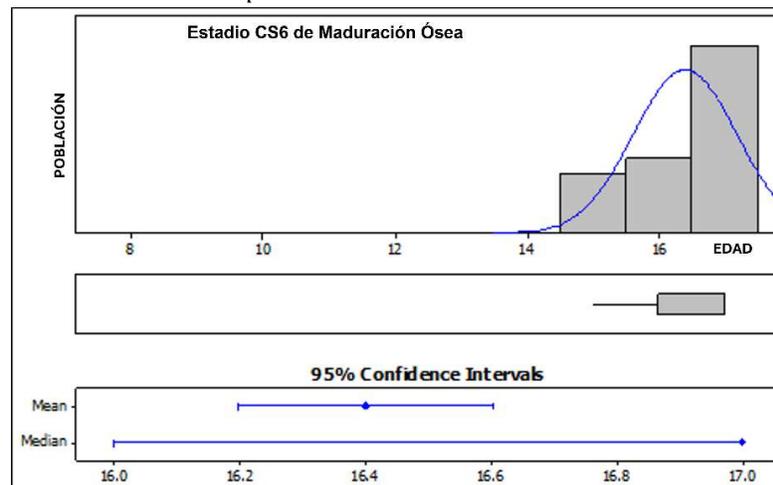
Figura 14
Distribución de Edad para el Estadio CS5 de Maduración Ósea



Fuente: Elaboración propia.

En el estadio CS6, la media de edad fue de 16.4 ± 0.78 años, con una mediana de 17 años y un rango de 15 a 17 años (véase la **Figura 15**).

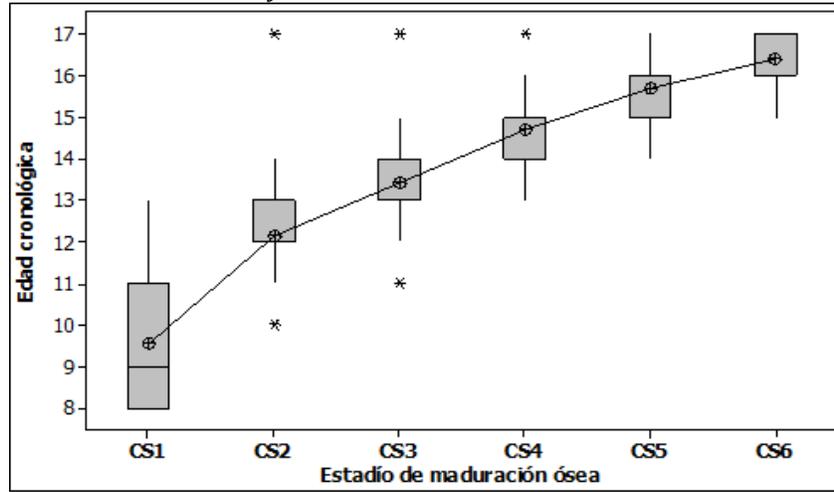
Figura 15
Distribución de Edad para el Estadio CS6 de Maduración Ósea



Fuente: Elaboración propia.

A nivel general, la edad con relación al estadio muestra una correlación positiva; es decir, aumenta la media de edad a mayor estadio. Además, se observa una mayor dispersión en CS1 y menor dispersión en los estadios CS5 y CS6. Asimismo, se observan valores extremos de edad en CS2 y CS3 y un valor extremo superior en CS4. Puedes visualizar estas relaciones en detalle en la **Figura 16**. Como resultado, se establece una diferencia en las medianas por estadio ($p= 0.000$).

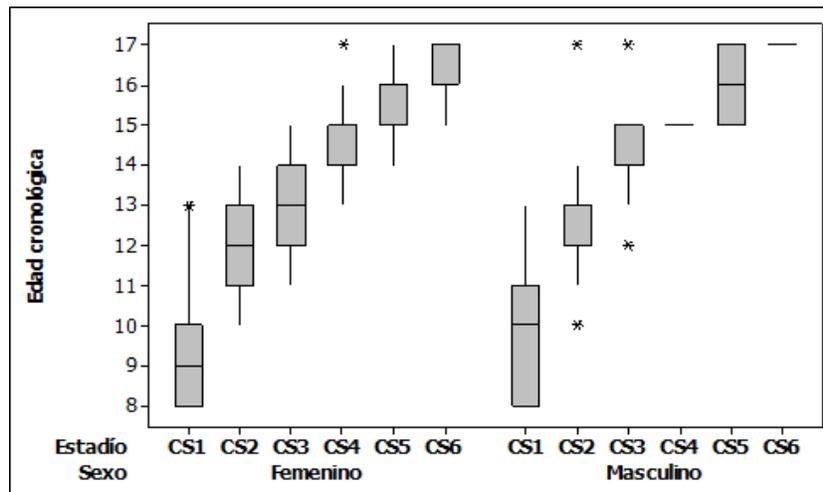
Figura 16
Correlación entre Edad y Estadios de Maduración Ósea



Fuente: Elaboración propia.

Comparando los estadios por separado entre hombres y mujeres, se observa la misma correlación positiva, y se pueden ver con mayor detalle la presencia de valores extremos de la edad. En el caso del grupo de hombres, algunas cajas no se presentan debido al número reducido de datos en ciertos estadios y a la mínima dispersión (véase la **Figura 17**).

Figura 17
Comparación de Estadios de Maduración Ósea por género



Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

La radiografía lateral de cráneo ha demostrado ser un valioso recurso en la evaluación de la maduración ósea, especialmente a través del análisis de las vértebras cervicales utilizando el método propuesto por Baccetti. Este enfoque no solo permite predecir el pico de crecimiento, crucial para el diagnóstico y tratamiento ortodóncico y ortopédico dentomaxilar, sino que también puede reemplazar eficazmente la radiografía de mano y muñeca en este proceso, lo que beneficia al paciente al evitar exposiciones adicionales a la radiación y reduce los costos asociados con los estudios.

El estudio en cuestión empleó un grupo considerable de radiografías que cumplieran con los criterios de inclusión, alcanzando un total de 691, una muestra significativamente mayor en comparación con investigaciones previas. Por ejemplo, autores como Ramiro J. Salazar (2017) y Bedoya *et al.* (2016) utilizaron muestras más pequeñas de 50 y 130 radiografías respectivamente. Además, es relevante destacar que no se ha realizado ningún estudio en México con una muestra que supere el tamaño utilizado en esta investigación.

Una observación común en los estudios revisados es que la mayoría de los sujetos se encontraban en el rango de 8 a 12 años, etapas que marcan el inicio del pico de crecimiento, con una edad límite identificada entre los 15 y 17 años, momento en el que concluye este proceso. Por tanto, la selección de sujetos entre 8 y 17 años abarca el período crítico en el que se producen cambios significativos en el crecimiento y desarrollo óseo, lo que enriquece la comprensión de los procesos fisiológicos y patológicos en esta población.

Los resultados obtenidos establecieron una correlación positiva entre la edad cronológica y la maduración ósea en pacientes de 8 a 17 años en Xalapa, Veracruz, México. Estos hallazgos concuerdan con los resultados obtenidos por Lévano (2019) en su estudio sobre la relación entre la edad cronológica y la maduración ósea cervical utilizando el método de Baccetti. Sin embargo, a diferencia de otros estudios, no se encontraron diferencias significativas en la maduración ósea entre hombres y mujeres en este análisis. Es importante señalar que, mientras el estudio mencionado y autores como Salazar y Moya (2017) y Toledo y Otaño (2011) encontraron diferencias estadísticamente significativas en la maduración ósea, que es más acelerada en las niñas que en los niños, este estudio no encontró una diferencia significativa entre géneros. El estadio de maduración ósea cervical (CS3), que corresponde al pico máximo en este análisis, se alcanzó tanto en hombres como en mujeres en un rango de edad de 13.4 ± 1.1 años. Estos resultados discrepan con investigaciones anteriores que indican que el pico máximo de crecimiento en las mujeres comienza a una edad más temprana que en los varones.

Una hipótesis para explicar estas discrepancias podría atribuirse a la variabilidad en la muestra de cada estudio, incluyendo factores como la distribución geográfica, la etnia, la nutrición y otros factores genéticos y ambientales que podrían influir en el desarrollo óseo de los sujetos. Esta diversidad subraya la importancia de considerar múltiples variables al interpretar los resultados y resalta la necesidad de una mayor investigación para comprender plenamente los determinantes de la maduración ósea en diferentes poblaciones.

5. Conclusiones

En este estudio a nivel general se logró determinar que la edad cronológica y la maduración ósea muestran una correlación positiva, la media de edad aumenta a mayor estadio. Comparando los estadios por separado entre hombres y mujeres se observa una correlación positiva entre la edad cronológica y la maduración ósea según sexo y edad, es decir no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la maduración ósea entre el grupo de hombres y mujeres.

De acuerdo con los resultados del presente estudio se puede concluir que el estadio de maduración ósea cervical (CS3) que corresponde al pico máximo de crecimiento es alcanzado tanto en hombres como en mujeres en el grupo de edad de 13.4 ± 1.1 años.

Para el odontopediatra y el ortodoncista, la información obtenida no solo es de gran utilidad, sino que también representa un recurso invaluable en la toma de decisiones clínicas fundamentales. La comprensión precisa de la correlación entre la edad cronológica y la maduración ósea cervical les permite anticipar y planificar con mayor precisión los tratamientos de ortopedia dentomaxilar. Al conocer el momento óptimo para intervenir, se pueden aplicar terapias ortodóncicas y ortopédicas en el momento más propicio del crecimiento y desarrollo del paciente.

Esta anticipación permite aprovechar plenamente los períodos críticos de crecimiento, lo que puede resultar en tratamientos más eficaces y resultados más predecibles. Al intervenir en el momento adecuado, se pueden corregir maloclusiones y problemas dentomaxilares con mayor facilidad y eficacia, lo que puede reducir la duración del tratamiento y minimizar la necesidad de intervenciones más invasivas en el futuro.

Además, la capacidad de determinar el pico máximo de crecimiento, como se identifica en el estadio CS3 según el análisis de Baccetti, brinda a los odontopediatras y ortodoncistas una valiosa herramienta para personalizar los planes de tratamiento de cada paciente. Esto les permite adaptar las terapias a las necesidades específicas de cada individuo, optimizando así los resultados estéticos y funcionales a largo plazo.

En última instancia, la información obtenida a través de este estudio no solo mejora la eficacia y eficiencia de los tratamientos de ortopedia dentomaxilar, sino que también contribuye a una práctica clínica más informada y centrada en el paciente, ofreciendo un cuidado más personalizado y basado en evidencia, lo que resulta en una mejor calidad de atención para sus pacientes.

Referencias

- Alvarado, E., Rojo, J. y Rojas-García, A. (2016).** Comparación de la maduración ósea de vértebras cervicales utilizando los métodos de Baccetti y Lamparski en pacientes de 8 a 15 años. *International journal of odontostomatology*, 10(1), 63-67. <https://doi.org/10.4067/s0718-381x2016000100011>
- Ayala, Y., Carralero, L. y Leyva, B (2018).** La erupción dentaria y sus factores influyentes. *Correo Científico Médico*, 22(4) <https://tinyurl.com/4ek5bpdz>

- Bedoya-Rodríguez, A.** (2016). Edad cronológica y maduración ósea cervical en niños y adolescentes. *Revista Cubana de Estomatología*, 53(1) <https://tinyurl.com/26mkyj2s>
- De Fuentes, A., López, J., Jiménez, J., Ruidíaz, V. y Romero, R.** (2015). La correlación entre el análisis cervical y carpal de maduración ósea en niños y niñas mexicanos de 9 a 16 años del Hospital Infantil de México «Federico Gomez». *Revista Mexicana de Ortodoncia*, 3(4), 233-238. <https://doi.org/10.1016/j.rmo.2016.03.061>
- Lévano, J.** (2019). Relación de la edad cronológica con la maduración ósea cervical mediante el método de Baccetti. *Revista Científica Odontológica*. 7(2) <https://doi.org/10.21142/2523-2754-0702-2019-42-51>
- Martínez-Roque, K. y Ardón, E.** (2021). Madurez esquelética: el descubrimiento de la edad biológica a través de los métodos de evaluación de vértebras cervicales Baccetti y Carpal de Fishman. *Revista minerva*, 4(1), 51-62. <https://doi.org/10.5377/revminerva.v4i1.12460>
- Mesa, A., Barradas, J., Flores, A., Ortega, M. y Espinoza, H.** (2021). Estimación de la edad por medio de radiografías panorámicas en terceros molares con el método de Demirjian. *Revista Mexicana de Medicina Forense*, 6(2). <https://doi.org/10.25009/revmedforense.v6i2.2925>
- Ramos, C. y Navarrete, N.** (2016). Evaluación de la maduración ósea mediante el análisis de vértebras cervicales según el método de Lara en niños de 8 a 16 años. *Revista Latinoamericana de ortodoncia y odontopediatría*. (14) <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2016/art-14/>
- Reverte-Salazar, M., Rosales-Berber, M., Pozos-Guillén, A., Garrocho-Rangel, A., Torre-Delgadillo, A. y Esparza-Villalpando, V.** (2019). Correlación entre la edad cronológica y dental con los estadios de maduración vertebral en pacientes de 5 a 15 años. *International Journal of Morphology*, 37(2), 548-553. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022019000200548>
- Román, J., Bermúdez, O., Pombo, J., Mardínis, T., Edna, M. y Herrera, A.** (2015). Determination of the stages of skeletal maturation by analysis BacCETI. *Salud uninorte*, 31(2), 228-233. <https://doi.org/10.14482/sun.31.2.6495>
- Salazar-Tasintuña, R. y Moya-Silva, T.** (2017). Evaluación de los estadios de maduración ósea mediante el estudio de vértebras cervicales, según el método de Baccetti. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 3(1). <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.1.346-360>
- Toledo, M. y Otaño, L.** (2011) Correlación entre las edades cronológica y ósea en pacientes de ortodoncia. *Revista Cubana de Estomatología*, 48(1), 22-28. <https://tinyurl.com/w9yp4m84>
- Zaror, Q. y Paniagua, B.** (2008) Determinación de la maduración esquelética según el método de evaluación cervicovertebral y su relación con la oportunidad de tratamiento con clase II dento-esquelética. *International Journal of Odontostomatology*, 2(1), 27-31. <https://tinyurl.com/3kw745vy>

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2962>

Estrategias de inmovilización enzimática

Enzyme immobilization strategies

Ghian Emir Sosa Parra ^a | Rodolfo Quintana-Castro ^b
Rosa María Oliart-Ros ^c | Alfonso Alexander-Aguilera ^d
María Guadalupe Sánchez-Otero ^e

Recibido: 12 de julio de 2023.

Aceptado: 23 de febrero de 2024.

^a Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: ghianemir@gmail.com | ORCID: [0009-0001-0469-6637](https://orcid.org/0009-0001-0469-6637)

^b Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: roquintana@uv.mx | ORCID: [0000-0001-5188-6110](https://orcid.org/0000-0001-5188-6110)

^c Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz, México. Contacto: rosa.or@veracruz.tecnm.mx | ORCID: [0000-0003-1204-8792](https://orcid.org/0000-0003-1204-8792)

^d Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: aalexander@uv.mx | ORCID: [0000-0001-8415-6923](https://orcid.org/0000-0001-8415-6923)

^e Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. Contacto: guadsanchez@uv.mx | ORCID: [0000-0002-7916-7158](https://orcid.org/0000-0002-7916-7158) *Autora para correspondencia.

Cómo citar:

Sosa-Parra, G., Quintana-Castro, R., Oliart-Ros, R., Alexander-Aguilera, A. y Sánchez-Otero, M. G. (2024). Estrategias de inmovilización enzimática. *UVserva*, (17), 174-197. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2962>

Resumen: La biocatálisis es el uso de enzimas para acelerar las reacciones químicas y posee innegables ventajas sobre la catálisis convencional, ya que disminuye sensiblemente el uso de compuestos tóxicos y disolventes, genera menos residuos peligrosos, y permite trabajar en condiciones menos agresivas de temperatura y pH, a pesar de estas bondades, las enzimas, por su naturaleza proteica, pueden ser fácilmente desnaturalizadas y al ser solubles, no son recuperables del medio de reacción, por ello, la inmovilización enzimática es una especialidad de la biocatálisis en constante desarrollo y crecimiento ya que permite una mayor estabilidad, reuso y fácil recuperación del medio, su aplicación es ya generalizada y va en aumento en industrias tales como la farmacéutica, la de los biocombustibles, la alimentaria y de producción de sabores, fragancias y cosméticos. Las diferentes estrategias para obtener derivados inmovilizados se abordan en el presente documento.

Palabras clave: Biocatálisis; biotecnología; estabilidad de enzimas.

Abstract: *Biocatalysis is the use of enzymes to accelerate chemical reactions and has undeniable advantages over conventional catalysis, since it significantly reduces the use of toxic compounds and solvents, generates less hazardous waste, and allows working in less aggressive conditions of temperature and pH, Despite these benefits, enzymes due to their protein nature can be easily denatured and being soluble, they are not recoverable from the reaction medium, therefore, enzymatic immobilization in a specialty of biocatalysis in constant development and growth since it allows a greater stability, reuse and easy recovery of the medium, its use is already widespread and is increasing in industries such as pharmaceuticals, biofuels, the food industry and the production of flavors, fragrances and cosmetics. The different strategies to obtain immobilized derivatives are addressed in this document.*

Keywords: *Biocatalysis; Biotechnology; Enzyme Stability.*

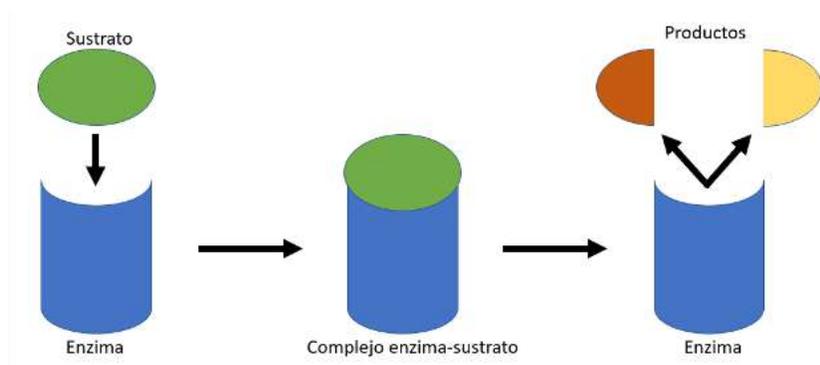
1. Enzimas: los catalizadores de la naturaleza

Las enzimas son moléculas tipo polimérico, es decir formados por unidades repetitivas llamadas aminoácidos que se unen mediante un enlace denominado peptídico y cuyo plegamiento en el espacio forma un ambiente químico óptimo para que una reacción determinada pueda realizarse a mayor velocidad y con un menor consumo de energía, este ambiente y la reacción misma ocurren en el llamado sitio activo de la enzima, donde se fija el sustrato específico (Nelson y Cox, 2014). En la **Figura 1** se esquematiza la conversión de sustratos a productos por las enzimas.

La estructura tridimensional de cada cadena depende de la secuencia de aminoácidos particular de cada enzima. Esta estructura tridimensional se compone de cuatro niveles de construcción, en el que el primero es la secuencia misma de aminoácidos, el segundo es el acomodo en estructuras repetitivas conocidas como alfa-hélices y hojas-beta plegadas; el tercer nivel es el plegamiento producto de la interacción de las estructuras secundarias y el medio donde se encuentra la enzima

inmersa. La estructura cuaternaria se presenta si dos o más subunidades proteicas se ensamblan entre sí para formar complejos globulares (Guzik *et al.*, 2014; Nelson y Cox, 2014).

Figura 1
Representación esquemática de un complejo enzima sustrato



Fuente: Elaboración propia.

Existen miles de enzimas y para su estudio se ha hecho uso de la sistematización, el sitio “ExplorEnz” contiene la lista de clasificación y nomenclatura de enzimas aprobada por la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular (IUBMB). Creado por el Trinity College Dublín en el año 2005 (McDonald *et al.*, 2009; McDonald y Tipton, 2023).

En ese sitio existen más de 6000 entradas y cada una correspondiente a una enzima en particular. La clasificación se basa en un sistema de cuatro números que identifica cada enzima de acuerdo a la reacción que cataliza asociado al nombre aceptado de la enzima. Tradicionalmente había seis grupos (**Tabla 1**), pero a partir del año 2018 se integró un séptimo grupo: las Translocasas.

Tabla 1
Clasificación de las enzimas por reacción catalizada

Clase	Reacción que catalizan
Óxido-Reductasas	Transmisión o traslado de átomos de H.
Transferasas	Transfieren grupos funcionales
Hidrolasas	Ruptura de grupos funcionales inserción de molécula de agua (hidrólisis).
Liasas	Síntesis o ruptura de dobles enlaces por eliminación o adición de radicales.
Isomerasas	Reubicación de grupos funcionales en una misma molécula (interconversión de isómeros).
Ligasas	Catalizan la unión de dos moléculas por medio de enlaces carbono-carbono, carbono-oxígeno, carbono azufre y carbono-nitrógeno.
Translocasas	Catalizan el movimiento de iones o moléculas a través de membranas o su ruptura al interior de las membranas.

Fuente: Adaptada de McDonald y Tipton (2023).

Existen nombres genéricos aceptados relacionados al tipo de reacción que cada enzima cataliza tales como oxidoreductasa, transferasa, hidrolasa, liasa, racemasa,

epimerasa, isomerasa, mutasa o ligasa. Los nombres sistemáticos consisten de dos partes: una que contiene el nombre del sustrato o en algunos casos los sustratos, separados por dos puntos y la segunda parte a la que se agrega el sufijo -asa, que señala el tipo de reacción, por ejemplo lactato deshidrogenasa, glucosa oxidasa, etc. Estos nombres sistemáticos pueden ser complicados de usar y actualmente la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC por sus siglas en inglés) trabaja junto con el Comité de nomenclatura de IUBMB para que los nombres utilizados sean prácticos y precisos (McDonald *et al.*, 2009; McDonald y Tipton, 2023).

2. Uso de las enzimas en la industria

Las reacciones catalizadas por enzimas ocurren naturalmente en todos los organismos y muchas de ellas son comunes en diversas clases de organismos (bacterias, vegetales, mamíferos, etc.). Aunque la función de una enzima en un organismo sea análoga a la de otras especies, puedes ser que la secuencia de aminoácidos y su estructura tridimensional tengan diferencias. Con la biodiversidad del planeta, esto genera un abanico de reacciones distintas catalizadas por miles de enzimas (Basso y Serban, 2019; Fasim *et al.*, 2021).

Estas capacidades catalíticas en donde se conjuntan una velocidad de reacción muy elevada y una variedad de reacciones, condiciones y sustratos posibles, hacen que las enzimas sean conocidas como los biocatalizadores más eficientes y diversos, representando así una enorme potencialidad para ser aplicadas en diversas áreas industriales, tales como en la síntesis de fármacos, aromas y sabores, en la industria de los alimentos, de la peletería, en la producción de biocombustibles y detergentes e inclusive en la producción de biosensores y cosméticos (Basso y Serban, 2019; Fasim *et al.*, 2021).

En buscadores científicos y de bases de datos de patentes, es evidente que cada vez más procesos cambian de la química convencional que usa catalizadores químicos convencionales a la biocatálisis cuya eficiencia radica fundamentalmente en el uso de enzimas. La biocatálisis mejora el porcentaje de conversión, la selectividad y especificidad en la reacción, también incrementa los beneficios económicos y ecológicos ya que las condiciones de reacción pueden hacerse más “suaves”, invirtiendo menos energía, menos solventes orgánicos potencialmente tóxicos, generando menor huella de carbono, y maximizando la eficiencia atómica de la reacción, es decir usando todos los átomos disponibles para generar el producto deseado, generando así menos subproductos o desechos (Basso y Serban, 2019; Choi *et al.*, 2015).

El grupo de enzimas más abundantemente usado en diversas aplicaciones son las hidrolasas, se considera que, de todas las enzimas empleadas en la industria, alrededor de un 80 % pertenecen a esta categoría. Su amplio uso se debe a que no necesitan de cofactores, que son de costo relativamente bajo; existe un gran número de enzimas disponibles a precios no tan elevados; son altamente específicas al reconocer sustratos; y pueden ser empleadas en procedimientos y técnicas que usan disolventes no acuosos, como es el caso de las lipasas (Kocabaş *et al.*, 2022). La **Tabla 2** enlista algunas de las principales aplicaciones industriales de las enzimas.

Tabla 2
Algunas aplicaciones de las enzimas

Industria	Tipo	Aplicación
Alimentos	Proteasas	Coagulación de leche, fórmulas infantiles, producción de saborizantes
	Amilasas	Procesamiento de almidones, pectinas y celulosa
	Lipasas	Modificación de grasas y lácteos
Detergentes	Lipasas y proteasas	Eliminación de manchas
Alimentos de mascotas y agrícolas	Fitasas	Digestibilidad del fitato - liberación de fósforo
Bebidas y jugos	Pectinasas	Despectinización, maceración
Textiles	Celulasas	Acabado y suavizado de algodón
Industria farmacéutica y de síntesis orgánica	Lipasas	Resolución de compuestos quirales
	Proteasas	Síntesis de péptidos
Diagnóstico y salud	DNA polimerasas	Diagnóstico por PCR
	Deshidrogenasas y lipasas	Sensores

Fuente: Adaptada de Kirk *et al.* (2002) y Fasim *et al.* (2021).

La mayoría de las enzimas usadas en procesos industriales son de origen microbiano, mayoritariamente provenientes de bacterias y de hongos, esto es debido a que su producción tiene alto rendimiento, una buena relación uso/costo, buena reproducibilidad y rentabilidad; adicionalmente es fácil optimizar su producción. Por lo anterior, en todo el mundo, existen grupos de investigación que trabajan en el aislamiento de nuevas cepas microbianas, la identificación de las enzimas que producen, y su purificación, caracterización y aplicación. A estos esfuerzos se han sumado las nuevas técnicas moleculares tales como la metagenómica, en la que se analiza la secuencia de los ácidos nucleicos de una muestra, lo que permite identificar a una gran cantidad de genes presentes en un ambiente o comunidad microbiana y permite la identificación de nuevas especies, vías metabólicas y la caracterización filogenética y funcional de dichas comunidades (Ansorge, 2016). Esto ha permitido acceder a nuevas y numerosas enzimas para un mercado en constante crecimiento, se estima que la demanda global de enzimas genera un mercado de más de 7 000 millones de dólares anuales (Fasim *et al.*, 2021).

Existe un enfoque multidimensional utilizado en la mejora de los bioprocesos industriales, es decir, aquellos en los que se involucran biomoléculas o microorganismos, que incluye la búsqueda y mejoramiento de cepas microbianas, así como del uso de ingeniería metabólica y evolución dirigida; la bioprospección y el empleo de metagenómica; la optimización de medios de cultivo y sistemas de expresión, así como el diseño de biorreactores; el establecimiento de sistemas continuos de purificación mejora de sistemas secretores, el uso de células completas y la implementación de técnicas de inmovilización de enzimas. La **Figura 2** esquematiza los principales

aspectos de este enfoque multidimensional (Ansorge, 2016; Basso y Serban, 2019; Fasim *et al.*, 2021).

Figura 2

Enfoque multidimensional utilizado en la mejora de los bioprocesos industriales



Fuente: Elaboración propia adaptado de Fasim *et al.* (2021).

Uno de los principales inconvenientes para el uso de enzimas como biocatalizadores es la propia naturaleza proteica de las enzimas; estas biomoléculas son sensibles y propensas a desnaturalizarse en condiciones fisicoquímicas diferentes a las de su actividad óptima.

Tal es el caso de ciertas condiciones normales en procesos industriales, tales como: altas fuerzas iónicas, uso de solventes orgánicos, pHs y temperaturas extremas. Una de las principales estrategias para reducir la desnaturalización de las enzimas en estas condiciones es inmovilizarlas para así aumentar su resistencia estructural y por tanto su actividad catalítica (Maghraby *et al.*, 2023).

La información disponible acerca de los métodos para inmovilizar enzimas, los factores involucrados y las capacidades de dichas enzimas inmovilizadas es amplia, por lo que este documento pretende servir de introducción a los diferentes métodos para inmovilizar enzimas, así como a las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

3. Inmovilización de enzimas

Una vez que se ha decidido establecer un proceso que involucre el uso de al menos una enzima como biocatalizador, se debe determinar si se usará la enzima en forma libre (soluble) o en una forma sólida (insoluble), se le llama enzima inmovilizada, a todas aquellas que se encuentran restringidas en un espacio determinado de forma sólida (Arroyo, 1998). Producir la forma sólida de una enzima significa generar un

biocatalizador que combine estabilidad, selectividad y propiedades cinéticas de la enzima con las propiedades físicas y químicas de los vehículos o soportes sólidos, todo ello para maximizar la estabilidad y la actividad enzimática de interés en una forma final llamada enzima inmovilizada (Arroyo, 1998; Maghraby *et al.*, 2023; Mathews *et al.*, 2012).

Existen ventajas y desventajas en el confinar a las enzimas a estos espacios físicos: entre las ventajas se encuentran la posibilidad de recuperar el biocatalizador fácilmente del medio de reacción, la capacidad de reusarlo, el aumento de la estabilidad de las enzimas y los cambios favorables en la selectividad de la misma. La inmovilización mejora los procesos catalíticos ya que su uso disminuye, tiempos, costos y energía, haciendo más sostenible la actividad industrial y de otras áreas donde las enzimas sean usadas. Entre las desventajas se encuentran la posible disminución o pérdida de la actividad enzimática, las limitaciones en la difusión y transferencia de masa de sustratos y productos, el costo de la inmovilización y los cambios en la selectividad o aumentos de impedimentos estéricos (Basso y Serban, 2019; Brena *et al.*, 2013).

La elección del método de inmovilización es crucial ya que cada método pueda producir un biocatalizador con propiedades diferentes aun para una misma enzima, por ello es necesario conocer los diferentes métodos y aproximaciones para inmovilizarla. Cada estrategia de inmovilización presenta ventajas y desventajas ya que al inmovilizar a las enzimas estas pueden sufrir cambios como bloqueo del sitio activo, los problemas de difusión en el medio del sustrato o que los productos puedan alterar los rendimientos y provocar cambios en la estructura terciaria en la enzima, lo que afectaría la afinidad por el sustrato, o propiciar la desnaturalización de la enzima, algunas de estas ventajas y desventajas se muestran en la **Tabla 3** (García-Galán *et al.*, 2011; Maghraby *et al.*, 2023).

Tabla 3

Ventajas y desventajas de los métodos inmovilización enzimática comunes

Método	Ventajas	Desventajas
Encapsulación	Sin modificación química de la enzima La enzima debe retener la actividad catalítica en las condiciones de polimerización/transición del soporte	Fuga de enzimas Problemas de transferencia masiva
Atrapamiento	Sin modificación química de la enzima La enzima debe retener la actividad catalítica en las condiciones de polimerización/transición del soporte	Fuga de enzimas Problemas de transferencia masiva
Inclusión en membranas	Resistencia a microorganismos Actividad enzimática media-alta	Fuerza de unión débil
Adsorción	Sin modificación química de la enzima Fácil y barato de realizar	Fuga de enzimas Baja especificidad de la reacción (es decir, la adsorción y el intercambio iónico podrían superponerse)

Entrecruzamiento	Alta estabilidad Buen almacenamiento Buena reutilización	Disminución en actividad enzimática
Unión covalente	Resistencia de la encuadernación Minimización de fugas de catalizadores Estabilización de la enzima	Posibilidad de modificaciones estéricas de la enzima. Pérdida de actividad. Son necesarias modificaciones químicas del soporte. La fijación es irreversible, lo que impide la reutilización del soporte.

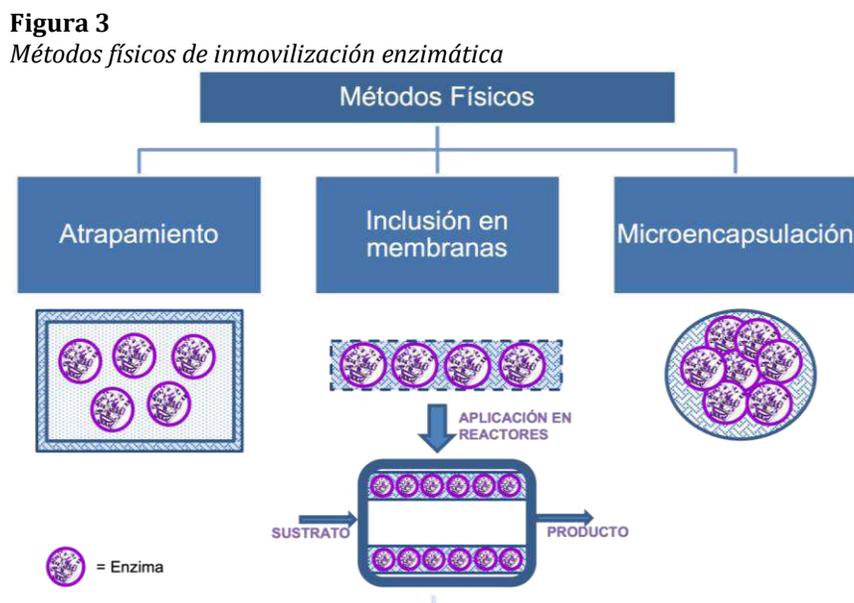
Fuente: Elaboración propia adaptado de Maghraby *et al.* (2023) y de Zucca y Sanjust (2014).

Los métodos para la inmovilización enzimática se pueden agrupar principalmente de dos formas: una, de acuerdo a la reversibilidad de la unión, es decir, si la unión entre la enzima y el soporte es reversible o irreversible; y la segunda, dependiendo de la naturaleza de la unión con el soporte, ya sea por unión física o por unión química (Maghraby *et al.*, 2023; Mathews *et al.*, 2012).

3.1. Inmovilización por métodos de retención física

Los métodos de inmovilización física son aquellos donde ninguna parte de la enzima reacciona con el material donde estará inmovilizada (soporte), solo se encuentra fija al mediante fuerzas físicas; las diferentes estrategias están enfocadas en “atrapar” a la enzima en algún medio o adsorberla al mismo (Arroyo, 1998; Maghraby *et al.*, 2023; Mathews *et al.*, 2012).

En la **Figura 3** están esquematizadas las principales estrategias de inmovilización física:



Fuente: Elaboración propia adaptada de Maghraby *et al.* (2023).

3.1.1. Atrapamiento

Se conoce como atrapamiento al confinamiento de un biocatalizador dentro de una matriz sólida y porosa que pueden geles o fibras normalmente de tipo polimérico tal como los alginatos, los carragenatos, resinas de poliuretano o polímeros del tipo poliacrilamida. Para inmovilizar una enzima por esta técnica se debe obtener una suspensión del biocatalizador de interés en una solución, donde ocurre una reacción de polimerización por causa de un cambio en la temperatura o por la interacción de diversos reactivos (Arroyo, 1998; Salazar-Leyva *et al.*, 2014).

Una vez que la enzima se confina en la matriz polimérica, ya puede incorporarse el medio de reacción, donde de manera ideal el flujo de productos y sustratos es libre. Con este método se logra mantener la actividad enzimática y, por lo general, no se ve afectada la estructura del biocatalizador, aunque las condiciones de polimerización necesitan de una rigurosa inspección y observación (Salazar-Leyva *et al.*, 2014)

Entre las enzimas inmovilizadas por atrapamiento se encuentran diversas proteasas que gozan de amplia popularidad en la industria alimentaria; ejemplo de ello es la inmovilización por atrapamiento en perlas de alginato de calcio de la proteasa alcalina de *Bacillus brevis*, el derivado enzimático mostró 100 % de actividad enzimática en pHs alcalinos de 9 y 10, y en temperatura de 65 °C, comparando estas características con la forma libre de la enzima, cuyo pH y temperatura óptimos son de 8 y 45 °C, el atrapamiento representa un claro aumento de estabilidad (Qamar *et al.*, 2020).

3.1.2. Inclusión en membranas o fibras

En este método el soporte forma una barrera que contiene el biocatalizador en su interior facilitando la difusión de los sustratos y productos, el soporte puede ser de distintos materiales naturales o sintéticos, de forma común se emplean polímeros como poliacrilamida, sílica-gel, agarosa o carragenatos. Una de las ventajas de incluir en membranas o fibras a las enzimas es que además de impedir que ocurran cambios la estructura de la enzima, esta puede emplearse para establecer sistemas de liberación controlada del biocatalizador. Para lograr esta inclusión las enzimas se colocan en una solución conformada por el material que será usado para confinar el biocatalizador, después se somete a un cambio de temperatura o se añaden catalizadores para gelificar el soporte, posteriormente se deshidratan y se pulverizan para ser almacenados (Cen *et al.*, 2019; Mureseanu *et al.*, 2005).

Uno de los principales usos de las enzimas inmovilizadas en membranas es su aplicación en reactores, estos reactores son sistemas contienen en el interior a las enzimas inmovilizadas en membranas, por medio de una bomba se establece un flujo de sustrato en el disolvente adecuado y éste se hace pasar a través del reactor, además tienen una capa permeable al sustrato líquido e impermeable al biocatalizador (Arroyo, 1998). La membrana puede tener forma de lámina plana, o ser un módulo enrollado en espiral, o de forma tubular, o cualquiera que sea requerida para el proceso (Luo *et al.*, 2020).

La necesidad de establecer tecnologías sostenibles hace que estos reactores de membrana sean especialmente atractivos porque no requieren aditivos, pueden

funcionar a temperatura y presión moderadas y reducen la formación de subproductos. Una de las desventajas que puede tener esta técnica son los problemas de difusión del sustrato que debe transportarse a través de la membrana hasta el catalizador y el producto debe transportarse desde el sitio de reacción hasta el otro lado de la membrana por ello los problemas relacionados al transporte de masa son los que limitan los rendimientos en este tipo de dispositivo (Basso y Serban, 2019; Luo *et al.*, 2020).

En contraste, entre las ventajas de la inmovilización en membranas está el aumento de la estabilidad en ensayos a largo plazo y con ciclos repetidos; esto fue observado en la inmovilización de la lipasa pancreática porcina en membranas de cerámica silanizada, lo que permitió una retención de más del 60 % de su actividad inicial después 7 ciclos de reutilización (Gao *et al.*, 2023).

El uso integrado de reactores es especialmente importante para productos obtenidos por procesos de fermentación, tales como en los que producen ácidos orgánicos y antibióticos; o aquellos involucrados en el procesamiento de alimentos y bebidas; por ejemplo, en reacciones de hidrólisis de lactosa (presente en la leche entera o suero de queso) donde la inmovilización en reactores de membrana es una técnica eficaz ya que permite utilizar las β -galactosidasas de manera repetida y con gran eficiencia (Basso y Serban, 2019; Luo *et al.*, 2020; Maghraby *et al.*, 2023).

3.1.3. Microencapsulamiento

Esta técnica consiste en emplear una matriz polimérica que forma una membrana semipermeable para proporcionar un medio que sea capaz de regular la interacción de la enzima con el exterior. Las microcápsulas tienen recubrimientos pueden ser homogéneos o heterogéneos, liberan las enzimas contenidas cuando se someten a condiciones determinadas, por lo que se aumenta la vida útil de las enzimas al retrasar las reacciones químicas con el exterior (Pasin *et al.*, 2012).

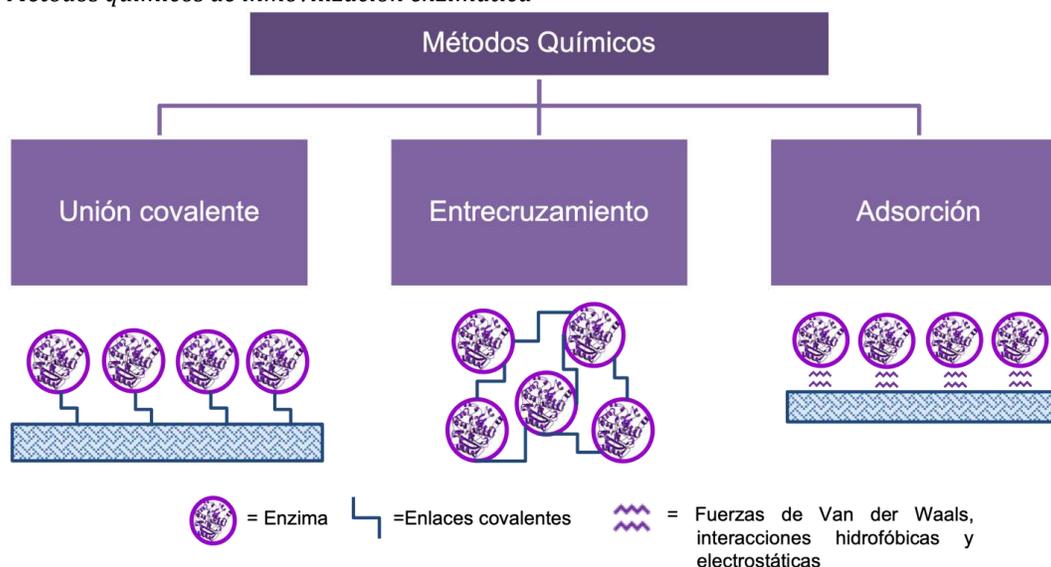
Entre las enzimas que han sido microencapsuladas con excelentes resultados se encuentran las lacasas, estas enzimas son una clase de oxidasas que catalizan la reducción de oxígeno molecular sin la formación de peróxido de hidrógeno, lo que las ha hecho atractivas para su uso en biosensores, síntesis orgánica, e inmunoensayos, las lacasas microencapsuladas en quitosano, sílica mesoporosa y otros materiales mantienen su capacidad de reuso y actividad intacta hasta por cuatro semanas (Ren *et al.*, 2020).

3.2. Inmovilización por unión química

Los métodos de inmovilización en los que la enzima se fija al soporte a través de una reacción química son los más usados; las reacciones utilizadas pueden ser directas entre la proteína y el sólido o indirectas, con la ayuda de reactivos que sirven de “puentes”. Hay muchos materiales orgánicos e inorgánicos que sirven como soportes y la elección debe considerar las características específicas que se quieren obtener, teniendo en cuenta la unión eficiente de la enzima y el que conserve su capacidad catalítica, así como el tamaño de partícula, densidad, porosidad y forma (Basso y Serban, 2019; DiCosimo *et al.*, 2013).

A nivel químico, factores como la existencia de ciertos grupos funcionales específicos en la enzima y el soporte, así como el tipo de enlace que se quiere establecer, son variables que se deben tener presentes para elegir el tipo de enlace y el soporte adecuado; estas uniones pueden ser a través de uniones covalentes directas, entrecruzamiento y adsorción, en la **Figura 4** se representan los métodos de inmovilización química con las interacciones entre el soporte y la enzima. Los derivados enzimáticos obtenidos por esta vía normalmente tienen una gran capacidad de reúso, y sólo se requiere que pueda separarse de manera fácil del medio de reacción y ofrecer la resistencia mecánica para las condiciones de trabajo requeridas por el reactor durante varios ciclos (Arroyo, 1998; Maghraby *et al.*, 2023).

Figura 4
Métodos químicos de inmovilización enzimática



Fuente: Elaboración propia adaptada de Maghraby *et al.* (2023).

3.2.1. Unión Covalente

La inmovilización de enzimas por unión covalente permite incorporar el biocatalizador al soporte de manera irreversible y asegura la mayor resistencia de la unión entre el soporte y la enzima, esto minimiza los problemas de fuga o “lavado” del biocatalizador; adicionalmente, la unión covalente no dificulta la transferencia de masa de reactivos y productos, aumenta la estabilidad de la enzima hacia el calor, el pH y los disolventes orgánicos, y la unión puede ser en varios puntos de la molécula logrando con ello una unión fuerte (Sannino *et al.*, 2020) El principal problema de inmovilizar a las enzimas a través de este método es que hay la posibilidad de que la unión química altere la conformación activa de la enzima si las reacciones necesarias para unir la proteína al soporte modifican de forma no deseada su estructura tridimensional (Sánchez-Otero *et al.*, 2022; Sannino *et al.*, 2020; Zucca y Sanjust, 2014).

Adicionalmente, la inmovilización por unión covalente requiere funcionalizar (procedimiento por el cual se introduce una nueva función química en un soporte) los

soportes inorgánicos, insertando grupos funcionales como $-NH_2$, $-OH$, $-COOH$, $-SH$, de modo que el soporte se vuelva capaz de reaccionar con las enzimas; los soportes también requieren ser activados (proceso donde la función química recién introducida se hace reactiva hacia la enzima) con agentes tales como haluros orgánicos e inorgánicos, glutaraldehído, carbodiimidas, entre otros (Sannino *et al.*, 2020; Zucca y Sanjust, 2014).

Es importante que el área cercana al sitio activo del biocatalizador no se vea comprometida o modificada por el establecimiento de enlaces covalentes con el soporte, esto es necesario para que la enzima conserve toda su capacidad catalítica, debido a la relevancia de este aspecto, se han desarrollado una amplia variedad de reacciones para maximizar el aprovechamiento de los grupos funcionales disponibles en el biocatalizador (Liebana y Drago, 2016).

La inmovilización por unión covalente se ha empleado en el desarrollo de biosensores selectivos, por ejemplo, para el análisis de galactosa, mediante la unión covalente de galactosa oxidasa (sustrato importante para la fermentación y la producción de alimentos) a películas de colágeno altamente polimerizadas (Kanyong *et al.*, 2017).

3.2.2. Entrecruzamiento para la Producción de CLEAs (Cross-linked enzyme aggregates)

La producción de agregados reticulados CLEAs (Cross-linked enzyme aggregates) es un método de inmovilización que goza de aceptación ya que no requiere el uso de soportes, permite usar enzimas no purificadas, e inclusive puede aplicarse para co-immobilizar diferentes enzimas (Yamaguchi *et al.*, 2018).

Para obtenerlos hay que enlazar químicamente a las moléculas de enzima entre sí mediante reactivos enlazadores seguidos de procesos de precipitación con polímeros, sales inorgánicas y solventes orgánicos, sumando reticulados tridimensionales que poseen una elevada fuerza de interacción, disminuyendo la pérdida de actividad enzimática y aumentando la estabilidad.

Las uniones intermoleculares mantienen la red de entrecruzamiento estable con el uso de reactivos bifuncionales, como diiminoésteres, dihidrinas, diaminas y tripolifosfato de sodio, esto después de la precipitación, entre ellos el glutaraldehído es el reactivo más usado para el entrecruzamiento ya que es económico y tiene alta afinidad a grupos ϵ -amino que se encuentran en lisinas (Oliart-Ros *et al.*, 2021; Sheldon, 2011). A pesar de la popularidad del glutaraldehído como agente de entrecruzamiento, su uso no es siempre recomendado, ya que algunas enzimas pierden su actividad o su estabilidad frente a él; por ello, en lugar del glutaraldehído se han implementado técnicas que utilizan moléculas bifuncionales alternas para sintetizar CLEAs tales como el agar, el quitosano, el dextrano, la pectina y la goma arábiga (Nadar *et al.*, 2017).

Aunque una desventaja en la síntesis de CLEAs estriba en que los agentes y las condiciones del proceso pueden modificar la estructura de las enzimas o incluso provocar la pérdida de la actividad, la producción de CLEAs goza de popularidad, esto debido a que los CLEAs tienen una considerablemente mayor resistencia a la desnaturalización térmica y al almacenamiento. La actividad catalítica de los CLEAs de la lipasa termoalcalófila de *Geobacillus thermoleovorans* CCR11 se mantuvo al 100 %

durante un periodo de almacenamiento de 30 días a 4° C y 25° C, esto representa cuatro veces más de resistencia al almacenamiento que la forma soluble (Oliart-Ros *et al.*, 2021).

3.2.3. Adsorción

La inmovilización de enzimas por adsorción es el método más directo para permitir la interacción de la molécula biológica con el soporte, la enzima permanece unida al sólido por medio de fuerzas de Van Der Waals, interacciones electrostáticas o hidrofóbicas; este tipo de enlaces son de naturaleza débil y por ello la enzima puede desprenderse por variaciones en el pH y en la fuerza iónica del medio, o por simple difusión al medio, aunque por otra parte tiene la ventaja de que generalmente la actividad enzimática no se ve modificada (Badillo-Zeferino *et al.*, 2017). La enzima se disuelve en una solución que suele ser un amortiguador de fosfatos y se ponen en contacto con el soporte de elección, posteriormente las moléculas no absorbidas deben eliminarse de la superficie lavándolas con una solución amortiguadora. Este método es uno de los más fáciles y económicos, ya que no se utilizan ingredientes adicionales para la funcionalización y el procedimiento no es complicado (Sánchez-Otero *et al.*, 2022).

Las enzimas inmovilizadas por adsorción pueden presentar una mayor eficiencia catalítica por cada gramo de proteína inmovilizada (hiperactivación) y por gramo de soporte que las enzimas inmovilizadas por otros métodos; esto es común en el caso de enzimas lipolíticas, cuya estructura es compatible con los soportes hidrofóbicos, lo que favorece mayor interacción con este tipo de enzimas que con el resto de las proteínas del medio durante la inmovilización; hay en la literatura reportes de informes de lipasas inmovilizadas por adsorción en soportes hidrofóbicos, como las de *Candida antarctica*, *Rhizopus oryzae* y *Geobacillus thermoleovorans* que presentan grados de hiperactivación que van desde el 300 % al 1000 % de la actividad original y buen desempeño en la síntesis de ésteres de cadena corta (Badillo-Zeferino *et al.*, 2017; Madalozzo *et al.*, 2014; Nordblad y Adlercreutz, 2013).

4. Nuevas tendencias en inmovilización

Actualmente la inmovilización enzimática es un área del desarrollo científico enfocado en generar biocatalizadores en presentaciones cada vez más novedosas y que ofrezcan mayor estabilidad y funcionalidad junto con una mayor capacidad de reuso. Por un lado, se busca utilizar materiales ya conocidos que no habían sido usados como soportes para inmovilización enzimática, y por el otro se están incorporando materiales especializados como las nanoestructuras y otros ensamblajes supramoleculares (Federsel *et al.*, 2021).

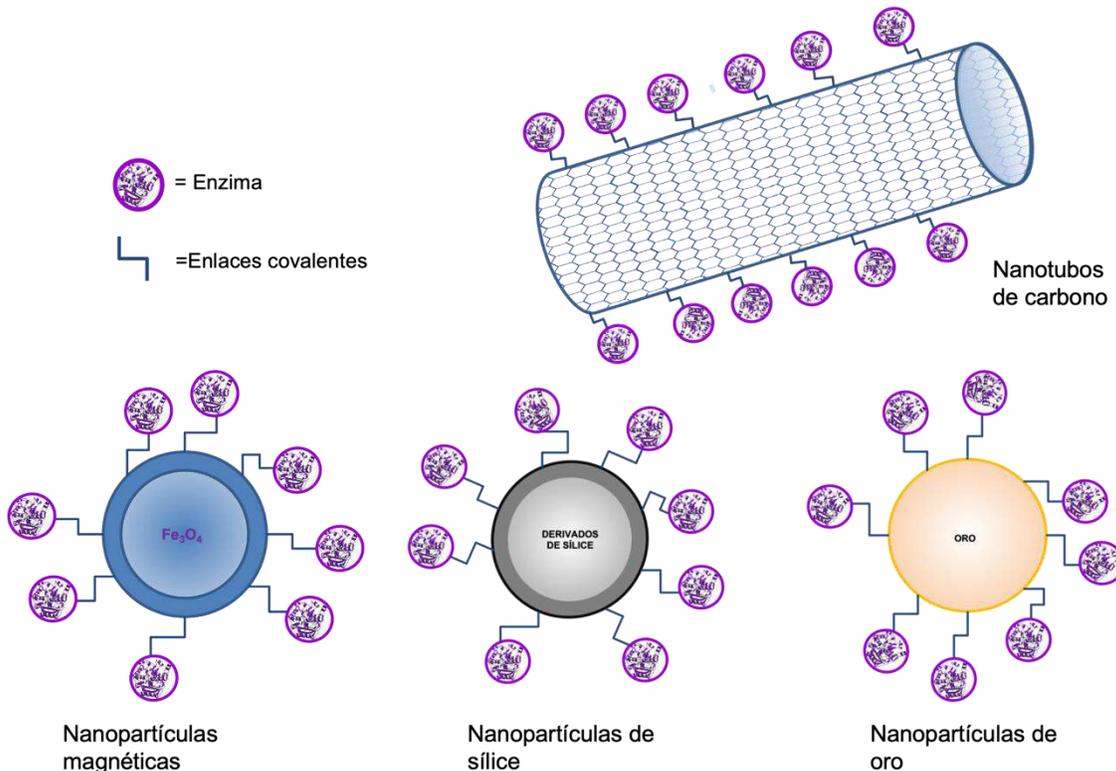
4.1. Uso de nanoestructuras y nanopartículas

Los avances en nanotecnología también han beneficiado al desarrollo de nuevos derivados enzimáticos, lo que a su vez ha favorecido al establecimiento de bioprocesos más eficientes, lo anterior a través de cambios fundamentales tales como la disminución del tamaño de los reactores y el aumento de la relación superficie/volumen de los biocatalizadores haciendo más eficiente la actividad enzimática por gramo de inmovilizado; adicionalmente, las propiedades ópticas y magnéticas de algunos nanomateriales y nuevos soportes hacen más fácil la separación del medio de reacción y los rangos de trabajo de pH y temperatura se han visto ampliados (Meena *et al.*, 2021).

Entre los tipos de nanoestructuras usadas para inmovilizar enzimas están nanopartículas de diferentes materiales incluido el grupo de las nanopartículas magnéticas y diferentes arreglos de nanotubos. Estas estructuras se esquematizan en la **Figura 5**.

Figura 5

Representación esquemática de las principales nanoestructuras utilizadas para la inmovilización de enzimas



Fuente: Elaboración propia adaptada de Federsel *et al.* (2021) y de Neupane *et al.* (2019).

4.1.1. Nanotubos de Carbono

Los nanotubos de carbono son estructuras alótropas del carbono de forma cilíndrica, que se descubrieron por primera vez en 1993, desde entonces, los nanotubos de

carbono juegan un papel central en la nanotecnología y el desarrollo sostenible, ya que se aplican en biocatálisis, suministro y diversas aplicaciones que implican transporte de moléculas y uso de biosensores. Estos nanotubos pueden ser de diferentes grados de complejidad que van desde una capa sencilla enrollada, hasta múltiples capas enrolladas sobre ellas mismas. Los nanotubos generalmente son funcionalizados con diferentes reactivos, para poder unir posteriormente la enzima (Neupane *et al.*, 2019; Singh y Chauhan, 2020).

4.1.2. Nanopartículas de Oro

Las nanopartículas de oro son atractivas para la construcción de dispositivos tales como biosensores electroquímicos, biosensores ópticos y biosensores piezoeléctricos (Putzbach y Ronkainen, 2013). Las nanopartículas de oro pueden modificarse en su forma, tamaño y estado de agregación haciéndolas reaccionar con varios tipos de moléculas, estas modificaciones proporcionan diversas propiedades para su aplicación en la industria farmacéutica, y en la detección de ácido nucleicos bacterias y virus. También se ha usado en sistemas bimetalicos en la fabricación de sensores que usan enzimas específicas para la medición de glucosa (Lipińska *et al.*, 2021; Putzbach y Ronkainen, 2013).

4.1.3. Nanopartículas de Sílice

Los materiales a base de sílice son soportes atractivos para la inmovilización de enzimas debido a su carácter amable con el medio ambiente, su excelente estabilidad estructural y su buena resistencia química a solventes orgánicos y ataques microbianos, así como su alta biocompatibilidad y baja citotoxicidad (Meena *et al.*, 2021).

Las nanopartículas de sílice mesoporosas han demostrado ser un tipo de soporte eficaz para la inmovilización de enzimas, ya que estas conservan sus propiedades, lo que les brinda un mayor potencial para distintas aplicaciones biotecnológicas. Al ser estructuras porosas, exhiben grandes áreas superficiales lo cual hace más eficiente el proceso de inmovilización al permitir una mayor carga de biomoléculas, un mejor control sobre la cinética de carga y liberación y una mayor biocompatibilidad. Las partículas de sílice pueden ser funcionalizadas con diversos reactivos para mejorar aún más su función como soportes y en general las enzimas inmovilizadas en sílice mesoporosa presentan una actividad más elevada en comparación con las enzimas libres (Popat *et al.*, 2011; Meena *et al.*, 2021).

4.1.4. Nanopartículas Magnéticas

Las nanopartículas magnéticas tienen propiedades tales como alta estabilidad, biocompatibilidad, baja toxicidad; adicionalmente, el magnetismo les permite ser fácilmente recuperadas del medio de reacción usando un campo magnético externo por lo que su uso como soportes de inmovilización se ha incrementado en años recientes, Estas nanopartículas contienen una sustancia con propiedades magnéticas tales como la magnetita (Fe_3O_4), la maghemita (Fe_2O_3) y otros minerales (Meena *et al.*, 2021).

Algunas aplicaciones de nanoestructuras para inmovilizar enzimas capaces de ser aplicadas a catálisis o en la manufactura de biosensores, así como la mejoría en la actividad se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4
Ejemplos de uso de nanoestructuras para inmovilización enzimática

Tipo de nanopartícula	Enzima inmovilizada	Ventajas/ aplicaciones
Nanopartículas de quitosano	Glucamilasa	Aumento de la estabilidad al pH y al almacenamiento por 4 meses, alta capacidad de reúso/ Producción más eficiente de glucosa a partir de almidón.
Nanocompuesto de quitosano-TiO2	Acetilcolinesterasa	Mayor sensibilidad a la detección de pesticidas (nM). Estabilidad total tras 30 días e almacenamiento/ Uso en biosensores de alta sensibilidad.
Nanopartículas de oro	Glucosa oxidasa α-Amilasa	Mejora de sensibilidad aumento de actividad/ Uso en sensores electroquímicos para medir glucosa Mayor eficiencia catalítica, aumento de estabilidad en almacenamiento/ Uso en lavado de textiles y en remoción de adhesivos
Nanotubos de silicatos	Glucosa oxidasa	Resistencia a la desnaturalización/ Uso en biosensores
Nanotubos funcionalizados	Lipasa	Aumento en la actividad enzimática/ Uso en síntesis de compuestos quirales

Fuente: Elaboración propia adaptado de Lee y Au-Duong (2018) y de Meena *et al.* (2021).

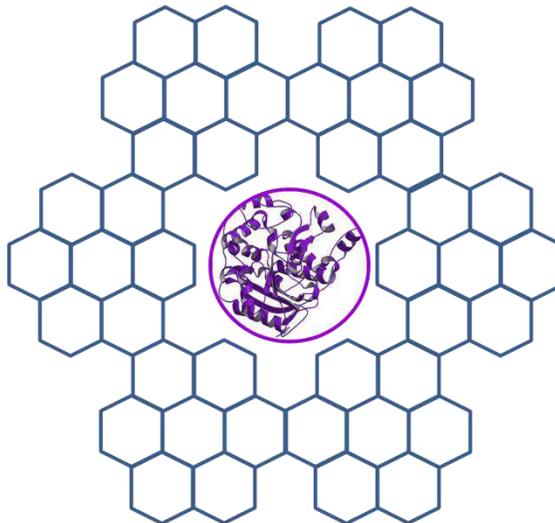
4.2. Uso de Marcos Orgánicos Covalentes (COF)

Los Marcos Orgánicos Covalentes –(COF) por sus siglas en inglés: Covalent organic frameworks– son materiales poliméricos orgánicos porosos de compuestos orgánicos unidos entre sí por enlaces covalentes, esto les ofrece una estabilidad termodinámica, baja densidad, gran superficie de contacto, multidimensionalidad, y una estructura cristalina de alto orden expandida que los ha hecho sujetos de interés en diversas aplicaciones biotecnológicas. Estos pueden funcionalizarse de diferentes maneras lo que amplía las posibilidades en geometría y afinidad a diferentes enzimas (Esrafil *et al.*, 2021). En la **Figura 6** se muestra una representación de un COF con una enzima inmovilizada en él.

Las enzimas se pueden integrar en los COF a través de diferentes técnicas, incluida la adsorción física o la unión covalente entre las moléculas de enzima y los COF o mediante un agente de entrecruzamiento y generalmente este método de

inmovilización provee resistencia a las enzimas inclusive a disolventes orgánicos (Oliveira *et al.*, 2019).

Figura 6
 Representación esquemática de una enzima
 inmovilizada en COF



Fuente: Elaboración propia adaptada de Esrafil *et al.* (2021).

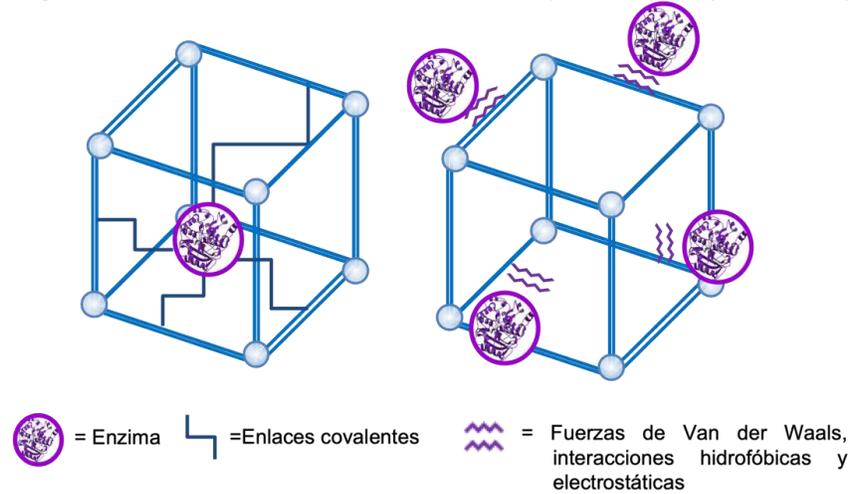
4.3. Marcos Orgánicos Metálicos (MOF)

Los marcos orgánicos metálicos, llamados –(MOF) por sus siglas en inglés: Metal Organic Frameworks– son estructuras compuestas por iones metálicos o agrupaciones de ellos unidas por ligandos orgánicos, en la **Figura 7** se esquematiza un MOF unido por enlaces covalentes o por fuerzas intermoleculares a moléculas de enzimas.

Los MOF son un tipo de materiales porosos con un orden cristalino, que han captado gran atención como una reciente matriz de soporte poroso para la inmovilización de enzimas, ya que ofrece mejoras en la estabilidad química y térmica de las enzimas sin comprometer el acceso al sitio activo, una buena difusión de los sustratos, fácil acceso a los sitios activos, y alta carga enzimática, además de ser fácilmente reciclables.

Se les usa para inmovilizar enzimas mediante inmovilización superficial, ya sea por enlaces covalentes o por medio de fuerzas de Van der Waals, interacciones hidrofóbicas o electrostáticas. Si se aumentan los tamaños de poro, las enzimas se pueden “infiltrar” en el MOF aumentando su estabilidad, el enlazarlas covalentemente permite su encapsulación in situ 46 (Federsel *et al.*, 2021; Shomal *et al.*, 2021).

Figura 7
 Esquema de inmovilización enzimática en MOFs (metal organic frameworks)



Fuente: Elaboración propia adaptada de Shomal *et al.* (2021).

5. Conclusiones

El uso de enzimas para aplicaciones industriales, farmacológicas y alimentarias es un área en constante desarrollo que requiere de la implementación de técnicas y estrategias que permitan un uso cada vez más eficiente de esos biocatalizadores. La inmovilización por diferentes vías y usando diversos soportes permite generar derivados catalíticos cada vez más resistentes a las condiciones de proceso, con mayor capacidad de reuso, con una mayor eficiencia en la actividad de la enzima por cada gramo de biocatalizador, y la fácil recuperación del mismo del medio de reacción, y todo ello contribuyendo a tener cada vez más procesos sostenibles, económicos y amables con el medio ambiente.

La tendencia general es seguir reemplazando a los procesos químicos convencionales por estrategias basadas en enzima en todos los niveles y áreas del desarrollo, la inmovilización enzimática evoluciona a pasos agigantados para satisfacerla, surgiendo nuevos métodos y nuevos materiales, y cómo aprovecharlos como soportes enzimáticos deben estudiarse para hacer la industria competitiva y sostenible.

Referencias

- Ansorge, W.** (2016). Next generation DNA sequencing (II): techniques, applications. *Journal of Next Generation Sequencing & Applications* S1(0005). <https://doi.org/10.4172/2469-9853.S1-005>
- Arroyo, D.** (1998). Inmovilización de enzimas. Fundamentos, métodos y aplicaciones. *Ars Pharmaceutica*, 39(2), 23-39. <https://tinyurl.com/dbmx9d7y>
- Badillo-Zeferino, G., Ruiz-López, I., Oliart-Ros, R. y Sánchez-Otero, M.** (2017). Improved

- expression and immobilization of *Geobacillus thermoleovorans* CCR11 thermostable recombinant lipase. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 64(1), 62-69. <https://doi.org/10.1002/bab.1444>
- Basso, A.** y Serban, S. (2019). Industrial applications of immobilized enzymes—A review. *Molecular Catalysis*, 479, 110607. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2019.110607>
- Brena, B.**, González-Pombo, P. y Batista-Viera, F. (2013). Immobilization of enzymes: a literature survey. En J. Guisan, (Ed.) *Immobilization of Enzymes and Cells. Methods in Molecular Biology*, (3ra ed., vol 1051, pp. 15-31). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-550-7_2
- Cen, Y. K.**, Liu, Y. X., Xue, Y. y Zheng, Y. (2019). Immobilization of enzymes in/on membranes and their applications. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 361(24), 5500-5515. <https://doi.org/10.1002/adsc.201900439>
- Choi, J.**, Han, S. y Kim, H. (2015). Industrial applications of enzyme biocatalysis: Current status and future aspects. *Biotechnology advances*, 33(7), 1443-1454. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.02.014>
- DiCosimo, R.**, McAuliffe, J., Poulouse, A. J. y Bohlmann, G. (2013). Industrial use of immobilized enzymes. *Chemical Society Reviews*, 42(15), 6437-6474. <https://doi.org/10.1039/c3cs35506c>
- Esrafil, A.**, Wagner, A., Inamdar, S. y Acharya, A. (2021). Covalent organic frameworks for biomedical applications. *Advanced Healthcare Materials*, 10(6), 2002090. <https://doi.org/10.1002/adhm.202002090>
- Fasim, A.**, More, V. y More, S. (2021). Large-scale production of enzymes for biotechnology uses. *Current opinion in biotechnology*, 69, 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.12.002>
- Federsel, H.**, Moody, T. y Taylor, S. (2021). Recent trends in enzyme immobilization—concepts for expanding the biocatalysis toolbox. *Molecules*, 26(9), 2822. <https://doi.org/10.3390/molecules26092822>
- Gao, N.**, Liu, J., Wang, X. y Zhang, Y. (2023). Lipase immobilized on MTMS-modified ceramic membrane for enhanced activity and stability. *Journal of Materials Science*, 58(39), 15352-15366. <https://doi.org/10.1007/s10853-023-09000-7>
- García-Galan, C.**, Berenguer-Murcia, Á., Fernandez-Lafuente, R. y Rodrigues, R. (2011). Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 353(16), 2885-2904. <https://doi.org/10.1002/adsc.201100534>
- Guzik, U.**, Hupert-Kocurek, K. y Wojcieszynska, D. (2014). Immobilization as a strategy for improving enzyme properties-application to oxidoreductases. *Molecules*, 19(7), 8995-9018. <https://doi.org/10.3390/molecules19078995>
- Kanyong, P.**, Krampa, F., Aniweh, Y. y Awandare, G. (2017). Enzyme-based amperometric galactose biosensors: a review. *Microchimica Acta*, 184, 3663-3671. <https://doi.org/10.1007%2Fs00604-017-2465-z>
- Kirk, O.**, Borchert, T. y Fuglsang, C. (2002). Industrial enzyme applications. *Current opinion in biotechnology*, 13(4), 345-351. [https://doi.org/10.1016/s0958-1669\(02\)00328-2](https://doi.org/10.1016/s0958-1669(02)00328-2)
- Kocabaş, D.**, Lyne, J. y Ustunol, Z. (2022). Hydrolytic enzymes in the dairy industry: Applications, market and future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*,

- 119, 467-475. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.013>
- Lee, C. y Au-Duong, A.** (2018). Enzyme immobilization on nanoparticles: recent applications. *Emerging areas in Bioengineering*, 1, 67-80. <https://doi.org/10.1002/9783527803293.ch4>
- Liebana, S. y Drago, G.** (2016). Bioconjugation and stabilisation of biomolecules in biosensors. *Essays in biochemistry*, 60(1), 59-68. <https://doi.org/10.1042/EBC20150007>
- Lipińska, W., Grochowska, K. y Siuzdak, K.** (2021). Enzyme immobilization on gold nanoparticles for electrochemical glucose biosensors. *Nanomaterials*, 11(5), 1156. <https://doi.org/10.3390/nano11051156>
- Luo, J., Song, S., Zhang, H., Zhang, H., Zhang, J. y Wan, Y.** (2020). Biocatalytic membrane: Go far beyond enzyme immobilization. *Engineering in life sciences*, 20(11), 441-450. <https://doi.org/10.1002/elsc.202000018>
- Madalozzo, A. D., Muniz, L., Baron, A., Piovan, L., Mitchell, D. y Krieger, N.** (2014). Characterization of an immobilized recombinant lipase from *Rhizopus oryzae*: synthesis of ethyl-oleate. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3(3), 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2013.12.005>
- Maghraby, Y., El-Shabasy, R., Ibrahim, A. y Azzazy, H.** (2023). Enzyme immobilization technologies and industrial applications. *ACS omega*, 8(6), 5184-5196. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07560>
- Mathews, C., Van Holde, K. y Appling, D.** (2012). *Biochemistry*. Prentice Hall.
- McDonald, A., Boyce, S. y Tipton, K.** (2009). ExplorEnz: the primary source of the IUBMB enzyme list. *Nucleic acids research*, 37(suppl_1), D593-D597. <https://doi.org/10.1093/nar/gkn582>
- McDonald, A. y Tipton, K.** (2023). Enzyme nomenclature and classification: The state of the art. *The FEBS journal*, 290(9), 2214-2231. <https://doi.org/10.1111/febs.16274>
- Meena, J., Gupta, A., Ahuja, R., Singh, M. y Panda, A.** (2021). Recent advances in nano-engineered approaches used for enzyme immobilization with enhanced activity. *Journal of Molecular Liquids*, 338, 116602. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116602>
- Mureseanu, M., Galarneau, A., Renard, G. y Fajula, F.** (2005). A new mesoporous micelle-templated silica route for enzyme encapsulation. *Langmuir*, 21(10), 4648-4655. <https://doi.org/10.1021/la0502241>
- Nadar, S., Pawar, R. y Rathod, V.** (2017). Recent advances in enzyme extraction strategies: A comprehensive review. *International journal of biological macromolecules*, 101, 931-957. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.055>
- Nelson, D. y Cox, M.** (2014). *Lehninger: Principios de bioquímica*. Omega.
- Neupane, S., Patnode, K., Li, H., Baryeh, K., Liu, G., Hu, J., Chen, B., Pan, Y. y Yang, Z.** (2019). Enhancing enzyme immobilization on carbon nanotubes via metal-organic frameworks for large-substrate biocatalysis. *ACS applied materials & interfaces*, 11(12), 12133-12141. <https://doi.org/10.1021/acsami.9b01077>
- Nordblad, M. y Adlercreutz, P.** (2013). Immobilization procedure and reaction conditions for optimal performance of *Candida antarctica* lipase B in transesterification and hydrolysis. *Biocatalysis and Biotransformation*, 31(5), 237-245. <https://doi.org/10.3109/10242422.2013.837240>

- Oliart-Ros, R.,** Badillo-Zeferino, G., Quintana-Castro, R., Ruíz-López, I., Alexander-Aguilera, A., Domínguez-Chávez, J. G., Azmat, A. K., Nguyen, D. D., Nadda, A. K. y Sánchez-Otero, M. G. (2021). Production and characterization of cross-linked aggregates of *Geobacillus thermoleovorans* CCR11 thermoalkaliphilic recombinant lipase. *Molecules*, 26(24), 7569. <https://doi.org/10.3390/molecules26247569>
- Oliveira, F.,** de Souza, S., Bassut, J., Álvarez, H., Garcia-Basabe, Y., Alves de Souza, R., Esteves, P. y Gonçalves, R. (2019). Enzyme-decorated covalent organic frameworks as nanoporous platforms for heterogeneous biocatalysis. *Chemistry—A European Journal*, 25(69), 15863-15870. <https://doi.org/10.1002/chem.201903807>
- Pasin, B.,** Azón, C. y Garriga, A. (2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 130-151. <https://oaji.net/articles/2017/4924-1495374245.pdf>
- Popat, A.,** Hartono, S., Stahr, F., Liu, J., Qiao, S. y Lu, G. (2011). Mesoporous silica nanoparticles for bioadsorption, enzyme immobilisation, and delivery carriers. *Nanoscale*, 3(7), 2801-2818. <https://doi.org/10.1039/c1nr10224a>
- Putzbach, W.** y Ronkainen, N. (2013). Immobilization techniques in the fabrication of nanomaterial-based electrochemical biosensors: A review. *Sensors*, 13(4), 4811-4840. <https://doi.org/10.3390/s130404811>
- Qamar, S.,** Asgher, M. y Bilal, M. (2020). Immobilization of alkaline protease from *Bacillus brevis* using Ca-alginate entrapment strategy for improved catalytic stability, silver recovery, and dehairing potentialities. *Catalysis Letters*, 150, 3572-3583. <https://doi.org/10.1007/s10562-020-03268-y>
- Ren, D.,** Wang, Z., Jiang, S., Yu, H., Zhang, S. y Zhang, X. (2020). Recent environmental applications of and development prospects for immobilized laccase: a review. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 36(2), 81-131. <https://doi.org/10.1080/02648725.2020.1864187>
- Salazar-Leyva, J.,** Lizardi-Mendoza, J., Ramírez-Suarez, J., García-Sánchez, G., Ezquerra-Brauer, J., Valenzuela-Soto, E., Carvallo-Ruiz, M., Lugo-Sánchez, M. y Pacheco-Aguilar, R. (2014). Utilización de materiales a base de quitina y quitosano en la inmovilización de proteasas: efectos en su estabilización y aplicaciones. *Revista mexicana de ingeniería química*, 13(1), 129-150. <https://tinyurl.com/3b5ep97m>
- Sánchez-Otero, M.,** Quintana-Castro, R., Rojas-Vázquez, A., Badillo-Zeferino, G., Mondragón-Vázquez, K., Espinosa-Luna, G., Kumar A. y Oliart-Ros, R. (2022). Polypropylene as a selective support for the immobilization of lipolytic enzymes: hyper - activation, purification and biotechnological applications. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 97(2), 436-445. <https://doi.org/10.1002/jctb.6876>
- Sannino, F.,** Costantini, A., Ruffo, F., Aronne, A., Venezia, V. y Califano, V. (2020). Covalent immobilization of β -glucosidase into mesoporous silica nanoparticles from anhydrous acetone enhances its catalytic performance. *Nanomaterials*, 10(1), 108. <https://doi.org/10.3390/nano10010108>
- Sheldon, R.** (2011). Characteristic features and biotechnological applications of cross-linked enzyme aggregates (CLEAs). *Applied microbiology and biotechnology*, 92(3), 467-477. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3554-2>
- Shomal, R.,** Ogubadejo, B., Shittu, T., Mahmoud, E., Du, W. y Al-Zuhair, S. (2021).

Advances in enzyme and ionic liquid immobilization for enhanced in MOFs for biodiesel production. *Molecules*, 26(12), 3512.

<https://doi.org/10.3390/molecules26123512>

Singh, R. y Chauhan, K. (2020). Functionalization of multiwalled carbon nanotubes for enzyme immobilization. *In Methods in Enzymology*, 630, 25-38.

<https://doi.org/10.1016/bs.mie.2019.10.014>

Yamaguchi, H., Kiyota, Y. y Miyazaki, M. (2018). Techniques for preparation of cross-linked enzyme aggregates and their applications in bioconversions. *Catalysts*, 8(5), 174. <https://doi.org/10.3390/catal8050174>

Zucca, P. y Sanjust, E. (2014). Inorganic materials as supports for covalent enzyme immobilization: methods and mechanisms. *Molecules*, 19(9), 14139-14194.

<https://doi.org/10.3390/molecules190914139>

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2994>

Responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior

Social responsibility within sustainability framework in Higher Education Institutions

Angélica María Hernández-Ramírez ^a

Recibido: 6 de octubre de 2023.

Aceptado: 27 de febrero de 2024.

^a Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: angehernandez@uv.mx | ORCID: [0000-0003-2042-8496](https://orcid.org/0000-0003-2042-8496)

Cómo citar:

Hernández-Ramírez, A. (2024). Responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior. *UVserva*, (17), 196-211. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2994>

Resumen: Las generaciones actuales y futuras tienen un papel trascendental que desempeñar en la construcción de un mundo más responsable y sostenible. Al respecto, se realizó un análisis de la integración de la responsabilidad social en el marco de la sostenibilidad vinculado al Plan maestro de sustentabilidad en una entidad académica de la Universidad Veracruzana. Para ello, se evaluaron las actividades sustantivas de investigación docencia, vinculación y extensión a través de indicadores. Esta investigación reveló el grado de integración de la responsabilidad social en el marco de sostenibilidad en actividades sustantivas de 0-100 % investigación, 40-100 % docencia, 9-70 % vinculación y extensión en la entidad académica. Esta investigación resalta el valor del Plan maestro de sustentabilidad como instrumento de política institucional para identificar áreas con viabilidad y potencial de mejora hacia la responsabilidad social y el compromiso con la sostenibilidad. A nivel de entidad académica, esta investigación resalta la necesidad de transitar del discurso a la acción.

Palabras clave: Autoevaluación; México; indicadores; Plan maestro de sustentabilidad; Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes; Responsabilidad social ambiental.

Abstract: *Current and future generations have a transcendental role to play and building a more responsible and sustainable world. Hence, an integration analysis of social responsibility within sustainability framework perspective linked to Plan maestro de sustentabilidad performed in an academic entity of Universidad Veracruzana. For that, the substantive activities of research, teaching, link-up and outreach assessed through indicators. This research revealed the integration extent of social responsibility within sustainability framework in substantive activities of 0-100% research, 40-100% teaching, 9-70% link-up and outreach in the academic entity. This research highlights the value of Plan maestro de sustentabilidad as institutional policy instrument to identify areas with viability and potential for improvement towards social responsibility and sustainability commitment. At the academic entity level, this research highlights the need to move from discourse to action.*

Keywords: *Self-assessment; Mexico; indicators; Master Sustainability Plan; Center for Eco-Literacy and Dialogue of Knowledge; Environmental social responsibility.*

Introducción

La responsabilidad social vinculada al ambiente ocupa un lugar importante en las políticas públicas nacionales e internacionales en respuesta a la crisis ambiental a nivel mundial (UNESCO, 1992; CONAHCYT, 2023). Para la UNESCO la responsabilidad social tiene que ver con el desarrollo de valores para la toma de decisiones en favor de la integridad del ambiente, que sean económicamente viables y que promuevan sociedades justas en beneficio de las generaciones presentes y futuras. Es decir, la relación tripartita ambiente-economía-sociedad que es la base conceptual y los principios de la sustentabilidad (ONU, 1992).

En México, la búsqueda de un desarrollo sostenible se ha dirigido a la promoción de aptitudes y actitudes reflexivas a nivel individual y colectivo en concordancia con los principios de sustentabilidad (ONU, 1992; UNESCO, 1992; DOF, 2019; Hernández-Ramírez, 2016a, 2021). Al respecto, las Instituciones de Educación Superior (IES) se han adherido a los compromisos signados por el Gobierno de México para atender los retos de la incorporación de la sustentabilidad en la educación media superior y sus respectivos programas de estudio (DOF, 2019; CONAHCYT, 2023; UV, 2017, 2020).

1. Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)

La Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) adoptó un plan de acción compuesto por 17 ODS¹ y 169 metas dirigidas para hacer real y efectivo el bienestar y los derechos de todas las personas a un planeta próspero y sano para el año 2030 (ONU 2023).

Para alcanzar los ODS es necesario que los gobiernos y las instituciones públicas concreten los compromisos que se encuentran en su esfera de competencia. Lo anterior en respuesta a que son éstas las instancias que se ubican en la primera línea de acción que tiene que ver con el uso y generación de los bienes y recursos públicos (incluida la responsabilidad social).

Al respecto, se han planteado diferentes esferas de atención y acción prioritarias que incluye: 1) El compromiso de los(as) jefes(as) de Estado para establecer los marcos legales y normativos, así como la movilización de recursos públicos dirigidos a cumplir los ODS, 2) El diseño e implementación de las políticas y medidas concretas por parte de los gobiernos -estatales y federal para México- que permita reducir la desigualdad, erradicar tanto la pobreza como la violencia en beneficio del bienestar social. 3) Para alcanzar el bienestar social se requiere que las personas vivan en un ambiente sano (no contaminado) y con acceso al agua, alimentos y todo recurso necesario para su existencia (i.e., asegurar el mantenimiento de los ecosistemas, su función y los servicios ambientales derivados de los sistemas biológicos). 4) Los gobiernos y las instituciones públicas deben fortalecer sus capacidades de acción y rendición de cuentas dirigidos en atender los ODS, 4) La comunidad internacional debe movilizar los recursos, inversiones y financiamiento necesario para que los países en desarrollo y vulnerables puedan atender los ODS en sus territorios, y 5) Los Estados miembros deben encaminar acciones multilaterales que les permita afrontar los retos y trabajar en conjunto en vías de alcanzar los objetivos planteados (ONU 2023).

Dentro de las instituciones públicas se sitúan las universidades, por lo que sus acciones deben estar encaminadas en atender los ODS. Para ello debe existir un

¹ Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluyen: 1. Fin de la pobreza, 2. Hambre cero, 3. Salud y bienestar, 4. Educación de calidad, 5. Igualdad de Género, 6. Agua limpia y saneamiento, 7. Energía asequible y no contaminante, 8. Trabajo decente y crecimiento económico, 9. Industria, innovación e infraestructura, 10. Reducción de las desigualdades, 11. Ciudades y comunidades sostenibles, 12. Producción y consumo responsables, 13. Acción por el clima, 14. Vida submarina, 15. Vida de ecosistemas terrestres, 16. Paz, justicia e instituciones sólidas y 17. Alianzas para lograr los objetivos (ONU, 2023).

sustento normativo y regulatorio a nivel institucional que contribuya a generar indicadores de evaluación claros, así como sus respectivos mecanismos de supervisión y de rendición de cuentas.

1.1. La Universidad Veracruzana

La Universidad Veracruzana se decretó en la Constitución Política del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave en 1944 con su residencia en la ciudad de Xalapa (Gaceta Oficial, 1944). En la actualidad, la Universidad Veracruzana posee cinco sedes regionales que incluyen: Xalapa, Veracruz, Orizaba-Córdoba, Poza Rica-Tuxpan y Coatzacoalcos-Minatitlán (UV, 2023a). Por otra parte, la Institución amplió sus horizontes en los procesos educativos a través de la conformación de la Universidad Veracruzana Intercultural (UVI) con las sedes regionales en la Huasteca, el Totonacapan, la zona de las Grandes Montañas y la de Selvas (UVI, 2023).

Por sus características, la Institución ha diversificado sus aproximaciones pedagógicas en respuesta a las audiencias particulares que atiende y los contextos particulares en los que se encuentra inmersa (Hernández-Ramírez, 2016a; UV, 2023a, UVI, 2023). Es por ello que la Institución desarrolló un Plan maestro de sustentabilidad con la finalidad de incorporar la sostenibilidad de manera transversal en los distintos programas de estudio independientemente de la orientación disciplinar y/o profesionalizante (UV, 2017, 2020). Dicho documento constituye una estrategia para reorientar la educación y el aprendizaje hacia la responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad. Para ello, la Institución estableció un marco de referencia que permite distinguir los principios básicos que la Institución reconoce como sustentabilidad y que incluye: 1) Principios generales, 2) Ejes temáticos y 3) Ámbitos de acción (ver métodos para más detalle; UV, 2020).

Es importante notar que la estrategia de trabajo planteada en el Plan maestro de sustentabilidad no es ajena e independiente al sistema de trabajo Institucional, por lo que sus componentes se articulan y vinculan a los ya existentes indicadores de desempeño institucional (UV, 2020, 2023a). No obstante, esta política institucional aporta el marco de referencia necesario para identificar, cuantificar y evaluar los alcances que ha tenido la implementación del Plan maestro de sustentabilidad en el quehacer académico sin vulnerar los derechos humanos, laborales y universitarios en la Institución (UV, 2017, 2020; Hernández-Ramírez, 2017). El Plan maestro de sustentabilidad, a su vez permite distinguir las funciones sustantivas y adjetivas al interior de la institución (UV, 2020, 2021). Es decir, en las funciones sustantivas se reconocen los ámbitos: 1) Docencia, 2) Investigación y 3) Vinculación y Extensión que tiene que ver con el personal académico y técnico. Mientras que las funciones adjetivas se vinculan con las actividades de administración de recursos humanos, técnicos, financieros, materiales y de apoyo académico; es decir, actividades de gestión institucional que son el ámbito de competencia de las Direcciones y Coordinaciones de las distintas entidades académicas.

En 2021 la Institución reportó los primeros avances con respecto a la implementación del Plan maestro de sustentabilidad con base al sistema institucional de indicadores (UV, 2021). Lo anterior representó un avance importante para conocer cómo se han materializado los compromisos de Responsabilidad social vinculada al

ambiente por parte de la Universidad Veracruzana. Al respecto resalta la importancia de reconocer cuáles han sido los avances a través de casos particulares y/o entidades adscritas a la institución.

1.2. Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes (CEDS)

El Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes [CEDS] se incorporó como entidad académica a la Universidad Veracruzana en 2010 (CEDS, 2023). La entidad incorpora el diálogo de saberes, complejidad sistémica y transdisciplinariedad como sus pilares de trabajo vinculado al modelo pedagógico de comunidades de aprendizaje². El CEDS se vislumbra como una institución creativa e innovadora que desarrolla procesos de enseñanza-aprendizaje³ y de investigación de vanguardia con sentido de compromiso y pertinencia social (CEDS, 2023). La entidad hace hincapié en el diálogo de saberes como puente de comunicación/valoración de los conocimientos académicos y no-académicos, por lo que fomenta el valor de éstos últimos dentro del ámbito institucional para generar alternativas de vida sustentable⁴ (CEDS, 2023).

El CEDS ha incorporado como proyecto nodal de investigación-docencia-vinculación a la Unidad Modelo de Ecotecnologías para la Ecoalfabetización (UMEE) como medio que brinda experiencias de aprendizaje transformativo para la sustentabilidad (CEDS, 2023). El CEDS cuenta con dos huertos, uno dedicado a las plantas medicinales y otro destinado a las plantas alimenticias (CEDS, 2023). En general, la entidad académica vincula a la UMEE dentro de la noción de Educación para la vida⁵.

El personal académico adscrito al CEDS proviene de distintas disciplinas y se configuran en grupos de trabajo a manera de Cuerpos Académicos –el 50 % de los Cuerpos Académicos posee un registro ante PRODEP– (CEDS, 2023). Estos Cuerpos Académicos se trasladan a manera de Comunidades de aprendizaje dentro del programa de Maestría adscrito al Centro (CEDS, 2023, METS, 2023). De los dos Cuerpos Académicos registrados ante PRODEP, solo uno participa en el programa de Maestría del Centro.

² Las comunidades de aprendizaje emergen como una alternativa que cuestiona la validez externa de los conocimientos que se producen en condiciones de: 1) separación de los componentes de un sistema para poder ser estudiados (reduccionismo), 2) estudiar los fenómenos bajo condiciones extremadamente controladas, 3) distanciar el conocimiento de su aplicación en contextos específicos, 4) generación de conocimientos que no responden a demandas contexto-dependientes particulares, 5) disociar la experiencia misma de sujeto que investiga (Elboj *et al.*, 2002; Ródenas *et al.*, 2010; Hernández-Ramírez, 2016b, 2018, 2021).

³ Desde la perspectiva del pensamiento complejo se busca un cambio de educación vertical a una transversal basado en el diálogo de saberes, tomando en cuenta la posición socio-emocional y disciplinar de los participantes, con una vigilia epistemológica o reflexión sobre la trascendencia de lo que se está haciendo, conociendo y aprendiendo (Elboj *et al.*, 2002; Hernández-Ramírez, 2016a, 2016b, 2018, 2021)

⁴ El estudiantado podrá reconocerse en sus propias realidades y contextos; lo que les permitirá enfrentar un contexto social, económico y cultural particular con vías a construir sociedades justas, incluyentes y participativas (Hernández-Ramírez, 2018, 2021).

⁵ El Plan Maestro de la Universidad Veracruzana reconoce la noción de Educación para la vida la cual centra su propósito en promover la participación y las mismas oportunidades en la educación para la sustentabilidad en donde se incorporen valores y estilos de vida para una transformación hacia el Buen Vivir (i.e., incorporación de la educación formal, no formal e informal; UV, 2020, 2021).

En términos generales, los grupos de trabajo (Cuerpos Académicos o Comunidades de aprendizaje) están conformados por académicos y académicas con distinto tipo de contratación (personal tiempo completo o temporal, investigador/a, técnico/a) y con diferente antigüedad (desde fundadores hasta personal con un año de antigüedad). Debido a lo anterior, existe una pluralidad en las visiones y prácticas en el quehacer cotidiano del CEDS (i.e., cultura académica⁶; Clark, 1991; Guerenabarrena-Cortazar *et al.*, 2021; Zúñiga *et al.*, 2022).

Con base en lo anterior, en este trabajo se sistematizó la labor que el CEDS ha realizado desde la perspectiva de los indicadores presentes en el Plan maestro de sustentabilidad de la Universidad Veracruzana. En esta primera etapa solo se sistematizaron las labores sustantivas de la entidad, por lo que queda pendiente la evaluación de las labores adjetivas y que están estrechamente relacionadas con las actividades de gestión institucional que son el ámbito de competencia de la coordinación del CEDS.

2. Metodología

El análisis de los indicadores de sustentabilidad se realizó a través de la revisión y sistematización de las labores sustantivas del CEDS y del programa de posgrado Maestría en Estudios Transdisciplinarios para la Sostenibilidad (METS) adscrito a la entidad académica y que se reportan en sus páginas institucionales con respecto a los indicadores contenidos en el Plan maestro de sustentabilidad (CEDS, 2023, METS, 2023). Lo anterior se hizo tomando en consideración los compromisos que tiene la entidad académica y el personal adscrito al mismo relacionado con la normatividad institucional y vinculado a las obligaciones de transparencia⁷ (DOF, 2015, 2016, 2017). Por lo que se asume que la información es verídica y se encuentra actualizada.

2.1. Actividades sustantivas de Docencia

La evaluación de los indicadores de sustentabilidad relacionados a Docencia se realizó a través de la revisión y sistematización de la información contenida en la página del Centro y de la METS (CEDS, 2023, METS, 2023). Debido a que no se aporta información con respecto a AFEL u otras Experiencia Educativas, el análisis del estudiantado se realizó considerando únicamente a la METS que abarca el periodo 2008-2018 y que corresponde a siete generaciones de estudiantes (CEDS, 2023, METS, 2023).

⁶ La cultura académica y/o universitaria incluye la constelación de ideas, técnicas, creencias, valores y prácticas disciplinarias que influyen en los acuerdos y desacuerdos internos en relación a las formas en las que se abordan y trabajan los temas de investigación en el colectivo (Clark, 1991).

⁷ Toda información generada en las Instituciones de Educación Superior (IES) es pública y debe ser publicada y actualizada en los portales oficiales/institucionales, por lo que es confiable, verídica y de fácil acceso (Hernández-Ramírez, 2016a, 2016b, 2021).

2.2. Actividades sustantivas de Investigación, Vinculación y Extensión

La evaluación de los indicadores de sustentabilidad relacionados con Investigación, Vinculación y extensión se realizó a través de la revisión y sistematización de las páginas institucionales a nivel de entidad académica (CEDS y METS), así como las páginas personales de los(as) académicos(as) y técnicos(as) adscritos(as) al CEDS. El periodo de revisión fue de 2019-2023 (CEDS, 2023). Aunado a lo anterior, se revisaron las Actas del Órgano Equivalente al Consejo Técnico en las que hace constar el registro de proyectos de investigación (Sistema de Registro y Evaluación de la Investigación; SIREI) y de vinculación (Sistema de Información para la Vinculación Universitaria, SIVU) inscritas por académico(a) o técnico(a) y que son avalados por dicho órgano colegiado en el periodo 2019-2020 (CEDS, 2023).

2.3. Generación de indicadores

La generación de los indicadores de sustentabilidad se basó en el análisis integral del concepto con base en el documento maestro (UV, 2017, 2020, 2021).

En este sentido, los criterios que se utilizaron para determinar que una acción/producto cumple con la definición de sustentabilidad fue que el producto/actividad contemplara cuando menos uno de los principios y uno de los ámbitos de acción descritos en el Plan maestro de sustentabilidad de la Institución. Los principios relacionados con la sustentabilidad que define la institución son: 1) Acción colectiva, 2) Bien común, 3) Cultura de paz, 4) Diálogo de saberes e interculturalidad, 5) Inclusión, 6) Equidad, 7) Justicia, 8) Resiliencia socioambiental y 9) Responsabilidad social desde la sustentabilidad (UV, 2020, 2021). Los ámbitos de acción que reconoce la institución dentro del concepto de sustentabilidad incluyen: 1) Educación para la vida⁸, 2) Investigación e incidencia⁹ y 3) Vinculación y comunicación¹⁰ (UV, 2020, 2021). El marco de referencia/comparación fueron los indicadores generados por la Institución 2019-2021 (UV, 2021).

⁸ El ámbito de Educación para la vida incluye: 1) transversalización de la sustentabilidad, 2) innovación educativa con pertinencia socioambiental y 3) estrategia de educación no formal e informal para la sustentabilidad (UV, 2021).

⁹ El ámbito de investigación e incidencia incluye: 1) investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria sobre sustentabilidad, 2) incidencia de la investigación sobre el contexto socioambiental, 3) investigación con criterios de sustentabilidad (UV, 2021).

¹⁰ El ámbito de vinculación y comunicación incluye: a) alianzas colaborativas para la sustentabilidad, 2) comunicación de la ciencia, las artes y los saberes tradicionales y 3) vinculación entre la academia y la administración universitaria (UV, 2021).

3. Resultados y discusión

El CEDS está compuesto por 16 académicos(as) que incluyen: 1) 10 investigadores(as) de tiempo completo (5 hombres y 5 mujeres), 2) 5 técnicos(as) (2 hombres y 3 mujeres) y un académico con contratación temporal (1 hombre).

3.1. Actividades sustantivas de Docencia

El CEDS oferta siete Experiencias Educativas dentro del Área de Formación y Elección Libre (AFEL). La METS fue el único programa educativo analizado desde el punto de vista del estudiantado, ya que es la única oferta educativa del cual el CEDS aporta información para su análisis, por lo que se corrobora que está vigente y activo (**Tabla 1**).

Tabla 1

Comparativa en el área sustantiva de Docencia para el CEDS (Valor CEDS) en el periodo de análisis 2019-2023 con respecto a los indicadores institucionales 2019-2021 (Valor UV)

Clave	Indicador	Valor CEDS	Valor UV
ED1	Porcentaje de programas educativos que incluyen experiencias educativas con temas sobre sustentabilidad	100	51
ED3	Porcentaje de alumnos que cursan alguna experiencia educativa cuyas unidades de competencia y saberes teóricos, heurísticos y axiológicos integran los principios generales o los ejes temáticos de la sustentabilidad*	65	S/F
ED4	Porcentaje de trabajos recepcionales con temas relacionados sobre sustentabilidad**	40	15
ED5	Porcentaje de cursos del ProFA que incluyen temas relacionados a sustentabilidad	S/F	S/F
ED6	Porcentaje de académicos que participan en cursos ProFA que abordan temas sobre sustentabilidad	S/F	3
ED7	Porcentaje de personal no académico que participa en cursos relacionados con sustentabilidad	S/F	8
ED8	Grado de aprendizaje de la sustentabilidad en estudiantes	S/F	S/F
ED10	Porcentaje de entidades académicas y dependencias con planes vigentes de sustentabilidad	No aplica	59

Nota: Se consideró como único programa educativo a la Maestría en Estudios Transdisciplinarios para la Sostenibilidad (METS) adscrita al Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes (CEDS) para el análisis del estudiantado. S/F: Sin fuente de información. El Valor UV corresponde a los indicadores generados por la Institución 2019-2021 (UV, 2021).

* El indicador ED3 se basó en el número de alumnos que cumplieron los créditos del programa de la METS con respecto al total que se inscribieron (vinculado a eficiencia terminal). Se excluyó del análisis la actual generación de estudiantes que cursa el programa de la METS.

** El indicador ED4 se basa en la información presente en la página de la METS (METS 2023).

Fuente: Elaboración propia.

A nivel comparativo, el CEDS como entidad académica supera los indicadores ED1 y ED4 generados a nivel institucional en el periodo 2019-2021. Para el resto de los indicadores no se presentó información.

En el CEDS se han inscrito 87 estudiantes distribuidos en siete generaciones dentro del programa de maestría (5-20 estudiantes por generación; METS, 2023). La eficiencia terminal es del 65 % en un tiempo de titulación que osciló de 1-6 años después de concluir el programa de la METS de 2 años. Es decir, el tiempo que tardan los y las estudiantes en transitar por el programa de la METS es de 3 a 6 años, por lo que el tiempo máximo de titulación triplica los años de duración del programa. La METS no aporta información con respecto al 25 % del estudiantado. De los trabajos recepcionales conocidos, menos de la mitad abordan temas de Responsabilidad social en el marco de sustentabilidad con respecto a lo definido en el documento maestro (**Tabla 1**).

Todo el personal técnico cuenta con el grado de Maestría, mientras que los investigadores(as) cuentan con el grado de Doctorado. Es por ello que cualquier miembro del CEDS posee las capacidades y competencias necesarias para cumplir con las labores de Dirección de Trabajo recepcional. No obstante, se observa que el personal académico del CEDS no participa de manera equitativa en las funciones de Dirección de trabajo recepcional. Es decir, varios investigadores(as) y técnicos(as) no han dirigido ningún trabajo en el periodo analizado que corresponde a 10 años de la METS, mientras que dos investigadores(as) que son miembros fundadores han dirigido el 54% de los trabajos recepcionales reportados en la página del Centro (CEDS, 2023). A través de los lineamientos¹¹ provenientes del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT, 2023) se vislumbra un escenario prometedor para que la asignación de estudiantes sea más justa, equitativa e incluyente para el personal académico adscrito al CEDS y que conforma el Núcleo Académico Básico de la METS.

En lo que respecta a las actividades de educación continua, actualización disciplinaria y/o docente del profesorado no existe evidencia de esta actividad en el portal del CEDS, por lo que no fue posible analizar este indicador (CEDS, 2023, METS, 2023). Con respecto al grado de aprendizaje de sustentabilidad en estudiantes no existe información de esta actividad que evidencié su valor en la página del Centro, por lo que tampoco fue posible analizar este indicador (CEDS, 2023).

En términos generales, el CEDS en su diseño cumple cabalmente con los indicadores presentes en el Plan maestro de sustentabilidad en lo que respecta al porcentaje de programas educativos (Clave ED1). No obstante, menos de la mitad de los trabajos recepcionales abordan los temas de Responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad (Clave ED4). El Plan maestro de sustentabilidad de la Universidad Veracruzana plantea una educación de calidad que no es exclusiva de los temas ambientales (UV, 2020). Es decir, plantea una articulación de temas que tienen que ver con las condiciones de vida, valores sociales y cuidado del ambiente. Esta aproximación conlleva implicaciones políticas y sentido crítico dirigidos a la búsqueda de soluciones con respecto a los problemas que aquejan al mundo desde lo local, regional, nacional e internacional (UV, 2017; Hernández-Ramírez, 2021). Con base en el análisis de los

¹¹ El Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías determina un proceso de acompañamiento al estudiante (Tutoría, Dirección de Tesis y/o Dirección de Trabajo Recepcional) durante el desarrollo de su investigación para obtener el grado en el que se garantice que cada profesore investigador acreditado en el programa atienda un mínimo de un estudiante y un máximo de cinco estudiantes (Artículo 8, párrafo III.; CONAHCYT, 2023).

trabajos recepcionales de la METS, se observa que el CEDS promueve en el estudiantado la visión transdisciplinaria y de transformación personal en contextos sociales específicos, por lo que responde a un modelo de apropiación del saber asentado en la experiencia (CEDS, 2023). Dicha influencia ecopedagógica contribuye a explicar el número limitado de trabajos recepcionales que abordan temas de Responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad.

La problemática que representa la transformación curricular en las IES se enraíza en factores estructurales determinados por los colectivos académicos. Guerenabarrena-Cortazar *et al.* (2021) y Zúñiga *et al.* (2022) han identificado que cuando los académicos(as) tienen la responsabilidad y la autoridad para realizar el diseño y la ejecución del trabajo (ambas funciones) suelen limitar el alcance de los objetivos de la Institución. Este fenómeno se suscita debido a valoración e interpretación diferencial de lo que se considera importante y pertinente de atender en la propuesta curricular por parte de los académicos(as), lo que propicia la desarticulación entre los propósitos-resultados del quehacer en las IES. Una solución a esta problemática incluye los procesos de capacitación que permiten establecer directrices institucionales. No obstante, se ha observado que las actitudes y características del profesorado suele ser de desinterés para estos procesos de capacitación (Guerenabarrena-Cortazar *et al.*, 2021). La Universidad Veracruzana posee un sistema de capacitación para su personal académico/técnico que incluye cursos, talleres y diplomados (indicador clave ED5 y ED6), como vía para establecer una relación dialéctica entre la UV-CEDS con la finalidad de alcanzar los objetivos de Responsabilidad social en el marco de sustentabilidad. Sin embargo, en la entidad las actitudes y características de los académicos(as) se dirigen únicamente a valorar el Diplomado que diseña e imparte el mismo personal del CEDS, por lo que no se atienden los requerimientos institucionales relacionados con la capacitación institucional.

3.2. Actividades sustantivas de Investigación

El concepto de sustentabilidad es valorado y reconocido como concepto central por el personal académico del CEDS (**Tabla 2**).

Tabla 2

Comparativa en el área sustantiva de Investigación para el CEDS (Valor CEDS) en el periodo de análisis 2019-2023 con respecto a los indicadores institucionales 2019-2021 (Valor UV)

Clave	Indicador	Valor CEDS	Valor UV
IN1	Porcentaje de cuerpos académicos (CA) que trabajan con temas relacionados con sustentabilidad	100	15
IN2	Porcentaje de líneas de generación y aplicación del conocimiento (LGAC) que abordan temas relacionados con sustentabilidad	88	10
IN3	Porcentaje de publicaciones académicas ligadas con temas de sustentabilidad	30	S/F
IN4	Proporción de publicaciones académicas por académico relativas a temas de sustentabilidad	0-56	S/F
IN7	Porcentaje de proyectos de investigación sobre sustentabilidad	25	100

Fuente: Elaboración propia.

A nivel comparativo, el CEDS como entidad académica supera los indicadores con clave IN1 y IN2 generados a nivel institucional en el periodo 2019-2021 (UV, 2021). No obstante, el CEDS queda por debajo del indicador institucional con clave IN7 (UV, 2021). Para el resto de los indicadores no fue posible la comparación por la falta de información asociada a la Institución (UV, 2021).

Los dos Cuerpos Académicos presentes en el CEDS reconocen los temas de Responsabilidad social en el marco de sustentabilidad como prioritarios en su diseño, así como las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (88-100 %; **Tabla 1**). No obstante, este concepto se va erosionando en el quehacer cotidiano de los académicos(as) vinculado a las actividades de investigación que incluyen publicaciones y/o proyectos de investigación registrados a nivel institucional. Es decir, en el CEDS existe un déficit importante en una tarea que es primordial para la entidad y en la cual el personal adscrito al Centro posee una contratación del tipo de Técnico(a) académico(a) e investigador(a) (**Tabla 2**).

Cabe destacar que siete investigadores(as) hicieron el registro de los once proyectos SIREI (independientemente del tema de estudio). Lo anterior representa el 46 % de participación del personal del CEDS en actividades de investigación en el periodo comprendido de 2019-2023.

La investigación sobre problemas mundiales y prioridades nacionales son temas centrales para las IES en el país (DOF, 2019; Hernández-Ramírez, 2021; CONAHCYT 2023). El modelo ecopedagógico que proviene del diálogo de saberes constituye el pilar que sustenta la generación de conocimientos que son validados por las experiencias personales/colectivas en el CEDS (ver nuestra misión, visión y filosofía; CEDS, 2023). Esta aproximación de trabajo contribuye a explicar los valores bajos e incluso nulos analizados en el área sustantiva de investigación (indicadores con clave IN3, IN4 e IN7). Independientemente de la propuesta ecopedagógica del Centro, es tarea de los investigadores(as) reivindicar los saberes provenientes de la educación no formal e informal en el ámbito académico vinculado a las IES (Hernández-Ramírez, 2016a, 2016b, 2018; SEMARNAT, 2017; CONAHCYT, 2024). Las actividades de investigación son el sustento que permite la generación de conocimientos (formales e informales) desde una mirada crítica, justa, equitativa, incluyente y pertinente en las IES en el país. Basado en un compromiso profundo para mantener una coherencia entre el discurso y la acción, el CEDS requiere reforzar el sustento crítico que le permita generar propuestas creativas e innovadoras desde una investigación disciplinar, multidisciplinar y transdisciplinar.

Guerenabarrena-Cortazar *et al.* (2021) enfatizan en la necesidad de establecer instancias que verifiquen que las acciones emprendidas por el profesorado sean congruentes a los objetivos y estrategias de trabajo que plantean las IES en vías de su fortalecimiento. Al respecto, la Universidad Veracruzana posee los mecanismos que permiten coadyuvar a esta labor dialéctica entre la institución y su personal a través del registro de proyectos de investigación ante el SIREI. El SIREI se relaciona con el aval que la Universidad otorga para realizar las actividades planeadas por el personal universitario y que es avalado por los Cuerpos Colegiados (H. Consejo Técnico). A su vez, la Dirección General de Investigaciones verifica y se cerciora que los trabajos de

investigación se lleven a cabo y concluyan en el tiempo planeado y cumpliendo con los productos comprometidos (UV, s/f).

Con base en los resultados obtenidos, es posible identificar una evasiva para que el personal del CEDS registre sus proyectos de investigación ante el SIREI o bien las actividades de investigación no forman parte del trabajo que se realiza en el CEDS. Independientemente de la causa, la entidad deberá mejorar sus indicadores asociados al área sustantiva de Investigación acorde a la normatividad institucional. Al respecto, el Programa de Trabajo Institucional 2021-2025 enfatiza en la importancia y necesidad de que el personal académico (investigadores/as y técnicos/as) formalice sus trabajos de investigación ante la institución de cuando menos un producto SIREI por académico(a)/investigador(a) (UV, 2023b).

3.2. Actividades sustantivas de Vinculación y Extensión

El personal del CEDS reconoce a la sustentabilidad como concepto clave para vincularse y relacionarse con otros actores fuera de la institución (**Tabla 3**).

Tabla 3.

Comparativa en el área sustantiva de Vinculación y Extensión para el CEDS (Valor CEDS) en el periodo de análisis 2019-2023 con respecto a los indicadores institucionales 2019-2021 (Valor UV). S/F: Sin fuente de información.

Clave	Indicador	Valor CEDS	Valor UV
VE2	Porcentaje de alumnos que realizan actividades relativas a temas de sustentabilidad durante la prestación de su servicio social	S/F	3
VE3	Número de proyectos de vinculación realizados que contribuyen a la solución de problemas de sustentabilidad	2	47
VE4	Número de convenios de colaboración con gobiernos nacionales, regionales o locales, organizaciones de la sociedad civil, comunidades locales, y el sector empresarial en materia de sustentabilidad	2	5
VE5	Porcentaje de cursos impartidos a personal académico y no académico centrados en temas de sustentabilidad	S/F	S/F
VE6	Porcentaje de asignación presupuestal institucional para implementar acciones relacionadas con la sustentabilidad	S/F	S/F
VE7	Número de eventos académicos, artísticos y de vinculación en materia de sustentabilidad	10	182

Fuente: Elaboración propia.

A nivel comparativo, el CEDS como entidad académica arrojó indicadores por debajo a lo observado a nivel institucional. Debido a la falta de información, la comparación se limitó a tres indicadores (UV, 2021).

El registro de proyectos dentro del Sistema de Información para la Vinculación Universitaria (SIVU) en el periodo 2019-2023 lo realizaron cuatro personas adscritas al CEDS que representa el 25 % del personal académico de la entidad.

El registro de los proyectos que se desarrollan en el CEDS en la plataforma del SIVU permite a la Universidad Veracruzana coadyuvar en la planeación, apoyo y difusión de las actividades reportadas (UV, 2023c).

Lo observado en el análisis del área sustantiva de vinculación y extensión se traduce en una renuencia para que el personal del CEDS registre sus proyectos dentro del SIVU

o bien estas actividades son marginales para el CEDS. Zúñiga *et al.* (2022) reconocen que el poco valor que otorga el personal a las directrices que establecen las instituciones obstaculiza la integración de mejoras en las IES.

Por lo que, la falta de comunicación del CEDS para con los recursos institucionales limitan el desarrollo pleno de la entidad.

3.3. La cultura de registro como mecanismo de sistematización, validación, transparencia y rendición de cuentas

El CEDS ha desarrollado e implementado un conjunto de ecotecnias que difieren en su grado de funcionamiento y que sirven como plataforma para el desarrollo de las experiencias de aprendizaje vinculadas al modelo educativo de ecoalfabetización (CEDS, 2023). Por su importancia para el Centro, a este conjunto de ecotecnias se les ha agrupado en un proyecto denominado Unidad Modelo de Ecotecnologías para la Ecoalfabetización (UMEE). El CEDS menciona que es un proyecto nodal de investigación-docencia-vinculación (CEDS, 2023). No obstante, no se observó ningún registro de investigación o vinculación relacionado con el proyecto UMEE por parte del personal adscrito al Centro en el periodo 2019-2023 (CEDS, 2023). De manera similar, ninguno de los trabajos recepcionales derivados del posgrado de la METS se vinculó al proyecto UMEE en el periodo comprendido de 2008-2018 (CEDS, 2023, METS, 2023).

En lo que respecta a los huertos presentes en el Centro, éstos cumplen una función medular en el proceso de ecoalfabetización del estudiantado perteneciente a la METS. No obstante, las actividades realizadas por los(as) estudiantes y docentes en el huerto se encuentran desvinculadas del plan de estudios, por lo que no tienen un valor crediticio para los(as) estudiantes ni forman parte de la carga docente del personal del Centro (METS, 2023).

El caso del proyecto UMEE y los huertos ejemplifica un problema previamente señalado y que tiene que ver con la falta de cultura para la sistematización y registro de proyectos y actividades académicas desarrolladas en la entidad o bien de la falta de articulación de las distintas labores que se realizan en el CEDS.

La Universidad Veracruzana ha generado los medios y posee una estructura (dependencias y áreas) que atiende, coordina y facilita este registro (Docencia, Investigación, Gestión Académica y Tutorías; UV, 2023a).

Por lo que, la falta de registro de las actividades primordiales del personal académico del Centro debilita el proceso de rendición de cuentas y la transparencia de lo que se hace y cómo se hace en la entidad. Es decir, la falta de cultura para la sistematización y registro de actividades vulnera el ejercicio de las buenas prácticas institucionales (i.e., causa grietas estructurales a la gobernabilidad de la institución).

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos de esta investigación mostraron que el CEDS cumple con la perspectiva de sustentabilidad en sus funciones sustantivas de Docencia (40-100 %),

Investigación (0-100 %), Extensión y Vinculación (9-70 %). Por lo que la entidad requiere un trabajo de mejora estructural y organizacional en vías de fortalecer su capacidad de acción y rendición de cuentas dirigidos a atender los ODS y en específico la Responsabilidad social dentro del marco de la sustentabilidad de la IES.

El Plan maestro de sustentabilidad es el instrumento de política institucional dirigido a atender los compromisos relacionados con los ODS en la Universidad Veracruzana. Análisis posteriores por entidad académica con respecto a la adopción de este documento maestro permitirán reconocer los avances y necesidades de mejora vinculados al proceso de transformación curricular en vías de la Responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad a nivel institucional. Dada su importancia para la educación pertinente y de calidad, estudios futuros que aborden las distintas políticas institucionales relacionadas con la transformación curricular dirigidas en atender los ODS darán cuenta de la labor y aportación de las IES a nivel nacional.

Agradecimientos

Al Comité Editorial de *UVserva* y a los árbitros que contribuyeron sustancialmente a la mejora en la presentación de la investigación.

Referencias

- CEDS** (2023). *Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes. Región Xalapa, Universidad Veracruzana*. Página Institucional. <https://www.uv.mx/ecodialogo/>
- Clark, B.** (1991). *El sistema de educación superior. Una visión comparativa de la organización académica*. Nueva Imagen/Universidad Futura. <https://tinyurl.com/m2dtcd6h>
- CONAHCYT.** (2023). *Lineamientos del Sistema Nacional de Posgrados del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías*. CONAHCYT. Gobierno de México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5698698&fecha=16/08/2023
- CONAHCYT.** (2024). *Día mundial del medio ambiente*. CONAHCYT. Gobierno de México. <https://tinyurl.com/cuhec3k4>
- DOF.** (2015). *Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública*. Diario Oficial de la Federación 4 de mayo 2015. <https://tinyurl.com/yc3sd4cd>
- DOF.** (2016). *Ley General del Sistema Nacional Anticorrupción*. Diario Oficial de la Federación 18 de julio de enero 2016. <https://www.gob.mx/sfp/acciones-y-programas/sistema-nacional-anticorrupcion-64289?idiom=es>
- DOF.** (2017). *Ley General de Protección de Datos Personales en posición de Sujetos Obligados*. Diario Oficial de la Federación 26 de enero 2017. <https://www.gob.mx/indesol/documentos/ley-general-de-proteccion-de-datos-personales-en-posesion-de-sujetos-obligados>
- DOF.** (2019). *Ley General de Educación*. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. 30 de septiembre de 2019. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGE.pdf>

- Elboj, C., Puigdemívol, I., Soler, M. y Valls, R. (2002).** *Comunidades de Aprendizaje. Transformar la educación.* Graó. <https://tinyurl.com/8xm95uub>
- Gaceta Oficial (1944).** *Estatuto Orgánico de la Universidad Veracruzana. Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.* 9 de septiembre de 1944. <https://www.uv.mx/legislacion/files/2017/07/EstatutoGeneral-Universidad-Veracruzana.pdf>
- Guerenabarrena-Cortazar, L., Olaskoaga-Larrauri, J. y Cilleruelo-Carrasco, E. (2021).** Barriers to the integration of sustainability in the Spanish university curricula. *Education Policy Analysis Archives*, 29, 94. <https://doi.org/10.14507/epaa.29.5390>
- Hernández-Ramírez, A. (2016a).** Tendencias de género, acceso y cobertura de una experiencia educativa transversal en la Universidad Veracruzana. En J.A.H. Moral y M. L. W. Urquidi (coord.) *Tendencias y desafíos en la innovación educativa: un debate abierto* (pp. 1227-1232.). Fundación para la Educación Superior Internacional, A.C. <https://www.repo-ciie.dfie.ipn.mx/pdf/487.pdf>
- Hernández-Ramírez, A. (2016b).** La complejidad del conocimiento vivo: entre el sueño, la vigilia y el insomnio. En A. M. Hernández-Ramírez (Coord.), *Interacciones planta-animal: una aproximación epistémica y fenomenológica a la complejidad. Cuaderno Ecodiálogo* (vol. 6, pp 43-47). UV. <https://tinyurl.com/2kmc3j3p>
- Hernández-Ramírez, A. (2017).** Defensoría de los Derechos Universitarios: revisión y sistematización de su labor de servicio en la universidad. *UVserva*, (3), 69-74. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i3.2527>
- Hernández-Ramírez, A. (2018).** El hilo en el laberinto: recorrido por la valoración y apropiación de los espacios educativos. En K. B. Paradowska (Coord.), *¡Ponte trucha!: Talleres de arte y buen vivir en Rancho Viejo. Cuaderno Ecodiálogo* (vol. 7, pp. 12-22). UV. <https://www.uv.mx/ecodialogo/cuadernos-ecodialogo/>
- Hernández-Ramírez, A. (2021).** Educación ambiental para la sostenibilidad: estudio de caso a nivel de posgrado en la Universidad Veracruzana. En G. Pineda, M. Hernández, y Y. Polo. *Transición para el Desarrollo Sustentable Serie Dialogando lo Ambiental* (pp. 189-197). Secretaria del Medio Ambiente del Estado de Veracruz, México. <https://tinyurl.com/4tbxyf4r>
- METS. (2023).** *Maestría en Estudios Transdisciplinarios para la Sostenibilidad (METS), Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes. Región Xalapa, Universidad Veracruzana.* Página Institucional. <https://www.uv.mx/mets/generaciones/>
- ONU. (1992).** *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Río de Janeiro 3 al 14 de junio de 1992.* Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- ONU. (2023).** *Objetivos de Desarrollo Sostenible.* Organización de las Naciones Unidas. <https://tinyurl.com/4dzcjd6x>
- Ródenas, C., Olea, M., Cuxart, M. y Pulido, M. (2010).** Lectura dialógica y transformación en las Comunidades de Aprendizaje. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 24(1), 31-44. <https://www.redalyc.org/pdf/274/27419180003.pdf>
- SEMARNAT. (2017).** *Estrategias y políticas públicas para enfrentar el cambio climático y proteger la biodiversidad.* Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/estrategias-y-politicas-publicas-para-enfrentar-el-cambio-climatico-y-proteger-la-biodiversidad>

- UNESCO.** (1992). *UN Conference on Environment and Development: Agenda 21*. UNESCO. <https://tinyurl.com/3y2fbkky>
- Universidad Veracruzana [UV].** (s/f). *Sistema de Registro y Evaluación de la Investigación*. Dirección General de Investigaciones. <https://tinyurl.com/bdex8kyp>
- UV.** (2017). *Construyendo juntos la sustentabilidad. Informe Ejecutivo*. UV. <https://tinyurl.com/y367yn3v>
- UV.** (2020). *Plan maestro de sustentabilidad 2030. Acciones colectivas para el bien común*. UV. <https://www.uv.mx/cosustenta/documentos/plan-maestro-de-sustentabilidad-2030/>
- UV.** (2021). *Sistema Institucional de indicadores de sustentabilidad de la Universidad Veracruzana (Primera etapa). Reporte 2021*. Universidad Veracruzana, México. https://www.uv.mx/cosustenta/files/2021/10/Indicadores-Sust-Primera-etapa_Reporte-final.pdf
- UV.** (2023a). *Programa de trabajo 2021-2025. Por una transformación Integral. Plan de Desarrollo de la Entidad Académica*. Universidad Veracruzana, México. <https://www.uv.mx/documentos/files/2022/03/Programa-Trabajo-2021-2025.pdf>
- UV.** (2023b). *Universidad Veracruzana*, México. <https://www.uv.mx/>
- UVI.** (2023). *Universidad Veracruzana Intercultural*. <https://www.uv.mx/uvi/>
- UV.** (2023c). *Vinculación Universitaria*. Universidad Veracruzana. <https://tinyurl.com/2yax436v>
- Zúñiga-Sánchez, O., Marúm Espinosa, E., y Rodríguez Armenta, C. E.** (2022). Education for sustainable development in higher education: The effect of areas of knowledge on the conceptions of university teachers. *Education Policy Analysis Archives*, 30(157). <https://doi.org/10.14507/epaa.30.7271>

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2971>

Napatecuhtlán: Entierros cremados asociados con el agua y la montaña en Perote, Veracruz, México

Napatecuhtlan: Cremated burials associated with water and mountains in Perote, Veracruz, Mexico

Margarita Meza-Manzanilla ^a | Emmanuel Cortina-Colorado ^b
Ixchel Fuentes-Reyes ^c | Yusset Minkes-Rafael ^d

Recibido: 30 de julio de 2023.

Aceptado: 29 de febrero de 2024.

^a Instituto de Antropología, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: mmeza@uv.mx | ORCID: [0000-0002-3028-8864](https://orcid.org/0000-0002-3028-8864) *Autora para correspondencia.

^b Museo de Antropología, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: mikael_camus@hotmail.com | ORCID: [0009-0002-0426-5164](https://orcid.org/0009-0002-0426-5164)

^c Museo de Antropología, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: ifuentes@uv.mx | ORCID: [0009-0000-6071-832X](https://orcid.org/0009-0000-6071-832X)

^d Facultad de Arqueología, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: zs19023222@estudiantes.uv.mx | ORCID: [0009-0007-5267-0662](https://orcid.org/0009-0007-5267-0662)

Cómo citar:

Meza-Manzanilla, M., Cortina-Colorado, E., Fuentes-Reyes, I. y Minkes-Rafael, Y. (2024). Napatecuhtlán: Entierros cremados asociados con el agua y la montaña en Perote, Veracruz. *UVserva*, (17), 212-228. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2971>

Resumen: Napatecuhtlán se ubica en Pueblo Viejo en el municipio de Perote, Veracruz y corresponde al periodo 300 a 900 d. C. Cabe resaltar que el trabajo de Medellín publicado en 1953 es el único documento de tipo arqueológico que describe el sitio y la excavación realizada en 1950, los materiales actualmente se localizan en las bodegas del Museo de Antropología de Xalapa de la Universidad Veracruzana (UV) ubicado en la capital del Estado de Veracruz. El objetivo del trabajo se centra en el análisis de dos entierros cremados del sitio arqueológico Napatecutlan. En este lugar se encontraron diferentes estructuras arquitectónicas piramidales, juegos de pelota y adoratorios, donde se hallaron entierros humanos con tratamiento funerario diferencial. El espacio se enmarca en un paisaje de montaña y algunos materiales asociados tienen una estrecha relación con el agua, como se puede observar en las figuras de obsidiana y vasijas de Tláloc, dios de la lluvia.

Palabras clave: Entierros; cremación; Tláloc; Perote; Veracruz.

Abstract: *Napatecutlan is located in Pueblo Viejo in the municipality of Perote, Veracruz and corresponds to the period 300 to 900 AD. It should be noted that the work from Medellín, published in 1953, is the only archaeological document that describes the site and the excavation carried out in 1950. The materials are currently located in the warehouses of the Xalapa Museum of Anthropology of the Universidad Veracruzana (UV) located in the capital of the State of Veracruz. The objective of the work focuses on the analysis of two cremated burials from the Napatecutlan archaeological site. In this place, different pyramidal architectural structures, ball games and shrines were found, where human burials with differential funerary treatment were found. The space is framed in a mountain landscape and some associated materials have a close relationship with water, as can be seen in the obsidian figures and vessels of Tláloc, god of rain.*

Keywords: *Burials; cremation; Tlaloc; Perote; Veracruz.*

Introducción

Napatecutlahn o Napátecútlán es un sitio arqueológico que se ubica en la cabecera municipal de Perote, Veracruz y corresponde al periodo 300 a 900 d.C. Su nombre está asociado con las cuatro direcciones como advocación a Tláloc, dios de la lluvia. El lugar fue excavado por el arqueólogo Alfonso Medellín Zenil en los años cincuenta. Como resultado de las exploraciones se identificaron diversas estructuras arquitectónicas, que incluyen juegos de pelota, adoratorios, entierros completos, otros sepultados de forma directa y algunos cremados depositados en vasijas, así como una diversidad de materiales arqueológicos de gran relevancia, entre ellos resalta el hacha votiva de basalto gris, cuentas de piedra verde pulida, las vasijas tipo Tlalóc y objetos de obsidiana que formaban la máscara Tláloc, deidad de la lluvia.

El tratamiento que se dio a los entierros cremados llama la atención por el tiempo y los recursos que se necesitan para llevar a cabo dicha práctica. A ello se debe su sumar la ubicación del sitio, la cual se encuentra en declives del macizo montañoso de Perote,

así como los materiales asociados vasijas y objetos de obsidiana con forma Tláloc dios del agua.

Si bien en el estado de Veracruz existen una gran cantidad de sitios arqueológicos que fueron excavados por reconocidos arqueólogos de la Universidad Veracruzana (UV) en el siglo pasado, pocos son textos que se han escrito sobre las investigaciones realizadas antes de los setenta. Cabe resaltar que el único documento donde se reportan los datos sobre la excavación de Napatecuhtlán es libro titulado *Napatecutlan* de Medellín Zenil, el cual fue publicado en 1953, por el gobierno del estado de Veracruz.

De ahí surge la relevancia de las investigaciones actuales, retomar los trabajos que se realizaron en esos momentos y conjuntar propuestas actuales que, con diferentes disciplinas, como la antropología física y la arqueología, nos permitan plantear nuevos cuestionamientos y perspectivas acerca del sitio.

Es por ello que investigadores del Instituto de Antropología (IAUV), del Museo de Antropología de Xalapa (MAX), así como estudiantes de la Facultad de Antropología de la UV, iniciamos las primeras investigaciones sobre los materiales localizados hasta el momento en las bodegas de reguardo del MAX, con la finalidad de integrar los datos biológicos y arqueológicos, de tal forma que sea el inicio para ampliar el conocimiento sobre las dinámicas de las sociedades antiguas en la región de Perote, Veracruz, México.

1. Napatecuhtlán: Ubicación en espacio y tiempo

Napatecuhtlán se ubica en Pueblo Viejo a 16 km al suroeste de la cabecera municipal de Perote, Veracruz y corresponde al periodo 300 a 900 d. C. (**Figura 1**). El nombre está asociado a la deidad Napantecuhtli, de los que llaman *tlaloques*, dios de la lluvia, de las fuentes fluviales, los que hacen brotar los juncos, los rosales, aquellos que hacen esteras de juncias y en agradecimiento a todo lo proporcionado se realizaban fiestas especiales (Medellín, 1953, p.7).

En los años cincuenta, Medellín realizó excavaciones en las faldas del cofre de perote, donde localizó el sitio de Napatecuhtlán, región de Pueblo Viejo. De acuerdo con el investigador el lugar ya había sido reportado en el primer cuarto de siglo, por el arqueólogo Enrique Juan Palacios, pero quien le dio el nombre de Napatecuhtlán es José Luis Melgarejo al identificarlo como el límite del territorio de Quautinchan (Medellín, 1953, p.7).

Figura 1
 Localización geográfica de Napatecutlan, Perote, Veracruz, México



Fuente: Elaboración propia con *Google Earth*.

2. Características de las estructuras arquitectónicas, los entierros y materiales asociados

El único documento publicado sobre Napatecuhtlán donde se reportan datos sobre la excavación en Napatecutla es el de 1953. Es de gran relevancia anotar que en este texto no se presentan planos generales del sitio, ni registro fotográfico de la posición de los entierros y materiales asociados. Lo que si resalta son las imágenes de las vasijas que contenían los restos de entierros cremados y un plano del juego de pelota, la máscara de obsidiana de Tláloc, la máscara labrada en pizarra y el hacha votiva. Lo anterior es propio de la época en que el centro de la investigación eran los materiales arqueológicos y de ofrenda. En la actualidad los registros sistematizados son obligatorios. Un factor que pudo influir en el escaso registro puede estar relacionado con el estado de conservación deficiente que anotó Medellín sobre las estructuras, las cuales se encontraron conformadas por escasa grava y tierra amarilla suelta con una cantidad menor de piedra basáltica, que en algunos casos fue recubierta por una capa de estuco (Medellín, 1952, p.7). En Napatecuhtlán se identificaron diversos basamentos, que incorporan taludes que van escalonando y sostenidos por las cornisas

o molduras rectas, que se pudieron ver a nivel superficial, ya que no se realizó una excavación para un registro detallado. Frente a estos espacios rectangulares identificó estructuras en forma de templo a adoratorio, así como dos juegos de pelota, semejantes entre sí, y una pequeña construcción de 3.10 m por 0.55 m, situada frente a la escalinata de la pirámide 1 y al Oeste del juego de pelota 1 (Medellín, 1953, p.8).

A continuación, se detallan las estructuras que fueron excavadas, los entierros y materiales asociados, con la finalidad de tener un panorama general sobre los materiales en estudio.

Adoratorio 1. No se define el tamaño. En cuanto a los restos óseos, se localizaron tres entierros secundarios, en mal estado de conservación, con algunos fragmentos cerámicos asociados y fragmentos de placa de jadeíta, así como la vasija de Tláloc dios la lluvia (**Figura 2**), cuya cerámica fue definida como café-rojizo arenoso pulido semejante a la llamada cerámica los Volcanes y de Monte Albán IIIA y IIIB. Cerca de ese entierro y a una profundidad de 1.10 m apareció el entierro secundario 4¹, que según reporta el autor, se logró ver unos dientes de la dentadura decidua (Medellín, 1953. p.12).

Adoratorio 2, se ubica frente a una pirámide semidestruida por una especie de trinchera², la cual queda a 18 m del Este en la cabecera oriental del juego de pelota 1, y está compuesta por grava, tierra compacta y cuatro hileras de piedra. En este lugar también se localizó una vasija con la figura de Tláloc dios de la lluvia (**Figura 2**), semejante al del adoratorio 1. En este mismo adoratorio y cerca de la vasija con de Tláloc se localizaron diferentes formas de obsidiana, definidas como excéntricos³, que en su conjunto hacen la máscara Tláloc (**Figura 3**). La poca cerámica que se localizó se identificó como semejante a la del periodo de Remojadas Superior II o Totonacapa Clásico Tardío (Medellín, 1953. p. 13).

Monumento 2, pequeña pirámide de dos cuerpos, orientada de occidente a oriente. Se localizaron cuatro entierros a los que Medellín denominó como secundarios, por estar reducidos mediante el tratamiento de cremación, todos se encontraron en vasijas de barro bayo-arenoso semejante a la zona de Remojadas. El entierro 2 con cuentas de jadeíta y olla sobre el hacha votiva, cuyo rostro humano se observa con los ojos cerrados, con una cuenta de jade en la boca, por arriba con un tocado que simula la mandíbula de un animal y un penacho de plumas semejante a los guerreros, sumando el color rojo, posiblemente de cinabrio⁴ (Medellín, 1953. p. 16).

Trinchera 3, se realizó una excavación en la cima del edificio piramidal de 3 metros aproximadamente de altura, en el relleno se encontró un piso de grava compacta, cubierta por estuco y fragmentos de cerámica, las cuales son semejante a la época de Remojadas Superior. En este lugar se localizó un entierro completo en posición que

¹ Estos materiales aún no están disponibles para su investigación, por ello no se incorporó en el trabajo.

² Forma de excavar en la época de los cincuenta.

³ Excéntrico es un objeto de pedernal u obsidiana sin una clara función como herramienta, se considera que tiene carácter ideológico. Son piezas aplanadas, por lo común alargadas, cuyos bordes presentan variadas formas de cortes que dan como resultado una diversidad extensa de siluetas, con frecuencia figuras formas de animales o figuras. Estos objetos eran utilizados como ofrendas u otras actividades rituales, tal vez de tipo sacrificial (Pastrana, 2006, pp.49-54).

⁴ Se les colocaba a personas relevantes en la sociedad (Ladrón de Guevara y Fuentes, 2021, p.139).

mantenía la posición anatómica y cuyo rostro estaba cubierto por una máscara de pizarra con dientes de placas calcáreas, según señala el autor es semejante a las de Teotihuacán (Medellín, 1953. p. 17). También se localizaron seis entierros cremados, denominados secundarios y numerados del 1 al 6. El entierro 1, fue depositado en una vasija de cerámica con tapa, de forma ovoide con tres asas, tipo roja-arenosa y baño blanco-crema-pulido, cubierta por pintura roja. El entierro 2, corresponde a restos de una persona que aparecer no alcanzó el desarrollo de la segunda dentición y fue enterrado en un *apaxtle*⁵ hondo, de cerámica roja-arenosa con baño blanco sin pulir. El entierro 3, fue depositado en una vasija cerámica de color bayo-arenosa medianamente pulida. El entierro 4, de acuerdo con la forma y tamaño de los huesos que sobrevivieron al fuego, al parecer de una persona adulta, que depositaron en una vasija de barro-arenosos pulido y con un cajete como tapa, de cerámica diferente más cercana al tipo rojo-delgado con baño naranja pulido. El entierro 5, se encontró en una vasija de cerámica roja-arenosa y con un cajete de tipo que cubría la parte superior, la cerámica que semejante a la localizada en Cacalotlan, Veracruz. El entierro 6, corresponde a un cráneo semicompleto y huesos largos, al parecer de una persona adulta, contenidos en un *apaxtle* bayo-arenoso muy semejante al entierro 2, de esta misma área.

Como se puede ver en los párrafos anteriores, la mayor parte de los entierros fueron individuos cremados y depositados en vasijas de cerámica con características diversas. Sobre la cerámica localizada en las diferentes estructuras y con los diferentes entierros, Medellín resalta que en mayor cantidad se identificó la cerámica delgada de bandas ásperas, que puede caracterizar a Napatecuhtlán, seguida de la bayo-arenosa; café-pulida delgada; roja-arenosa con baño blanco-sin pulir; después la roja arenosa con baño blanco y decoración de patillaje, en menor cantidad la crema-arenosa gruesa y en ocasiones grisácea; pero también se observó algo de rojo-naranja sobre laca esgrafiada; así como cerámica marfil (Medellín, 1953, p.33-42).

Figura 2

Vasijas tipo Tlálloc, Napatecuhtlán, Veracruz, México



Vasijas tipo Tlálloc

Fuente: Catálogo digital del Museo de Antropología de Xalapa.

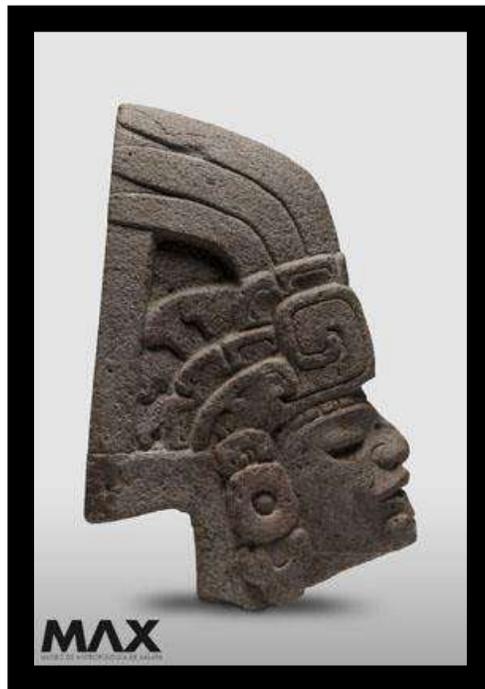
⁵ Recipiente grande y redondo, hecho de arcilla, con boca pequeña, para acarrear o mantener fresca el agua (Medellín, 1953, p.30).

Figura 3
Excéntricos de obsidiana, sugieren el rostro del Dios de la lluvia



Fuente: Catálogo digital del Museo de Antropología de Xalapa.

Figura 4
Hacha votiva de Napatecuhtlán



Fuente: Catálogo digital del Museo de Antropología de Xalapa.

3. Rituales funerarios, entierros cremados y Tláloc

De acuerdo con Alfredo López-Austin (2016, p.22), en Mesoamérica la muerte era el final de un ciclo para dar paso a un nuevo camino, siendo el mayor acto de reciprocidad con los dioses, donde se entregaba el cuerpo y la energía como compensación por los bienes recibidos. En lo general el alma de las personas regresaban al inicio, al interior del monte sagrado, para emprender el viaje y limpiar su esencia hasta renovarse y estar lista para un nuevo ser humanos (López-Austin, 2010).

Al morir, los cuerpos de las personas eran tratados de acuerdo con tipo de muerte, y el estrato social al que pertenecía, así como la capacidad de los deudos para la realización de los ritos funerarios. El destino de los fallecidos tenía diferentes tránsitos, el primero de ellos como Teyolía (entidad anímica) que va al mundo de los muertos, y el segundo como cadáver, es decir, lo relativo a un tratamiento funerario específico, como los que habían fallecido bajo la influencia de algún dios eran conducidos a la morada de sus protectores. Los destinos eran cuatro: el Tlalocan⁶, con el dios Tonatiuh⁷ (casa del quinto sol), el Mictlán⁸ (lugar de los muertos) y el árbol nodriza⁹, este último destinado a la muerte de los niños que aún no tenían conciencia (López-Austin, 1999). En las poblaciones pretéritas de México se han identificado formas diferentes de despedir a los muertos, sobresaliendo la cremación¹⁰ y la sepultura del cadáver¹¹. Con la cremación se podría adelantar el camino del Tonalli, algunos autores refieren a Bernardino de Sahagún quien documentó la cremación en los nahuas, y observó que era un procedimiento el cual se aplicaba a la gente de élite o algunos que morían por enfermedades particulares (Limón, 2016; López-Austin, 1999; Carreón Blaine, 1994). Otros investigadores coinciden que la práctica funeraria de reducir los esqueletos humanos por medio de la cremación se realizó desde el periodo Preclásico y continuó hasta el Posclásico, ejemplo de ellos son los materiales encontrados desde Chupícuaro en el Occidente, La Villita, Tlatilco, La Ventilla en Teotihuacan, Las Pilas en Morelos Cholula, Puebla, la península de Yucatán (López-Alonso, 1973), Templo Mayor (Carreón-Blaine, 1994), Ixcateopan, Guerrero (Cervantes, 2017) y Napatecutlan, Veracruz (Medellín, 1953). Como se puede ver hay una diversidad de sitios y espacios históricos en donde se han llevado a cabo la práctica de cremar a los muertos, pocos son los sitios arqueológicos que han reportado la cremación de entierros dentro de vasijas tipo Tláloc¹², entre ellos resaltan, Teotihuacán, Templo Mayor, Las Pilas, Ixcateopan, Cholula, y sitios ubicados en el área Maya. Estos tipos de representaciones

⁶ Muertes relacionadas por un rayo, el agua, la tierra o la agricultura,

⁷ Donde iban los que morían en la guerra, por sacrificio o las mujeres que fallecían en el primer parto, los comerciantes fallecidos durante las expediciones mercantiles.

⁸ Donde van los no elegidos por los dioses, la gente común que muere por causas naturales y sin importar el estatus social alcanzado sobre la tierra.

⁹ De acuerdo con la cosmovisión mexicana, a este lugar iban a morar los niños que habían muerto, para alimentarse con la leche hasta que ya pudieran regresar a la tierra, para entonces serían suficientemente fuertes y capaces de comer maíz.

¹⁰ Acción de ejercer fuego sobre algo sin reducirlo a cenizas (Gómez, 1996, p. 55-64).

¹¹ Puede ser de forma directa o indirectamente, dependerá del tiempo, espacio y culturas

¹² Algunos investigadores han propuesto que las anteojerías son expresiones relacionadas con las nubes; los colmillos son símbolos de rayos que acompañan a las nubes y las serpientes que representan a su vez al relámpago y al agua (López, A., 1991).

también han sido relacionadas con sacrificios humanos, tanto en códices, como en monumentos arqueológicos y entierros en donde se han encontrado asociados a templos, altares y lugares distintivos (Carreón-Blaine, 1994). Tláloc estaba conformado por cuatro manifestaciones particulares, tenía cuatro vasijas gigantes, cada una representaba los puntos cardinales.

La vasija del Este proporcionaba las lluvias tan esenciales para la vida, mientras que las demás se relacionaban con las sequías, enfermedades y el frío, mortíferas para la humanidad y las cosechas. Por otra parte, se pensaba que la lluvia llegaba cuando los Tláloc usaban palos para romper las tinajas de agua que ubicaban dentro de las montañas, siendo los truenos el sonido cuando se rompían esas vasijas que contenían el agua.

Para tranquilizar al dios, era necesario realizar ofrendas de alimento y sangre. Se ofrendaban espigas y tallos de maíz en casas particulares junto a representaciones de Tláloc en su condición de dios de la fertilidad, también se incluían los sacrificios de niños, cuyas lágrimas se veían como un signo favorable y se vinculaban a las gotas de lluvia del propio Tláloc (Soustelle, 1982).

4. Materiales y métodos

De los 14 entierros que fueron excavados por Medellín en Napatecuhtlán en 1950, en este trabajo solo se analizaron restos óseos humanos de dos¹³, los cuales como parte de su tratamiento funerario fueron cremados, cuyas cenizas y fragmentos fueron colocados en vasijas de cerámicas con materiales con tapas (**Figura 5**), y depositados en el Montículo 2, junto con cuentas de jadeíta y el hacha votiva (**Figura 4**), por lo cual se ha considerado se trata de un espacio ceremonial, ya que de acuerdo al tratamiento funerario, la cremación implica tiempo para mantener el fuego, recursos y diferentes personas que puedan llevar a cabo tal evento.

Figura 5
Vasijas de los entierros cremados, Monumento 2



Fuente: Catálogo digital del Museo de Antropología de Xalapa.

¹³ Los demás entierros hasta el momento no se encontraban en condiciones para ser analizados.

Para el análisis de dichos entierros, se realizaron diferentes etapas, considerando la modificación que sufren los huesos al exponerse al fuego. De acuerdo con el tiempo e intensidad se pueden perder rasgos físicos y datos que nos limitaran al identificar el sexo y la edad, sin embargo, son de gran relevancia ya que nos permiten conocer patrones funerarios y dinámicas de las sociedades antiguas.

Etapas de la investigación:

- 1) Identificamos los fragmentos de restos óseos y definimos si correspondían a huesos tubulares o esponjosos (**Figura 6**).
- 2) Separamos los huesos largos, cortos, planos e irregulares, para después medirlos de acuerdo con lo largo, ancho y alto, con la finalidad de evaluar algunas características físicas y biológicas (**Figura 7**).
- 3) Cuando se pudo, identificamos a que hueso o diente correspondía el fragmento.
- 4) Evaluamos algunas características relacionadas con el sexo, edad e indicadores de salud.
- 5) De acuerdo con el color pudimos aproximarnos a la temperatura, tomando en cuenta la clasificación de Barba y Rodríguez (1990, p. 94-95) y Gómez (1996).
- 6) Contrastamos la información obtenida con la ubicación de los entierros y la relación con los materiales asociados, con la finalidad de proporcionar una interpretación con los elementos biológicos y culturales.

5. Resultados y discusión

Primero identificamos las características generales de los huesos (tubulares o esponjosos, largos, cortos, planos e irregulares).

Posteriormente los separamos de acuerdo con el tamaño y color, permitiendo conocer el estado de reducción y la temperatura a la cual fueron expuestos, dando un total de 1966 fragmentos, correspondiente a los dos individuos, en la imagen solo se presenta un ejemplo del proceso de identificación.

En cuanto al color que tomaron los huesos, hay desde muy blancos, pasando por grises, negros hasta carbonizados, lo que nos habla que el espacio en donde se llevó la cremación no estuvo totalmente cerrado (**Tabla 1, Figura 6 y 7**).

Tabla 1
Color y temperatura de los huesos por la cremación

Color del hueso	No. Fragmentos Individuo # 1	No. Fragmentos Individuo #2	Temperatura (aprox.)
Huesos blancos	678	63	1000-1600 °C
Huesos grises	460	179	700-1000 °C
Huesos negros	220	340	400-600 °C
Huesos carbonizados	6	20	300-400 °C
Total	1364	602	
Fragmentos de ceniza, individuo 1 (4 gramos); individuo 2 (10 gramos aprox.)			

Fuente: Elaboración propia.

Con el color de los huesos pudimos determinar la temperatura y el tiempo aproximado a la exposición al fuego, de acuerdo con las escalas de colores realizadas

por Barba y Rodríguez (1990). Las temperaturas alcanzadas más altas las tuvo el individuo 1, de edad adulta y con sexo probablemente masculino. Los huesos claros corresponden a temperaturas por arriba de los 1000 °C, que se logró durante un tiempo prolongado, cuidando que no entrara el oxígeno y cambiara a colores más oscuros, permitiendo diferencias en la exposición al fuego por ritual o accidente.

Figura 6

Tamaño y color de los entierros cremados



Fuente: Fotografía de Margarita Meza Manzanilla.

Cuando un cadáver se expone al fuego lo primero que pierde es la humedad y la temperatura alcanzada en los huesos podrá llegar a 150 °C es cuando el color empieza a oscurecer llegando a una temperatura aproximada de 350 °C para ese momento se perderá el tejido blando y el calor llega a los huesos. El tiempo aproximado puede ser entre una y tres horas, pasado los 500 °C y entre los 800 °C se descompone, hasta los 900 °C y 1000 °C se extraen los carbonatos permaneciendo solo el fosfato de calcio deshidratado, lo que hace que los huesos esponjosos se reduzcan, pero mantengan su forma, como lo vimos en ambos casos analizados. Caso contrario, los huesos compactos como los del cráneo se observan grietas lo que lo hace más frágil (**Figura 7**).

En cuanto a la identificación de las características morfológicas y el tamaño de los huesos, fueron pocos los que se pudieron identificar, debido a la reducción del material. Sin embargo, en algunos casos se pudo determinar ciertas características biológicas y evaluar el sexo, al nivel de edad adulta o subadultos menores de 15 años, así como algunas huellas de puntilleos relacionadas con el proceso de salud-enfermedad (**Tabla 2 y 3**).

Figura 7

Características los huesos por la exposición al fuego



Fuente: Fotografía de Margarita Meza Manzanilla.

El entierro 1, corresponde a una persona adulta y de acuerdo con algunos fragmentos de pelvis probablemente masculino. En cuanto al entierro 2, la morfología, el tamaño de los huesos, y sus dientes, nos acercan a características relacionadas con un subadulto de aproximadamente siete años. Con respecto a la identificación de algunos indicadores relacionados con el proceso de salud-enfermedad, solamente en el adulto se pudo observar reacción perióstica en huesos largos y en los fragmentos de cráneo, así como en otros fragmentos de hueso que están marcados con un asterisco en las **Tablas 1 y 2**. La actividad perióstica indica que los individuos pudieron tener algunos procesos infecciosos que sufrieron por varios años antes de morir y que dejaron evidencia en los huesos.

Tabla 2

Entierro 1, identificación de las características de los huesos cremados

Clasificación	Largo	Ancho	Alto	Fragmento de hueso	Color
Hueso largo	4.7 cm	1.3 cm	1.1 cm	Posible radio	blanco
Hueso largo	4.7 cm	0.3 cm	1.2 cm	Posible cúbito*	blanco
Hueso irregular	4.6 cm	0.2 cm	1.5 cm	Posiblemente mandíbula	blanco
Hueso plano	3.5 cm	0.3 cm	3.6 cm	Fragmento cráneo	blanco
Hueso plano	3.3 cm	0.2 cm	2.9 cm	Fragmento cráneo	blanco
Hueso plano	2.4 cm	0.6 cm	2.9 cm	Hueso de cráneo (sutura)*	blanco
Hueso sin identificar	3.9 cm	0.7 cm	0.9 cm	Sin identificar	blanco
Hueso plano	2.8 cm	0.4 cm	2.4 cm	Fragmento cráneo	blanco
Hueso plano	2.2 cm	0.2 cm	1.7 cm	Sin identificar	blanco
Hueso largo	4 cm	0.4 cm	1.2 cm	Posible costilla	blanco
Hueso plano	5.4 cm	0.2 cm	0.2 cm	Hueso de costilla	blanco
Hueso plano	5.3 cm	0.5 cm	0.6 cm	Hueso de costilla	blanco
Hueso esponjoso	3 cm	1.3 cm	2.5 cm	Posiblemente húmero	blanco
Hueso plano	2.9 cm	0.4 cm	2.6 cm	Hueso del cráneo	blanco

Hueso largo	3.5 cm	1.4 cm	2.1 cm	Posible costilla	blanco
Hueso largo	4.3 cm	0.5 cm	1.9 cm	Posiblemente húmero	gris
Hueso largo	3 cm	0.4 cm	1.4 cm	Posible radio	gris
Hueso largo	3.4 cm	0.4 cm	1.4 cm	Sin identificar	gris
Hueso largo	4.6 cm	0.3cm	1.5 cm	Sin identificar	gris
Hueso irregular	3.3 cm	1.4cm	2.3 cm	Mitad vertebra	gris
Hueso largo	3.7cm	0.5cm	1.2 cm	Posible radio o cubito	gris
Hueso largo	3.7cm	0.4cm	1.5 cm	Sin identificar	gris
Hueso plano	4cm	0.7cm	0.8 cm	Costilla	gris
Hueso largo	3.6 cm	0.5 cm	1.2 cm	Sin identificar	gris
Hueso plano	3.6 cm	0.8 cm	2.6 cm	Fragmento de cráneo	gris
Hueso plano	2.8cm	0.4 cm	2.1 cm	Fragmento de cráneo	gris
Hueso largo	2.9 cm	0.6 cm	1 cm	Posible peroné	gris
Hueso largo	3.2 cm	0.7 cm	1.5 cm	Sin identificar	gris
Costilla	3.2 cm	0.5 cm	0.8 cm	Posible costilla	gris
Hueso largo	2.6 cm	0.4cm	1.7 cm	Sin identificar	gris
Hueso largo	3 cm	0.5 cm	1.2 cm	Sin identificar	gris
Hueso largo	2.7 cm	0.5 cm	1.3 cm	Sin identificar*	gris
Hueso cráneo	2 cm	0.2 cm	1.7 cm	Huesos del cráneo	gris
Hueso largo	2.8 cm	0.4 cm	1.2 cm	Sin identificar*	gris
Hueso plano	3.2 cm	0.2 cm	0.8 cm	Costilla	gris
Hueso plano	2.9 cm	0.4 cm	0.7 cm	Costilla	gris
Hueso largo	1.9 cm	0.4 cm	0.9 cm	Posible peroné	gris
Hueso plano	3 cm	0.3 cm	1 cm	Costilla	gris
Hueso plano	2.7 cm	0.4 cm	0.9 cm	Costilla	gris
Hueso plano	2.4 cm	0.2 cm	0.7 cm	Costilla	gris
Hueso plano	2.2 cm	0.1 cm	0.8 cm	Posible costilla	gris
Hueso plano	1.4 cm	0.2 cm	1.1 cm	Costilla	gris
Hueso plano	2.4 cm	0.3 cm	2 cm	Fragmento de cráneo	gris
Hueso plano	2 cm	0.4 cm	1.7 cm	Fragmento de cráneo	gris
Hueso plano	2.5 cm	0.3 cm	1 cm	Epifisis de fémur	negro
Hueso esponjoso	3.2 cm	1.4 cm	2.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso esponjoso	2.9 cm	1.3 cm	1.9 cm	Sin identificar	negro
Hueso esponjoso	3.4 cm	1.3 cm	1.9 cm	Sin identificar	negro
Hueso largo	3.7 cm	1.4 cm	1.7 cm	Fragmento tibia	negro
Hueso negro	2.5 cm	1.3 cm	1.9 cm	Epífisis de fémur	negro
Hueso esponjoso	2.7 cm	0.9 cm	1.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso esponjoso	2.4 cm	0.8 cm	1.5 cm	Sin identificar	negro
Hueso esponjoso	3.1 cm	1.3 cm	1.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso largo	3.4 cm	0.6 cm	1.2 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	2.9 cm	0.9 cm	1.8 cm	Fragmento de cráneo	negro
Hueso irregular	2.3 cm	1.2 cm	1.1 cm	Vertebra	negro
Hueso esponjoso	1.8 cm	1.3 cm	1.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso esponjoso	2.1 cm	1.7 cm	1.9 cm	Sin identificar	negro
Hueso largo	2.7 cm	1 cm	1.5 cm	Sin identificar	negro
Hueso esponjoso	2.5 cm	1 cm	2 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	2.1 cm	1.7 cm	0.3 cm	Fragmento de cráneo	negro
Hueso poroso	1.9 cm	1.3 cm	0.9 cm	Sin identificar	negro
Hueso poroso	1.2 cm	1.5 cm	0.9 cm	Sin identificar	negro
Hueso negro	2.2 cm	1.4 cm	0.5 cm	Fragmento de cráneo	negro
Hueso negro	2.2 cm	1.6 cm	0.2 cm	Fragmento de cráneo	negro
Hueso largo	2.2 cm	1 cm	0.2 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	1.9 cm	2.5 cm	0.4 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	1.6 cm	1.6 cm	0.8 cm	Fragmento de cráneo	negro

Hueso poroso	1.6 cm	2.1 cm	0.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso poroso	1.3 cm	0.6 cm	0.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso largo	1.7 cm	1.1 cm	0.4 cm	Sin identificar	negro
Hueso poroso	1.9 cm	1 cm	0.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso poroso	2 cm	0.9 cm	0.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso largo	1.7 cm	0.5 cm	0.2 cm	Sin identificar*	negro
Hueso largo	2.1 cm	1 cm	0.2 cm	Sin identificar*	negro

Nota: *Huesos con reacción perióstica, relacionada con procesos infecciosos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Entierro 2, identificación de las características de los huesos cremados

Clasificación	Largo	Ancho	Alto	Fragmento de hueso	Color
Hueso irregular	3.1 cm	1 cm	0.8 cm	Mandíbula	blanco
Hueso largo	4 cm	1.1 cm	0.7 cm	Peroné	blanco
Hueso plano	4.3 cm	0.9 cm	0.4 cm	Posible costilla	blanco
Hueso largo	3.1 cm	1.7 cm	1 cm	Epífisis próxima radio	blanco
Hueso plano	5.1 cm	1.1 cm	0.4 cm	Sin identificar	blanco
Hueso largo	3.9 cm	1.7 cm	0.2 cm	Fragmento de tibia	blanco
Hueso blanco	4 cm	1.4 cm	0.3 cm	Fragmento de tibia	blanco
Hueso largo	2.9 cm	2.1 cm	0.6 cm	Fragmento de tibia	blanco
Hueso largo	2.9 cm	1.2 cm	0.6 cm	Peroné	blanco
Hueso largo	2.6 cm	1.8 cm	0.7 cm	Sin identificar	blanco
Hueso irregular	4.3 cm	0.6 cm	0.3 cm	Mandíbula	blanco
Hueso largo	3.2 cm	1.5 cm	0.5 cm	Posible cúbito	blanco
Hueso largo	2 cm	1.5 cm	1.3 cm	Posible cúbito	blanco
Hueso largo	3.1 cm	1.4 cm	0.6 cm	Posible cúbito	blanco
Hueso largo	2.9 cm	1.5 cm	1.1 cm	Sin identificar	blanco
Hueso largo	6.7 cm	2.7 cm	1.6 cm	Posible tibia	blanco
Hueso largo	4.8 cm	3.2 cm	1.8 cm	Sin identificar	blanco
Hueso largo	5.5 cm	2.4 cm	0.5 cm	Posible Tibia	blanco
Hueso largo	5.2 cm	1.7 cm	0.5 cm	Posible humero	blanco
Hueso largo	4 cm	2.2 cm	1.4 cm	Sin identificar	blanco
Hueso irregular	5 cm	4.2 cm	1.2 cm	Parte de la pelvis	blanco
Hueso irregular	5 cm	3.2 cm	1.5 cm	Parte de la pelvis	blanco
Hueso irregular	2.8 cm	1.9 cm	2.8 cm	Posible rotula	blanco
Hueso largo	4.1 cm	1 cm	1.6 cm	Posible cubito	blanco
Hueso largo	3.3 cm	2.7 cm	1.4 cm	epífisis de fémur	blanco
Hueso	3.5 cm	1.3 cm	0.9 cm	Peroné	blanco
Hueso	3.5 cm	1.9 cm	0.7 cm	Húmero	blanco
Hueso	3.7 cm	1.7 cm	1 cm	Húmero	blanco
Hueso blanco	3.5 cm	1.9 cm	0.9 cm	Húmero	blanco
Hueso blanco	4 cm	1 cm	0.5 cm	Sin identificar	blanco
Hueso gris	8.9 cm	2.1 cm	0.8 cm	Posible Tibia	gris
Hueso gris	4.5 cm	2.9 cm	0.6 cm	Posible fémur	gris
Hueso gris	4.5 cm	2 cm	1.5 cm	Posible Tibia	gris
Hueso largo gris	5.6 cm	2 cm	0.7 cm	Posible fémur	gris
Hueso largo gris	5.2 cm	2.1 cm	0.8 cm	Parte de la tibia	gris
Hueso largo gris	3.8 cm	1.9 cm	0.7 cm	Parte del húmero	gris
Hueso largo gris	3.6 cm	3 cm	1.6 cm	epífisis de fémur	gris
Hueso gris	4.6 cm	1.7 cm	1 cm	Sin identificar	gris
Hueso gris	4.6 cm	1.3 cm	0.6 cm	Posible cúbito	gris
Hueso largo gris	5.5 cm	1.1 cm	0.4 cm	Posible parte del radio	gris
Hueso largo gris	4.1 cm	1.9 cm	0.5 cm	Posible Tibia	gris

Hueso gris	3.4 cm	3.4 cm	2 cm	Epífisis de fémur	gris
Hueso largo gris	5.4 cm	1.5 cm	0.7 cm	Sin identificar	gris
Hueso largo gris	4.3 cm	0.9 cm	0.5 cm	Posible radio	gris
Hueso gris	3.6 cm	1.2 cm	0.6 cm	Sin identificar	gris
Hueso negro	4.6 cm	3.7 cm	1.6 cm	Epífisis de tibia	negro
Hueso negro	4.3 cm	1.3 cm	0.9 cm	Peroné	negro
Hueso largo	2.9 cm	3.4 cm	2.7 cm	Epífisis húmero	negro
Hueso negro	3.7 cm	3.3 cm	2 cm	Hueso largo *	negro
Hueso negro	2.2 cm	2 cm	1.4 cm	Fragmento cráneo*	negro
Hueso negro	3.3 cm	2.3 cm	2.2 cm	Hueso del pie	negro
Hueso largo	3.2 cm	1.1 cm	0.7 cm	Sin identificar	negro
Hueso largo	3.6 cm	2.1 cm	0.5 cm	Sin identificar	negro
Hueso negro	3.8 cm	1.5 cm	1.4 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	4.2 cm	2.1 cm	0.5 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	2.7 cm	1.5 cm	0.6 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	3.1 cm	2 cm	1.2 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	2.5 cm	1.3 cm	0.7 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	2.4 cm	1.6 cm	0.8 cm	Sin identificar	negro
Hueso plano	2.4 cm	1.5 cm	1.1 cm	Sin identificar	negro

Nota: * Huesos con reacción perióstica, relacionada con procesos infecciosos.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre la forma y tamaño para evaluar la reducción de los materiales mediante la exposición al fuego, observamos que los restos óseos fueron se fragmentaron hasta alcanzar un tamaño promedio de 5 cm de largo por 4.2 cm de ancho. Siendo la tibia, el fémur y el cráneo los que mostraron mayor resistencia identificando el mayor tamaño, 8 cm aproximadamente. Lo cual pudo deberse por la edad, entre más adulto los huesos son más resistentes que los de los niños.

No obstante, deberá de considerarse siempre el espacio donde fueron enterrados, las condiciones de la exposición al fuego, el tiempo, la disposición del cadáver y la temperatura alcanzada.

Consideraciones finales

De acuerdo con los datos expuestos anteriormente, los entierros cremados de Napantecuhtlan permiten plantear que las personas que habitaron en este lugar tuvieron una estrecha relación con el fuego. Las diversas figuras de cerámica y obsidiana que representan a Tláloc nos dan elementos para plantear la relación con el agua y el espacio en general del sitio se enmarca en la montaña.

Aunado a ello el nombre que le fue dado, se asocia con las cuatro direcciones como advocación a Tláloc, dios de la lluvia, todo ello permite evidenciar aspectos relacionados con ceremonias que dan fin a un ciclo, para dar iniciar un nuevo camino, como las celebraciones de reciprocidad para los dioses por los beneficios recibidos de la población.

El tratamiento de los entierros expuestos al fuego, diferente a los que fueron dispuestos directamente y que conservaron su posición anatómica, nos dan

argumentos para identificar un rol social diferente de estas personas en su sociedad, sumemos a ello el tiempo y la energía invertida por los familiares, amigos y sociedad, desde la preparación de los cuerpos y mantener el fuego durante el tiempo de la cremación, nos habla de una inversión de recursos materiales y energía para alcanzar las altas temperaturas en un horno de leña.

Así como el depósito final de los restos calcinados en pequeñas vasijas de barro, y el cuidado para que se mantuvieran tapados y no se salieran las cenizas, nos permite inferir se trata de un rito funerario especial que puede estar relacionado con legitimar la posición social de los individuos o la familia en Napatecuhtla, o ceremonias dirigidas a la fertilidad y la lluvia, como ya lo apuntan otros autores para diferentes sitios en Mesoamérica. Lo anterior podrá ampliarse cuando se disponga de los demás entierros para su análisis.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Alfredo Delgado Calderón, director del Museo de Antropología Xalapa (MAX) por todos los permisos para llevar a cabo esta investigación. También agradecemos a Manuel Briones encargado de la bodega del MAX, por las facilidades para realizar el análisis de los materiales.

Referencias

- Barba, L.** y **Rodríguez, R.** (1990). Acerca del color de huesos quemados. *Antropológicas*, (5), 94-95. <https://tinyurl.com/4zae5j7b>
- Carreón-Blaine, E.** (1994). Las ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan, de Leonardo López Luján. *Anales Del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 16(65), 225–23. <https://doi.org/10.22201/iie.18703062e.1994.65.1722>
- Cervantes, J.** (2017). La cremación humana en Ixcateopan, Guerrero. *Arqueología*, (50), 104–113. <https://tinyurl.com/5hbmzceb>
- Gómez, F.** (1996). El Análisis Antropológico de las cremaciones. *Complutum 1996 Extra*, 6(II), 55-64. <https://core.ac.uk/download/pdf/38828686.pdf>
- Ladrón de Guevara, S.** y **Fuentes, I.** (2021). El rojo, color de los muertos: pigmentos en los entierros de El Zapotal, Veracruz. *Arqueología*, (60), 139–150. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/17033>
- Limón, S.** (2016). *El fuego sagrado. Ritualidad y simbolismo entre los nahuas, según las fuentes documentales*. UNAM-INAH, 116-125.
- López-Alonso, S.** (1973) Cremación y entierros en vasijas en Cholula prehispánica. *Anales Del Instituto Nacional De Antropología E Historia*, 7(3), 111–118. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/anales/article/view/7412>
- López-Austin, A.** (1999). Misterios de la vida y la muerte. *Arqueología Mexicana*. VII (40), 4-9. México. <https://tinyurl.com/3pzm3ux7>
- López Austin, A.** (2010). El dios enmascarado de fuego. *Anales De Antropología*, 22(1). <https://doi.org/10.22201/ia.24486221e.1985.1.15851>

- López-Austin, A.** (2016). La cosmovisión de la tradición mesoamericana. Tercera parte. *Arqueología Mexicana*, (70). Edición especial.
- Medellín, A.** (1953). *Napatecuhtlán. Comité pro celebración del cuadragésimo Aniversario de la fundación de Perote Ver., México.* UV.
- Pastrana, A** (2006). La obsidiana en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*, (80), 49-54. <https://tinyurl.com/mr3nx2yk>
- Soustelle, J.** (1982). *El Universo de los Aztecas.* Fondo de Cultura Económica.

Extracción de agua del río Pixquiac a partir de la presa derivadora Medio Pixquiac

Extraction of water from the Pixquiac River by the Medio Pixquiac diversion dam

Carlos Manuel Lezama-Alcocer ^a | Itzel Yolotzin Hernández-Portilla ^b
Eduardo Aranda-Delgado ^c

Recibido: 3 de agosto de 2023.

Aceptado: 22 de febrero de 2024.

^a Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: lezamacarlos22@gmail.com | ORCID: 0000-0002-6852-2855 *Autor para correspondencia.

^b Amigos del Río Pixquiac – Global Water Watch México. Xalapa, México. Contacto: Yolotzinportilla@gmail.com | ORCID: 0000-0003-4447-3080

^c Amigos del Río Pixquiac – Global Water Watch. Xalapa, México. Contacto: Eduardoarandad@gmail.com

Cómo citar:

Lezama-Alcocer, C., Hernández-Portilla, I. y Aranda-Delgado, E. (2024). Extracción de agua del río Pixquiac a partir de la presa derivadora Medio Pixquiac. *UVserva*, (17), 229-238. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2963>

Resumen: Desde la parte media del río Pixquiac se deriva agua con sentido a la ciudad de Xalapa (asignación de 250 l/s), lo que ocasiona que el río en distintas temporadas del año disminuya su caudal hasta desaparecer. Para orientar acciones enfocadas a resolver problemas en torno a la disponibilidad de agua en el río Pixquiac, es fundamental abordar aspectos como la extracción de agua del río por parte de la Presa Medio Pixquiac. Ante ello el presente trabajo tiene como objetivo estudiar, a partir de siete campañas de medición en campo y registros fotográficos, entre octubre 2021 a julio 2023, la extracción de agua por parte de la presa derivadora Medio Pixquiac. Los resultados muestran que al menos durante siete meses (mayo 2022 y de enero 2023 a jun 2023) del periodo de estudio, la presa extrajo la totalidad del volumen de agua del río. Dicha situación, que inmediatamente después de la presa seca el río Pixquiac hasta desaparecer, es evidente y se agudiza conforme avanza la temporada seca (nov-abr), comprometiendo no solo el bienestar de las personas que se benefician del agua del río, sino también de los ecosistemas que dependen de él. Por lo tanto, se recomienda revisar la asignación otorgada considerando la disponibilidad de agua del río a fin de evitar la extracción total de su agua. También se sugiere estudiar otros aspectos que pueden estar incidiendo en la disminución del caudal del río desde antes de la presa, por ejemplo; aumento de extracciones de agua y cambios en los patrones de lluvia e escurrimiento de la cuenca.

Palabras clave: Agua; extracción; presa derivadora.

Abstract: *From the middle part of the Pixquiac River, water is diverted to the city of Xalapa (allocation of 250 l/s), which causes the river to decrease its flow at different times of the year until it disappears. To guide actions focused on solving problems around the availability of water in the Pixquiac River, it is essential to address aspects such as the extraction of water from the river by the Medio Pixquiac Dam. Given this, the objective of this work is to study, based on seven field measurement campaigns and photographic records, between October 2021 and July 2023, the extraction of water by the Medio Pixquiac diversion dam. The results show that for at least seven months (May 2022 and January 2023 to June 2023) of the study period, the dam extracted the entire volume of water from the river. This situation, which immediately after the dam dries the Pixquiac River to the point of disappearing, is evident and worsens as the dry season progresses (Nov-Apr), compromising not only the well-being of the people who benefit from the river's water, but also of the ecosystems that depend on it. Therefore, it is recommended to review the allocation granted considering the availability of river water in order to avoid total extraction of its water. It is also suggested to study other aspects that could be influencing the decrease in the river's flow since before the dam, for example; increase in water withdrawals and changes in rainfall and runoff patterns in the basin.*

Keywords: *Water; Excessive; Diversion Dam.*

1. Introducción

Los ríos de la cuenca río Pixquiac proveen 38 % del agua suministrada ($\sim 55.5 \times 10^6$ m^3 /año) al municipio de Xalapa, Veracruz, México (Shinbrot *et al.*, 2020), 488,531 habitantes (INEGI, 2020). El volumen de agua suministrada proviene de cuatro presas derivadoras denominadas; Medio Pixquiac (250 L/s), Alto Pixquiac (250 L/s), Xocoyolapa (100 L/s) y Cinco Palos (100 L/s) (Paré y Gerez, 2012; CMAS-Xalapa, 2022). Las presas son operadas por la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento – Xalapa (CMAS-Xalapa). Además, dentro de la cuenca se encuentran asentadas 64 localidades que albergan a 8 100 habitantes e industrias, las cuales también se benefician del agua que proveen los ríos (INEGI, 2020).

No obstante, la disponibilidad de agua en los ríos de la cuenca río Pixquiac se encuentran cada vez más amenazada por múltiples extracciones de agua, variabilidad climática, cambios en el uso de suelo, aumentos en la población y poco entendimiento de su funcionamiento hidrológico (Paré y Gerez, 2012; López-Hernández, 2019; Ulloa-Gutiérrez, 2021; Lezama-Alcocer *et al.*, 2023). Lo anterior deriva en que el río Pixquiac, río principal de la cuenca río Pixquiac, se encuentre completamente seco durante distintas temporadas del año, situación evidente en el periodo de estudio del presente trabajo.

Para orientar acciones enfocadas a resolver problemas en torno a la disponibilidad de agua en los ríos de la cuenca Río Pixquiac, es fundamental estudiar aspectos como la extracción de agua. Ante ello, el presente estudio tiene como objetivo cuantificar, a partir de siete campañas de medición en campo empleando el método de aforo por dilución de sales en el río y registros fotográficos entre octubre 2021 a julio 2023, la extracción de agua por parte de la presa derivadora Medio Pixquiac. Dicha presa derivadora, terminada desde el año 1943 se ubica en la parte media del río Pixquiac, es operada por la CMAS-Xalapa y cuenta con una asignación para derivar 250 l/s, otorgada por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). Sin embargo el organismo operador no realiza mediciones del caudal del río a la altura de la presa, lo cual es fundamental para conocer la disponibilidad de agua.

La relevancia del presente trabajo radica en que a pesar de que investigaciones sugieren estudiar los efectos de la presas derivadoras sobre el caudal del Río Pixquiac (López-Hernández, 2019), hasta el momento no se había realizado estudio alguno. Además, es de resaltar la facilidad de ejecución del método de aforo empleado en la medición del caudal, sin necesidad de recurrir a instrumentos automatizados o inaccesibles debido a sus altos costos.

2. Objetivos

Objetivo general

Cuantificar la extracción de agua del río Pixquiac a la altura de la presa derivadora Medio Pixquiac, a partir de siete campañas de medición empleando el método de aforo por dilución de sales y registros fotográficos durante el periodo octubre 2021 a julio 2023.

Objetivos Particulares

- Determinar en cada una de las siete campañas de medición, por medio de aforos por dilución de sales en el río antes y después de la presa derivadora Medio Pixquiac, la cantidad de agua extraída.
- Identificar, a través de registros fotográficos, los momentos en que inmediatamente después de la presa Medio Pixquiac no se observó flujo de agua en el cauce del río.

3. Métodos

3.1. Sobre el sitio de estudio

La cuenca río Pixquiac se ubica en la parte alta de la cuenca río La Antigua, en la ladera de barlovento del volcán Cofre de Perote, región de bosque mesófilo de montaña, centro del Estado de Veracruz, México, al oeste de la ciudad de Xalapa.

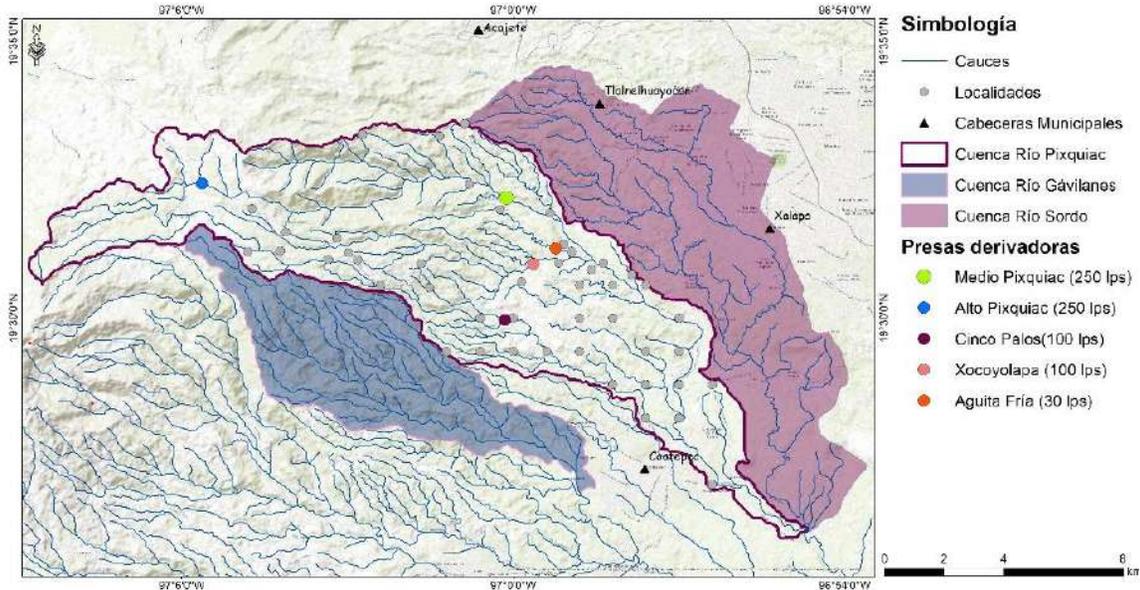
La cuenca tiene un área de 107 km², va desde los 1,040 hasta los 3,760 m s. n. m. (Paré y Gerez, 2012). El principal afluente es el río Pixquiac, río perenne de cuarto orden con longitud de 30.3 km y caudal promedio en su salida de 1.06 x 10⁸ m³/año (López-Hernández, 2019). Sobre el caudal del río Pixquiac a la altura de la presa no se encontró información.

En el río Pixquiac se encuentran dos de las cuatro presas derivadoras emplazadas en la cuenca río Pixquiac, conocidas como Alto Pixquiac y Medio Pixquiac. La primera en la parte alta del río (19°32'24.53"N, 97° 5'55.57"O, 2952 m s. n. m.), colecta agua de algunos manantiales de la zona (asignación de 250 L/s) que posteriormente deriva con sentido a la ciudad de Xalapa.

Aguas abajo, en la parte media del río (19°32'10.70"N, 97°00'07.47"O, 1569 m s. n. m.), se encuentra la presa Medio Pixquiac que también extrae y deriva agua (asignación de 250 L/s) con sentido a la ciudad de Xalapa, y sobre la cual se enfoca el presente estudio (**Figura 1**).

Importante contextualizar que debido a la insuficiencia del servicio de agua de la ciudad de Xalapa, llegado el año de 1940, el gobierno del estado comenzó a destinar recursos para su mejoramiento.

Figura 1
Presas derivadoras, cauces y localidades en la cuenca río Pixquiac



Fuente: Elaborado a partir de datos de Modelos de Elevación Digital, Censo Poblacional y de Vivienda 2020, Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], así como datos tomados en campo.

Por lo tanto, con el objetivo de extraer, derivar y conducir agua potable a la ciudad (250 L/s), se realizaron obras como la presa Medio Pixquiac (**Figura 2**), las obras se anuncian terminadas en el año 1943. En el año 1955, se decreta para la cuenca Río Pixquiac veda por tiempo indefinido, el objetivo es garantizar el abastecimiento de agua a la ciudad de Xalapa, condicionando el uso a actividades domésticas y públicas urbanas.

Figura 2
Presa derivadora Medio Pixquiac y sus características



Fuente: Fotografías tomas durante campañas de medición.

No está de más señalar que en la región de estudio el clima se clasifica como templado húmedo con abundantes lluvias en verano, esto ocasiona que el 80 % de la precipitación anual y máxima recarga de agua ocurra durante la estación húmeda

(Mayo-Oct) (Muñoz-Villers y McDonnell, 2013). La precipitación anual acumulada varía con la elevación, va de los 1,120 hasta los 3,185 mm, la temperatura media diaria entre 5° y 19° C, y la evapotranspiración media anual entre 855 y 1,215 mm (Holwerda *et al.* 2010).

3.2 Campañas de medición

Con el objetivo de cuantificar la cantidad de agua extraída por la presa Medio Pixquiac, en cada una de las siete campañas de medición se determinó el caudal (volumen de agua por unidad de tiempo) del río Pixquiac antes y después de la presa derivadora. Por campaña se realizaron tres aforos (medición del caudal del río) antes de la presa y tres aforos después. Los valores de los tres aforos antes de la presa son promediados con la finalidad de conocer el caudal del río previo a la presa, lo mismo se realiza para los aforos después de la presa. En tanto, la cantidad de agua extraída se obtiene restándole al caudal del río antes de la presa el caudal río después de la presa.

3.3 Aforando el río

Los aforos se realizan usando la técnica de trazador por dilución sales en río propuesta por, adecuada para aforar ríos con las características del río Pixquiac; ríos de montaña con cauce irregular, turbulentos y pronunciadas pendientes. El método consiste en verter en el río un volumen controlado de solución salina (1 kg de sal de mesa por cada 5 litros de agua) y medir cauce a bajo, a través de registros de conductividad eléctrica en el río, el paso de la nube de sal. La cantidad de solución vertida está en función de la cantidad de agua en el río, autores consideran adecuado al volumen necesario para que la conductividad eléctrica máxima registrada en el río, una vez vertida la solución, sobrepase al menos en un 50 % al valor de la conductividad eléctrica inicial. Para cada uno de los aforos de este trabajo se emplearon 15 litros de solución salina.

Aunado, para un registro adecuado del paso de la nube de sal en el río, es necesario que la solución se vierta a una distancia de entre 10 y 15 veces el ancho del cauce a la altura de donde se registra la conductividad eléctrica del río. Para fines de este trabajo, dado que el ancho del cauce en donde se mide la conductividad eléctrica fue en promedio de 5 metros, la solución se vierte 50 metros aguas arriba del punto de medición. Los valores de conductividad eléctrica del río se obtienen con un multiparamétrico marca Hanna, modelo H91100, a frecuencia de 5 segundos y unidades de microsiemens (μS).

La ecuación 1 (Ec 1), detalla los valores y la obtención del gasto a partir de las mediciones de conductividad eléctrica y volumen de solución salina vertida, Q es el caudal del río, V el volumen de solución salida vertida, EC la conductividad eléctrica del río en el tiempo t , Δt frecuencia de medición (5 segundos), EC_{base} la conductividad eléctrica del cauce antes de verter la solución y k una constante de calibración en condiciones controladas. Se debe remarcar que los efectos de inyección de la solución salina son menores a los umbrales asociados a procesos nocivos sobre organismo y tienen poco impacto a largo plazo.

$$Q = \frac{V}{K\Delta t \Sigma [EC(t) - EC_{base}]} \dots\dots\dots Ec (1)$$

Seis de las siete campañas de medición se realizaron en la temporada seca (noviembre-mayo) y solo una durante la temporada húmeda (junio-octubre). Lo anterior debido a que en visitas previas al periodo de estudio se observó que durante la temporada seca es cuando absolutamente toda el agua del río Pixquiac, a la altura de la presa Medio Pixquiac, es extraído.

3.4 Registro fotográfico y periodos de extracción absoluta del agua del río

En búsqueda de identificar cuando inmediatamente después de la presa Medio Pixquiac el cauce del río Pixquiac no lleva agua, se registran de manera fotográfica los momentos en los que no se observa flujo de agua después de la presa. Los registros están en función de la accesibilidad al cauce, disponibilidad de tiempo y recursos. La labor fue complementada con registros fotográficos en las campañas de medición.

A partir de aquellos registros fotográficos que no muestran flujo de agua en el cauce del río y de los aforos realizados en las campañas de medición, se establecen los periodos en los que la presa Medio Pixquiac extrajo absolutamente toda el agua del río. Se considera como inicio del periodo de extracción total del agua del río el momento a partir del cual no se observa flujo de agua después de la presa, y como final del periodo el momento en el que se vuelve a tener registro de flujo de agua inmediatamente después de la presa.

4. Resultados

De acuerdo a los resultados de las siete campañas de medición en campo, se demuestra que en cuatro de ellas (14-may-2022, 22-ene-2023, 05-may-2023 y 15-abr-2023), la presa Medio Pixquiac extrajo absolutamente toda el agua del río Pixquiac. Incluso durante dichas campañas se observa que, a excepción de enero 2023, ni siquiera alcanza a extraer el gasto asignado de 250 l/s. De resaltarse que cuando se extrajo el total del agua del río, la cantidad de agua antes de la presa no superaba los 275 l/s, considerado umbral mínimo para que después de la presa el cauce del río lleve agua. En las tres campañas restantes se observa flujo después de la presa y la cantidad de agua extraída fue en promedio de 264 ± 13 L/s (**Tabla 1**), muy cercano al gasto asignado (250 l/s).

Tabla 1
 Cantidad de agua extraída por la presa derivadora Medio Pixquiac

Fecha de campaña	Antes de la presa (l/s)	Después de la presa (l/s)	Cantidad de agua extraída (L/s)
03-oct-2021	1396.6	1129.58	267.02
19-dic-2021	451.56	175.24	276.32

14-may-2022	196.84	0	196.84
13-nov-2022	566	316	250.00
24-ene-2023	275.33	0	275.33
05-mar-2023	208.56	0	208.56
15-abr-2023	169.89	0	169.89

Fuente: Resultados obtenidos durante campañas de medición en campo.

Los registros fotográficos muestran que durante el mes de mayo 2022 no se observó flujo de agua después de la presa Medio Pixquiaco, situación que coincide con lo registrado en la campaña de medición del mismo mes. No obstante en el año 2023, desde finales del mes de enero y hasta finales de junio (6 meses), tampoco se registró flujo de agua después de la presa (**Figura 3**). Sin embargo existieron aumentos esporádicos del caudal del río asociados a eventos de lluvia, provocando que súbitamente el caudal se incrementara permitiendo flujo de agua después de la presa. También se observó que producto de la alta carga de sedimentos durante aumentos súbitos del caudal del río, la extracción y derivación de la presa se detiene para evitar el colapso del sistema.

Figura 3

Algunos momentos en lo que se observó, o no, flujo a la altura de la presa



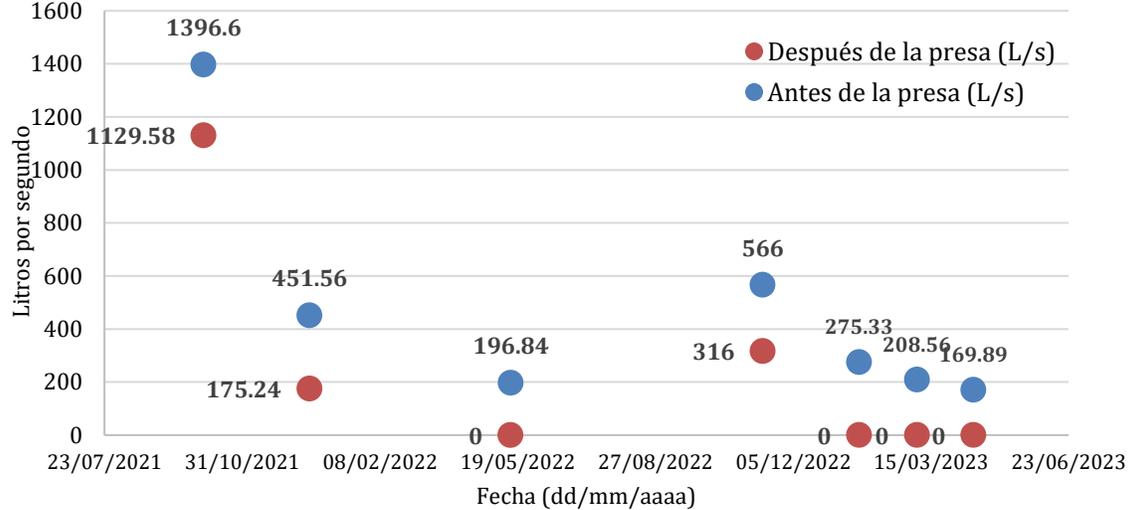
Fuente: Fotografías proporcionadas por pobladores de la zona y durante campañas de medición.

De acuerdo a los resultados de los aforos realizados durante las campañas de medición y los registros fotográficos, al menos desde el 22 de enero del 2023 y hasta el 25 de junio del 2023, 6 meses, la presa extrajo absolutamente toda el agua del río. La situación anterior también se observa durante el mes de mayo 2022. Además se muestra, respecto a las campañas de medición de enero 2023 a abril 2023, que el caudal

antes de la presa decreció sostenidamente de 275 l/s a 169.89 l/s, ocasionando que la mayoría de ese periodo ni siquiera se alcanzó a extraer el caudal asignado (250 l/s) (Figura 4).

Figura 4

Cantidad de agua antes y después de la presa derivadora Medio Pixquiac



Fuente: Resultados obtenidos durante campañas de medición.

5. Conclusiones

Al menos durante siete meses (mayo 2022 y de enero 2023 a jun 2023) del periodo de estudio, la presa Medio Pixquiac extrajo la totalidad del agua del río Pixquiac. Sin embargo gran parte de ese periodo, dado el bajo caudal del río antes de la presa, ni siquiera se alcanzó a extraer el volumen total de agua asignada. Dicha situación que seca el río inmediatamente después de la presa derivadora, es evidente y se agudiza conforme avanza la temporada seca (nov-may). Sin embargo, no es posible atribuirle la total responsabilidad a la presa, ya que se deben considerar otros aspectos que pueden estar incidiendo en la disminución del caudal del río Pixquiac desde antes de la presa. Por ejemplo; aumento de extracciones de agua y cambios en los patrones de lluvia y escurrimiento, por lo anterior se sugieren estudiar los aspectos señalados.

También se destaca que a pesar de que la CMAS-Xalapa posee una asignación que le permite extraer hasta 250 l/s a la altura de la presa Medio Pixquiac, existen disposiciones legales que se contraponen con las prácticas de extracción total de agua del río. Entre estas disposiciones se encuentra la Ley Nacional de Aguas, que en el artículo 22° indica que el otorgamiento de una asignación estará sujeta, entre otras cosas, a la disponibilidad media anual de agua en la cuenca, y deberá revisarse al menos cada tres años. Por lo tanto es necesario revisar la asignación otorgada a fin de evitar la extracción absoluta del agua del río Pixquiac a la altura de la presa Medio Pixquiac.

Por último, en la cuenca río Pixquiac existe un decreto de veda responsabilidad del gobierno federal, es decir, de acuerdo a la Ley De Aguas Nacionales (LAN), la cuenca río Pixquiac es un área en la cual no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a

los establecidos. La condición de veda en la cuenca río Pixquiac debe aprovecharse para garantizar como mínima medida la conservación del caudal ecológico del río. Lo mencionado implica que además de proveer agua para diversos usos, se garantice reservar en el río un caudal que conserve el equilibrio del ciclo hidrológico, servicios ambientales, componentes, funciones y procesos de ecosistemas.

Referencias

- Comisión** Municipal de Agua y Saneamiento – Xalapa, CMAS- Xalapa. (2022). *Información, capacidad y procedimiento de distribución de tanques* [Conjunto de datos]. https://cmasxalapa.gob.mx/pdf/distribucion_de_tanques.pdf
- Holwerda**, F., Bruijnzeel, L., Muñoz-Villers, L., Equihua, M., Asbjornsen, H. y Asbjornsen, H. (2010). Rainfall and cloud water interception in mature and secondary lower montane cloud forests of central Veracruz, Mexico. *Journal of Hydrology*, 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.012>
- Instituto** Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Censo Poblacional y de Vivienda 2020* [Conjunto de datos]. Subsistema de Información Demográfica y Social. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Lezama-Alcocer**, C., Muñoz-Villers, L. y Cervantes-Pérez J. (2023). Comportamiento hidrológico de la cuenca periurbana río Pixquiac centro de Veracruz. (Ponencia Oral). Segundo Congreso Estudiantil del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático – UNAM, CDMX, México. https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2023/11/Memorias_Segundo_Congreso_Completo.pdf
- López-Hernández**, J. (2019). *Comportamiento hidrológico a varias escalas temporales de una cuenca periurbana, centro de Veracruz, México* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://tinyurl.com/mwn9z9m3>
- Muñoz-Villers**, L. y McDonnell, J. (2013). Land use change effects on runoff generation in a humid tropical montane cloud forest region. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 3543–3560. <https://doi.org/10.5194/hess-17-3543-2013>
- Paré**, L. y Gerez, P. (2012). *Al filo del agua: cogestión de la subcuenca del río Pixquiac, Veracruz*. UNAM y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales CDMX. <https://ru.iis.sociales.unam.mx/handle/IIS/4996>
- Shinbrot**, X. A., Muñoz-Villers, L., Mayer, A., López-Portillo, M., Jones, K., López-Ramírez, S., Lezama-Alcocer, C., Ramos-Escobedo M., y Manson, R. (2020). Quiahua, the First Citizen Science Rainfall Monitoring Network in Mexico: Filling Critical Gaps in Rainfall Data for Evaluating a Payment for Hydrologic Services Program. *CITIZEN SCIENCE: THEORY AND PRACTICE*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/10.5334/cstp.316>
- Ulloa-Gutiérrez**, V. (2021). *Disponibilidad, usos y factores relacionados con la variación del recurso hídrico en el río Pixquiac, Veracruz* (Tesis de Especialidad). Universidad Veracruzana. <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/52624>

Autenticidad del Hacha de jadeíta 14895 del Museo de Antropología de Xalapa

Authenticity of the Ax jadeite 14895 in the Museum of Anthropology of Xalapa

Henri Noel Bernard Medina ^a | Emiliano Melgar Tísoc ^b
Mayra Manrique Ortega ^c | José Luis Ruvalcaba Sil ^d

Recibido: 1 de junio de 2023.

Aceptado: 5 de marzo de 2024.

^a Museo de Antropología de Xalapa, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: hbernard@uv.mx | ORCID: [0000-0003-3920-891X](https://orcid.org/0000-0003-3920-891X)

^b Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Xalapa, México. Contacto: anubismarino@gmail.com | ORCID: [0000-002-7300-3224](https://orcid.org/0000-002-7300-3224)

^c Centro de Investigación en corrosión, Universidad Autónoma de Campeche (UACAM). Campeche, México. Contacto: mdmo_31@hotmail.com | ORCID: [0000-0003-1476-2690](https://orcid.org/0000-0003-1476-2690)

^d Instituto de Física, Universidad Autónoma de México (UAM). Ciudad de México, México. Contacto: sil@fisica.unam.mx | ORCID: [0000-0003-1431-3019](https://orcid.org/0000-0003-1431-3019)

Cómo citar:

Bernard-Medina, H., Melgar-Tisoc, E., Manrique-Ortega, M. y Ruvalcaba-Sil, J. (2024). Autenticidad del Hacha de jadeíta 14895 del Museo de Antropología de Xalapa. *UVserva*, (17), 239-255. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2941>

Resumen: En el Museo de Antropología de Xalapa (MAX), se encuentra un hacha de piedra verde con decorados en bajorrelieve que representa un personaje ricamente ataviado con elementos iconográficos olmecas (Inv. 14895). La filiación cultural de esta pieza ha sido motivo de discusión pues algunos autores la han posicionado como un objeto olmeca y otros han establecido la manufactura para finales del siglo XX. Actualmente, la pieza se encuentra en las bodegas del MAX, pero ha sido expuesta en las salas de dicho museo y en otras exhibiciones internacionales debido a sus elementos iconográficos olmecas y a la gran calidad estética de su manufactura. A lo largo del estudio de la cultura olmeca, la utilización de piezas que no tienen contexto preciso de procedencia ha sido una constante y algunas de ellas podrían ser de manufactura reciente. Esto provoca que se puedan hacer fundamentaciones erróneas sobre esta enigmática cultura. Por tanto, el análisis exhaustivo y claro de estos objetos con nuevas herramientas y metodologías es pertinente, ya que nos darán nuevos elementos para poder situarlas correctamente y dar mayor validez para su inserción dentro del estudio iconográfico olmeca. El presente trabajo incluye un conjunto de análisis sobre la composición mineral y técnicas de manufactura del hacha 14895 utilizando diversas técnicas analíticas para poder establecer con claridad fundamentos sobre su época de creación.

Palabras clave: Hacha; piedra verde; jadeíta; reproducción estilo olmeca.

Abstract: *The Museum of Anthropology of Xalapa (MAX) is in possession of a green stone ax with bas-relief decorations that represent a richly dressed character with Olmec iconographic elements (Inv. 14895). The cultural affiliation of this piece has been a subject of discussion since some authors have positioned it as an Olmec object where as others have established its manufacture at the end of the 20th century. Currently, the piece is stored in the MAX warehouses, but it has been exhibited in the rooms of said museum and other international displays due to its Olmec iconographic elements and its aesthetic quality. However, throughout the study of the Olmec culture, studies on pieces that lack a precise context of origin or that were manufactured in recent times have proliferated, leading to misconceptions about this enigmatic culture. Therefore, the exhaustive and clear analysis of these objects with new tools and methodologies is pertinent, since they will provide us with new elements to date them appropriately and to validate whether they belong to the Olmec iconographic corpus or not. This paper includes a set of analyses on the mineral composition and manufacturing techniques of the 14895 ax, using various analytical techniques to better establish the foundations of its time of creation.*

Keywords: *Axe; Greenstone; Jadeite; Olmec-Style Reproduction.*

Introducción

El Museo de Antropología de Xalapa de la Universidad Veracruzana fue fundado en el año de 1957 con una colección que había salvaguardado el Departamento de

Antropología del Gobierno del Estado de Veracruz desde la década de los años treinta y ha contado a lo largo de su historia con un incremento sustancial del acervo que resguarda y conserva.

En 1986, al realizarse la construcción actual del Museo bajo el gobierno de Agustín Acosta Lagunes, llegaron muchas piezas de piedra verde de estilo olmeca de dudosa procedencia y hubo una gran adquisición de máscaras, figurillas y, sobre todo, hachas de rocas metamórficas que no procedían de excavaciones arqueológicas si no de donaciones o adquisiciones directas de Acosta Lagunes, por lo que podemos suponer que procedían de hallazgos fortuitos, de saqueos o –algunas– de reciente manufactura emulando el conocido estilo olmeca.

Desde principios del siglo XX, el estilo olmeca se ha ido definiendo, sobre un conjunto de esculturas portátiles que se encontraban en colecciones dentro y fuera de México confrontado con escultura monumental reportada para el sur de Veracruz y oeste de Tabasco (Beyer, 1927; Del Paso y Troncoso, 1892; Saville, 1929; Vaillant, 1932).

Desde entonces, se convirtió en uno de los estilos más reproducidos por talleres de lapidaria en diferentes partes de la república mexicana para ser vendidos como piezas prehispánicas olmecas dentro y fuera del país. Esto ha provocado que algunas de ellas terminen en exhibiciones públicas o privadas afiliadas a la cultura olmeca, cuando en realidad fueron manufacturadas recientemente.

El mayor problema de estos objetos es que terminen siendo validados en estudios académicos de iconografía olmeca, entremezclando objetos procedentes de excavaciones arqueológicas controladas y algunos objetos prehispánicos sin contexto de procedencia claro. La fiabilidad en la información de las piezas –o la falta de ella– que utilizamos en los estudios iconográficos harán que nuestras interpretaciones puedan tener mayor fundamentación y validez.

Si vamos a utilizar piezas que no cuentan con una procedencia de excavaciones arqueológicas controladas, al menos tenemos que buscar la mayor cantidad de información posible, no solamente sobre aspectos formales, sino, como conocer su historia de arribo a las colecciones y primeros reportes; material en el que fue realizado que nos permita comparar con materiales utilizados en contextos prehispánicos, así como conocer las huellas tecnológicas que encontramos en su manufactura o las huellas dejadas por el utilización a la que fue objeto la pieza.

En cuanto a su historia, podemos observar, por ejemplo, que los objetos de estilo olmeca que llegaron a colecciones dentro y fuera de México a finales del siglo XIX, cuando todavía no se definía claramente los rasgos característicos de dicho estilo.

Estas piezas cuentan de alguna manera con un sello de autenticidad prehispánica ya que es inverosímil que se haga una pieza en un estilo prehispánico que todavía no se había definido. Por otro lado, conocemos la atracción y veneración por diversas tonalidades de piedras verdes que tenían los pueblos mesoamericanos desde el Preclásico Temprano hasta la llegada de los europeos a Mesoamérica (Motolinía, 1971; Sahagún, 1979).

Respecto a los estudios de composición elemental y mineral, anteriormente tenían que tomar una muestra de la pieza por lo que se destruía una parte del patrimonio cultural ahora contamos con técnicas analíticas no destructivas y no invasivas que permiten definir claramente el material usado en la escultura y en los pigmentos.

Esto ha tenido una mayor precisión y claridad en los últimos años. En años recientes, se han estudiado colecciones de varios sitios olmecas cómo: San Lorenzo, El Manatí, La Venta, Arroyo Pesquero, y se ha logrado precisar que en varias de sus ornamentos y esculturas portátiles utilizaron el mineral llamado jadeíta (Bernard, 2018; Filloy Nadal *et al.*, 2013; Gendron *et al.*, 2017; Manrique *et al.* 2017).

Este mineral es relevante ya que sólo se conoce pocas fuentes de extracción hasta la fecha para el territorio mesoamericano los cuales se ubican en el Valle del Motagua en Guatemala y la alta Verapaz (Demarest *et al.*, 2014; Filloy Nadal *et al.*, 2013; Foshag, 1957; Harlow, 1993; Lozano *et al.*, 2012), lugares que se encuentra a cientos de kilómetros de distancia de la región olmeca. La relevancia de establecer correctamente la composición del material utilizado nos permitirá observar las redes de intercambio entre regiones distantes y nos podrán indicar los materiales utilizados en la diferenciación social entre los olmecas del periodo Preclásico.

Por otro lado, se ha avanzado también, en las técnicas de imagen, como la fotogrametría y microscopía digital, facilitando una mejor identificación de las características superficiales del objeto, sus huellas de manufactura y/o de uso. En los estudios tecnológicos en Mesoamérica los cuales son contrastados con el referencial que se realiza por medio de la experimentación contemporánea comúnmente llamado arqueología experimental, unos de los primeros laboratorios en realizar este tipo de experimentación en Mesoamérica fue el realizado por Adrián Velázquez en ornamentos de concha del Templo Mayor (Velázquez, 2004).

Sobre Piedra verde, inicia con uno de sus discípulos. Emiliano Melgar (Melgar, 2004) y ha tenido un gran aporte para diversas áreas de Mesoamérica en el que se están observando las diferentes tradiciones lapidarias (Bernard, 2018; Melgar *et al.*, 2009, 2012). El taller dirigido por Melgar cuenta con un referencial extenso sobre las huellas de manufactura ya que ha realizado cientos de ejercicios sobre distintos materiales y técnicas. Esta metodología es precisamente la que se lleva a cabo para este estudio de caso. Se analizan las huellas dejadas en su manufactura por medio de distintas técnicas fotogramétricas y de microscopía digital, además de distinguir el mineral en el que está compuesto con técnicas espectroscópicas para determinar si realmente es un material que fue utilizado por los olmecas y si fue manufacturado con herramientas prehispánicas.

Descripción

El hacha con número de inventario 14895 (**Figura 1**), tiene una altura de 22 cm, 6 cm de largo y un ancho promedio de tan solo 0.5 cm. Es una piedra verde translúcida en la cual está representado en bajo relieve un personaje erguido ricamente ataviado. En la parte alta de su tocado, presenta el rostro de perfil de un ser antropomorfo con la boca trapezoidal, nariz ancha ojos almendrados y la V hundida en la frente, elementos característicos del estilo olmeca (Beyer, 1927; Coe, 1992; Covarrubias, 1942, 1946; Del Paso y Troncoso, 1892; Saville, 1929; Vaillant, 1932). De la parte superior, brota un elemento fitomorfo compuesto por tres figuras en forma de hoja que surgen de un

elemento cónico. Este conjunto se le ha relacionado con el dios del olmeca del maíz (Coe, 1992; Joralemon, 1971; Taube, 2004). En la parte media y base de tocado, encontramos más elementos iconográficos relacionados con el estilo olmeca como la ceja flamijera o incisiones de figuras rectangulares con una V hundida en la parte superior. Estos elementos están relacionados con la representación del grano de maíz presentes en la banda que lleva en la frente junto a las bandas cruzadas.

El personaje porta una orejera con un elemento tubular en el centro y una cuenta en el extremo inferior. En la parte de atrás de sus hombros, parece salir una especie de capa en forma de alas de ave. Porta un elemento parecido a un punzón en su mano izquierda y presenta brazaletes en ambos brazos.

También, lleva una cintura con elementos geométricos y en el centro presenta un elemento rectangular enmarcando una cruz en forma de X. El personaje lleva una falda que, en la parte baja, tiene ligeras incisiones al igual que la capa en forma de ala, dando la idea de la representación de plumaje. Las piernas cuentan con unas bandas que, en su interior, como en los brazaletes que porta, están representados tres círculos en incisiones delgadas, además presenta dos círculos a la altura de las rodillas. El personaje se encuentra erguido sobre una base compuesta por tres elementos: el superior e inferior son dos objetos tubulares con terminación cónica, el de en medio presenta un elemento rectangular con la representación en el centro de un triángulo a forma de colmillo.

Figura 1
Hacha 14895



Fuente: Foto de Alfredo Hernández, dibujo de Kiavik R. Muñoz.

Historia reciente e interpretaciones

No encontramos una fecha concreta de entrada del hacha 14895 al acervo del MAX, pero ya aparece en la guía publicada en 1992 en el capítulo “Los Olmecas”, escrito por Michael Coe (Coe, 1992), el cual la describe como uno de los tesoros más preciados del Museo y, aunque aclara que no tiene contexto preciso, ubica los detalles iconográficos relacionándolos con el sitio de Arroyo Pesquero y le atribuye, por ende, una manufactura olmeca. Esta referencia realizada por unos de los especialistas de la región olmeca más reconocidos hasta nuestros días, parece que fue suficiente para que se validará como una pieza olmeca en varios medios académicos.

En 1996, el hacha 14895 formó parte de la exposición “Olmec Art of Ancient Mexico” en el National Gallery of Art en Washington, E.U.A. La pieza aparece ampliamente descrita en el catálogo de la exposición, ubicando al personaje representado como un gobernante olmeca portando un elaborado atuendo.

La pieza fue descrita como un ejemplo de representación de varios conceptos de prácticas rituales y gubernamentales, entre ellos el del ritual de ofrenda de sangre humana por portar en la mano izquierda lo que parece un perforador. En esta publicación, el personaje también es vinculado con la representación de varias deidades olmecas principalmente con el “bird monster”, ave monstruosa, con el dios del sol y el dios del maíz.

Asimismo, se relaciona su iconografía con un hacha incisa que se encuentra en el Dallas Museum of Art. Es importante resaltar que, en este texto, se comenta que el pigmento rojo de la pieza fue añadido en tiempos modernos, aunque la pieza en si es ubicada como parte la cultura olmeca (Benson y de la Fuente, 1996).

En 2004, Karl Taube menciona que el hacha 14895 fue usada como colgante y que en ella se representa una mujer ricamente ataviada utilizándola en varias de sus apuntes iconográficos. Taube comenta que el rostro de perfil del tocado es la representación del Dios del Maíz y lo utiliza como parte de la evolución de su esquema de dicha deidad, además de ubicarla como con falda y capa de plumas, portando un amuleto o fetiche con forma de mazorca de maíz y utilizarlo como ejemplo de la representación de bandas cruzadas en tocado (Taube, 2004)

En 2006, González-Calderón, un médico avecindado en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, apasionado de la cultura olmeca y coleccionista de escultura de dicha cultura, visitó varios sitios arqueológicos del sur de Veracruz y Tabasco, comprando y adquiriendo una gran cantidad de piezas del estilo olmeca, algunas prehispánicas y otras de manufactura reciente.

Dicha colección actualmente se resguarda mayoritariamente en el Museo de Arqueología Olmeca de Coatzacoalcos. González Calderón realizó algunas publicaciones sobre los olmecas; sin embargo, al ser un autodidacta en la materia no ha contado con la gran reputación y validez en los medios académicos. En su publicación de 2006, González-Calderón menciona esta hacha fue manufacturada en las mismas fechas que se construía el nuevo edificio del MAX, en 1986. El artículo afirma que esta pieza fue elaborada con máquina eléctrica y fresas finas, además de que fue tallada en cuarzo tipo

aventurina, mineral cuya procedencia ubica en el estado de Guerrero. Estas afirmaciones no cuentan con fuente de información precisa (González-Calderón, 2006).

Más tarde, pese a la mención de una manufactura de finales del siglo xx realizada por González-Calderón, Taube utiliza esta pieza como el primer ejemplo de la representación de una orejera con un tubo de jade que termina en una cuenta, esto, también fue representado durante el periodo Clásico (100-900 d. C.) en el área maya (Taube, 2007).

Como podemos observar, la mayoría de las observaciones realizadas desde la primera publicación hasta la fecha confirman la presencia de elementos iconográficos identificados como olmecas, validando la pieza como un objeto material perteneciente a la cultura Olmeca, solamente encontramos la mención de Calderón de que es una pieza manufacturada a finales del siglo xx. Esta última afirmación sustentada en la posibilidad de que los elementos iconográficos pudieron ser copiados de diversas fuentes que hablan sobre el estilo olmeca (Coe, 1965; Covarrubias, 1946; Joralemon, 1971, 1976).

Metodología

El análisis de la pieza va desde un nivel macroscópico buscando las áreas que pudieran arrojar mayor información hasta varios niveles de microscopía. La pieza se observó desde distintos ángulos con diferentes herramientas, en cuanto a sus huellas de manufactura se realizaron una serie de fotografías con una cámara Canon 6EOS con un lente de 60mm M, el cual permite hacer ampliaciones de hasta 5X. Se midieron algunas de las incisiones más delgadas para compararlas con otras piezas del acervo del MAX procedentes de los sitios arqueológicos de Arroyo Pesquero y Las Limas. Además, se utilizó un microscopio estereoscópico Dinolite y se observó la pieza con aumentos entre 10X y 100X. Esto permitió comparar con más detalle las microtrazas arqueológicas observadas en aspectos como la regularidad de la superficie o el borde, la presencia de líneas bien marcadas o no, su espaciado y su dirección.

Una vez realizado ello se obtuvo una impresión en negativo de las huellas de manufactura, usando una tira de polímero replicante de alrededor de 5 X 4 mm suavizado con acetona, presionada contra la superficie del objeto. Las impresiones se bañaron con oro para ser observadas bajo un microscopio electrónico de barrido (SEM). Esta técnica no destructiva evita la transferencia de los objetos a analizar al laboratorio. Aquí las muestras se analizaron con incrementos de 100X, 300X, 600X y 1000X. Las cuales son comparadas con el referencial contemporáneo realizadas por el taller de lapidaria del Templo Mayor los cuales emulan los materiales y las herramientas que pudieron haber utilizado en tiempos prehispánicos y con herramientas modernas para ubicar falsificaciones o retoques en la pieza, así es posible, en comparación con este referencial, confirmar o excluir el uso de herramientas y la naturaleza de los procesos de fabricación del objeto (Melgar *et al.*, 2009).

La identificación mineral y el estudio de la composición elemental del hacha 14895 se realizaron en colaboración con el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (IF-UNAM), bajo la dirección de José

Luis Ruvalcaba Sil. El estudio se realizó dentro del proyecto de identificación mineral y caracterización de lítica de piedra verde mediante técnicas analíticas no destructivas, en 2015, como parte del apoyo a la tesis doctoral titulada “Les homme de jade” (Bernard, 2018).

La identificación mineral se logró a través de espectroscopia infrarroja de reflexión con transformada de Fourier; mientras que la caracterización de la composición elemental de la pieza se realizó por espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF). El análisis por FTIR se realizó con un el módulo de reflexión externa del espectrómetro Alpha Bruker®. El área de análisis es de 5 mm², en el rango del infrarrojo cercano (400 – 4000 cm⁻¹). Se utilizó el software de Opus® para el análisis de los espectros y la identificación se logró por comparación con espectros de referencia (Gendron *et al.*, 2017; Mei *et al.*, 2003; Ostrooumov, 2007; Coccato *et al.*, 2014).

Por su parte, para análisis por XRF se utilizó el equipo de espectroscopia de fluorescencia de rayos X desarrollado en el IF-UNAM, SANDRA por sus siglas en español (Ruvalcaba *et al.*, 2010). Este sistema analiza una región de 1 mm de diámetro, empleando un tubo de rayos X con ánodo de molibdeno y un detector Amptek™ X-123SDD fijo a 45° con respecto a la dirección de excitación de los rayos X. Las condiciones de análisis de la pieza se fijaron en 35 kV y 0.250 mA con un tiempo de adquisición de 120 s. Los espectros fueron analizados con el programa AXIL® (Van *et al.*, 1986).

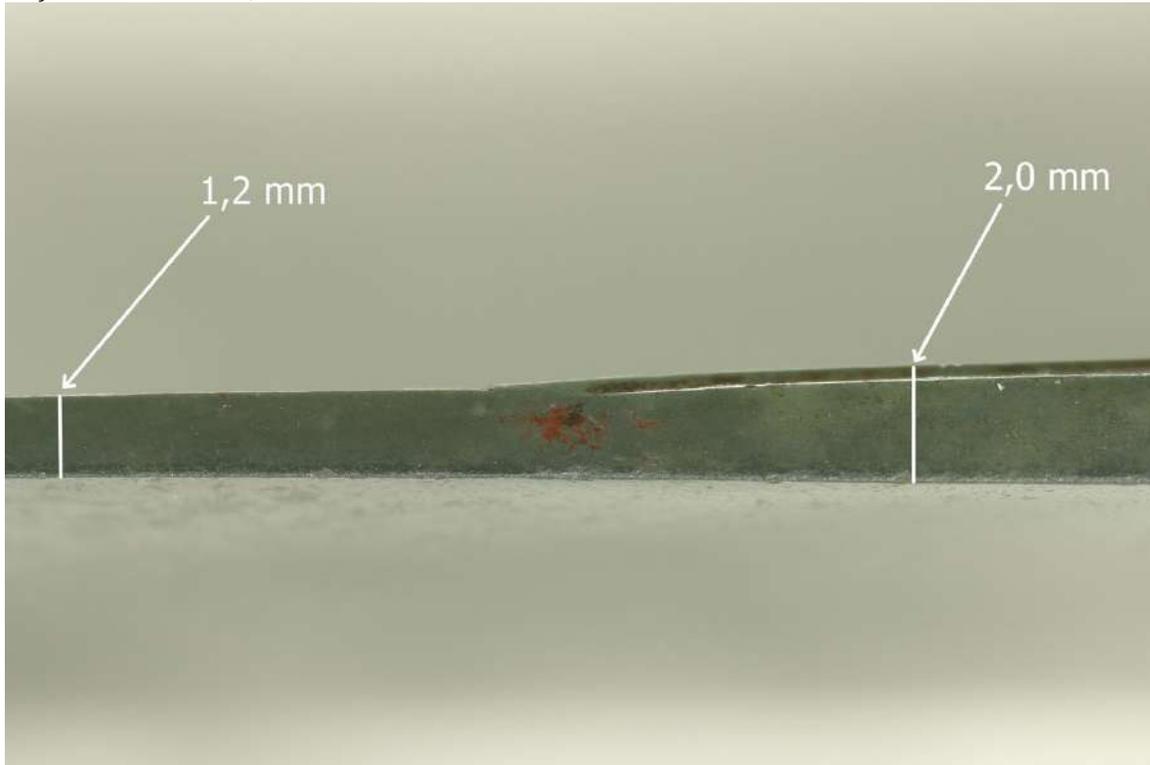
Análisis de estudio

Lo primero que resaltaremos, es la delgadez del hacha. De todas las hachas reportadas en contexto arqueológico, las más delgadas aparecen en la ofrenda 4 de La Venta, en las excavaciones realizadas en 1955 por Phillip Drucker y Robert J. Squier (Drucker *et al.*, 1959).

En su gran mayoría encontramos que las hachas presentan una profundidad mayor, sobre todo en el centro de ellas, como se observa en los trabajos de Rodríguez y Ortiz (1994) y Olaf Jaime (2003). La forma delgada y alargada de las hachas reportadas para la ofrenda 4 de La Venta, como bien lo comentan varios autores, cumplió la función de representar un grupo de estelas que acompañaban las figurillas antropomorfas de dicha ofrenda (Jaime, 2003; Taube, 2004). En particular, el hacha número 2 de la ofrenda 4 presenta una delgadez mínima de 2.4 cm (Jaime-Riverón, 2013), una de las más delgadas reportadas hasta el momento. En comparación, el hacha 14895 presenta una delgadez mínima de tan solo 1.2 mm (**Figura 2**), máxima de 5 mm, lo que la convertiría en la presentación más delgada de este tipo de hachas hasta el momento reportadas. Otra particularidad que no se encuentra en otro tipo de hachas olmecas es la representación del personaje en un tenue bajorrelieve, el cual presenta el devastado de una buena porción alrededor de la imagen principal como lo podemos observar en la (**Figura 3**).

Figura 2

Perfil del hacha 14895, en la cual se observa un ancho mínimo de 1.2 mm



Fuente: Foto de Henri Noel Bernard Medina.

Figura 3

Detalle del bajorrelieve del hacha 14895

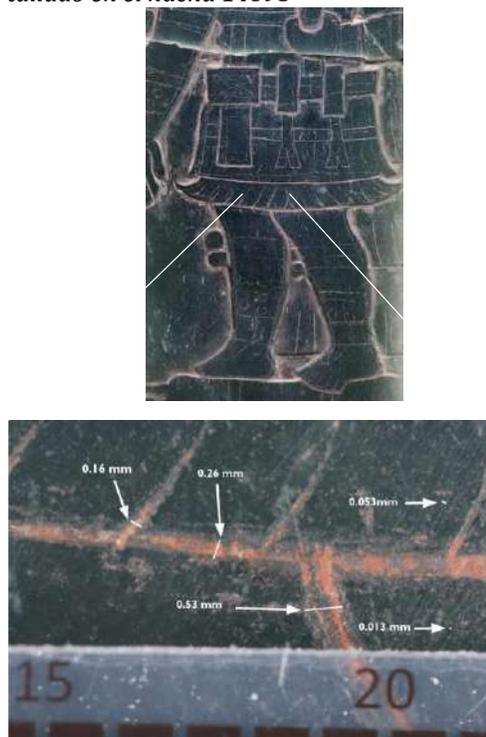


Fuente: Foto de Alfredo Hernández.

Ahora bien, las incisiones realizadas dentro del bajo relieve del personaje presentan diversos grosores. Esto se observa claramente en la parte baja de la falda y la decoración de líneas en su base, las cuales se han sugerido alusiones al carácter aviario del ajuar del personaje. Cabe resaltar que estas incisiones no tienen el mismo grosor que las incisiones realizadas en otras zonas como por ejemplo las usadas para representar sus piernas. Por ello, centramos algunas de las observaciones en las incisiones más delgadas para medirlas y compararlas con otras de las piezas que sabemos con certeza que proceden de sitios olmecas.

Figura 4

Detalle y medidas de las incisiones delgadas presentes en la base de la falda del personaje tallado en el hacha 14895



Fuente: Fotografía realizada por Alfredo Hernández.

Las comparaciones microscópicas tienen como objetivo ver las similitudes o diferencias en sus dimensiones y en la impresión de sus huellas manufactura hasta cierto nivel de aumento entre 2X y 100X. Las piezas del acervo del MAX que servirán para esta comparación son la máscara PJ 4013 y la figurilla PJ 4015, las cuales fueron manufacturadas en jadeíta y fueron llevadas al MAX en 1969 como resultado del trabajo del Arqlgo. Manuel Torres Guzmán en el sitio Arroyo Pesquero, así como la escultura del Señor de las Limas, la cual es una escultura olmeca emblemática tallada en un bloque de serpentina. La materia prima y manufactura de estas piezas fue estudiada por Bernard (2018).

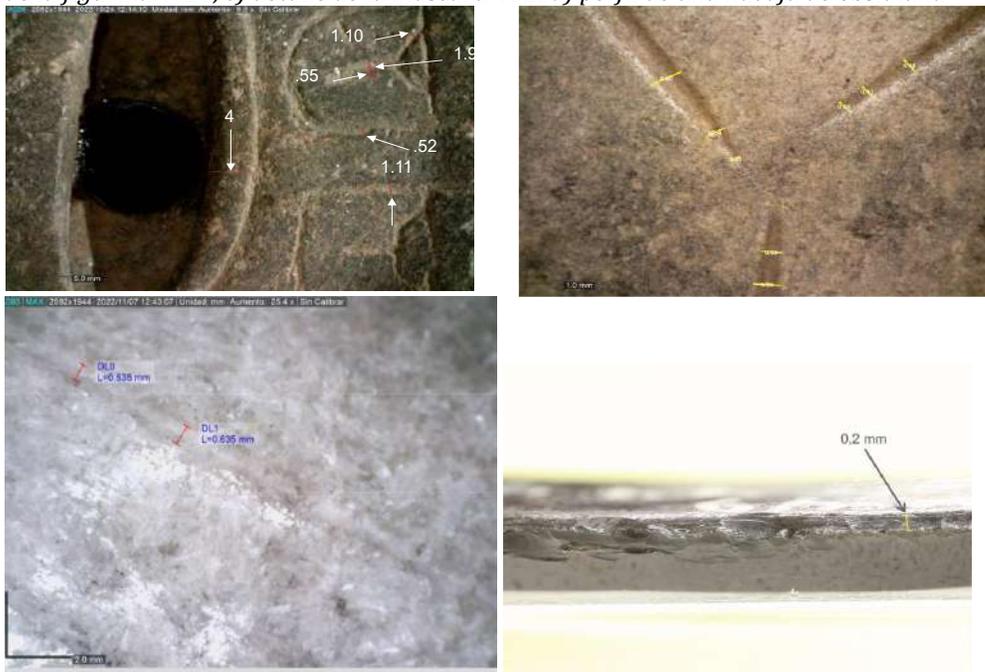
Las líneas incisas en el hacha 14895 observadas en la parte baja de la falda del personaje principal tienen un grosor que oscila entre los 0.5 y 0.075 mm (**Figura 4**). La línea más delgada al final de la incisión es de 0.075 mm. Para la máscara 4013 y la figurilla de Arrollo Pesquero encontramos medidas que van desde 0.65 hasta 0.2 mm, la medida más delgada sólo se encuentra al final del trazo de la incisión (**Figura 5**). Las dimensiones de las incisiones en la escultura del Señor de Las Limas son parecidas a las piezas de Arroyo Pesquero, sólo que un tanto más gruesas van de 1.91 mm hasta 0.5 mm y presenta un trazo menos preciso y continuo.

Las dimensiones de las incisiones más delgadas del hacha 14895 (0.075mm) no se encontraron en ninguna de las piezas que comparamos y si tomamos en cuenta que el principal instrumento utilizado por los olmecas para las incisiones es la obsidiana (Bernard, 2018) y las navajas de obsidiana tienen en promedio un grosor de 0.2 a 0.5 mm (**Figura 5**). Inicialmente, estas observaciones llevan a sugerir que las líneas incisas delgadas del hacha 14895 no fueron realizadas con este vidrio volcánico.

En cuanto a las muestras de impresiones en negativo, solo se realizaron algunas impresiones en las líneas incisas que van del hombro derecho al pecho, ya que el polímero retiraba parte del pigmento rojo superficial, alterando los resultados. A pesar de que la zona seleccionada no presentaba restos de pigmento, los resultados no son concluyentes ya que no se tiene una base de datos de huellas de incisiones manufacturadas con fresas. Sin embargo, se observaron claramente las dimensiones que van de entre 0.3 a 0.5 mm y presentar una incisión homogéneamente rugosa.

Figura 5

Incisiones de comparación a) detalle de incisiones del Señor de Las Limas, b) detalle de incisiones de la figurilla 4015, c) detalle de la máscara 4013d) perfil de una navaja de obsidiana

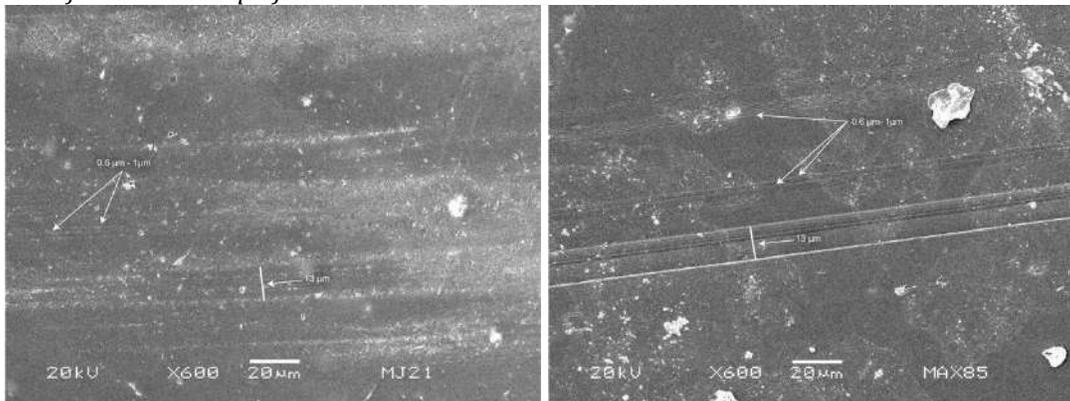


Fuente: Fotografías de Henri Noel Bernard.

Para las huellas de manufactura de la superficie plana pudimos obtener mayores muestras y observar los desgastes y pulidos presentes. Se tomaron impresiones en varios puntos tanto del frente como en la parte posterior del hacha. En los aumentos de 1000X, las huellas de superficie si dejaron claridad sobre la utilización de buriles diamantados en su manufactura, ya que observamos las líneas paralelas características que van con grosores de 0.6 a 1 μm y bandas de 13 μm (**Figura 6**).

Figura 6

A) Huellas de manufactura en jadeíta con buril diamantado trabajo experimental; B) Huellas de manufactura de la superficie del hacha 14895. Ambas a 600X

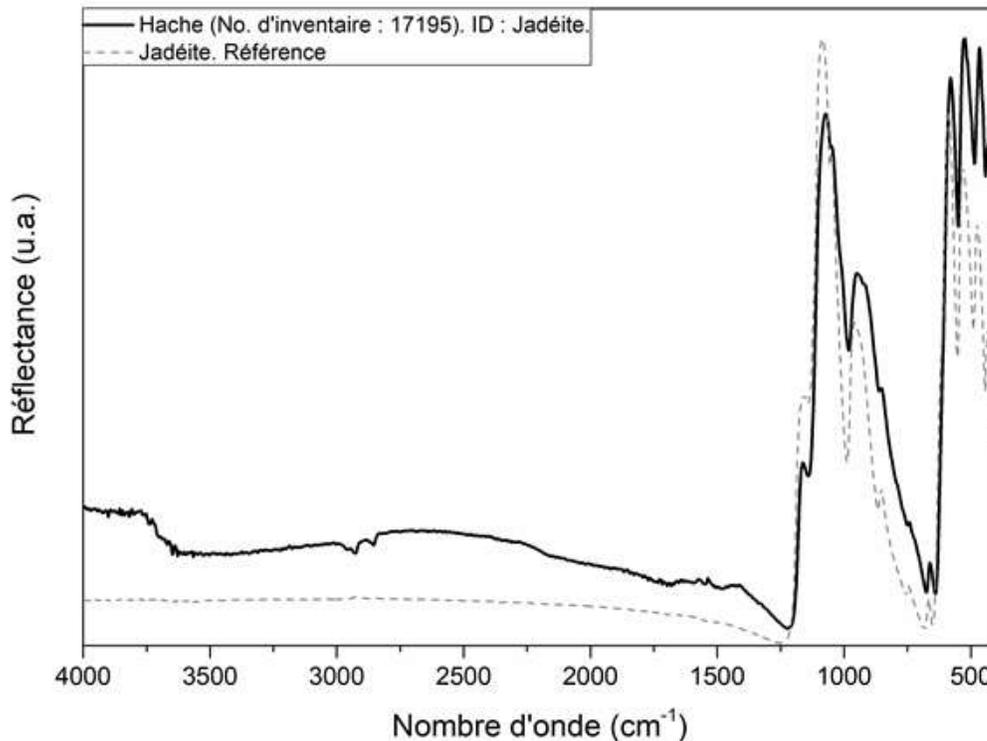


Fuente: Fotografías tomadas Microscopía electrónica del INAH CDMX. En Mario Monroy.

Pese a las observaciones de González-Calderón, la identificación mineral con espectroscopía infrarroja determinó que el hacha fue tallada en una roca cuya fase mineral principal es jadeíta (**Figura 7**) y no se observa ninguna contribución de otros minerales. La caracterización elemental de esta pieza es muy similar a otras piedras verdes, siendo las intensidades de rayos X de Fe, Ca, Si y Ti las mayores contribuciones (**Figura 8**). La jadeíta es un mineral utilizado desde el Formativo Temprano por los olmecas (Bernard, 2018; Filloy-Nadal *et al.*, 2013; Gendron *et al.*, 2017; Jaime-Riverón, 2010). El uso de este mineral se extendió con éxito a lo largo de toda Mesoamérica y sirvió como símbolo de poder y prestigio. Actualmente, el conocimiento de los yacimientos de jadeíta explotados durante la época prehispánica se ha perdido casi en su totalidad. Si bien se sabe que existen yacimientos explotados en la región del Valle de Motagua, a la fecha, son pocos los estudios que pueden relacionar las fuentes de extracción con las piezas arqueológicas y todos ellos son destructivos.

Figura 7

Espectroscopía infrarroja del hacha 14895 donde se comprueba el mineral de jadeíta



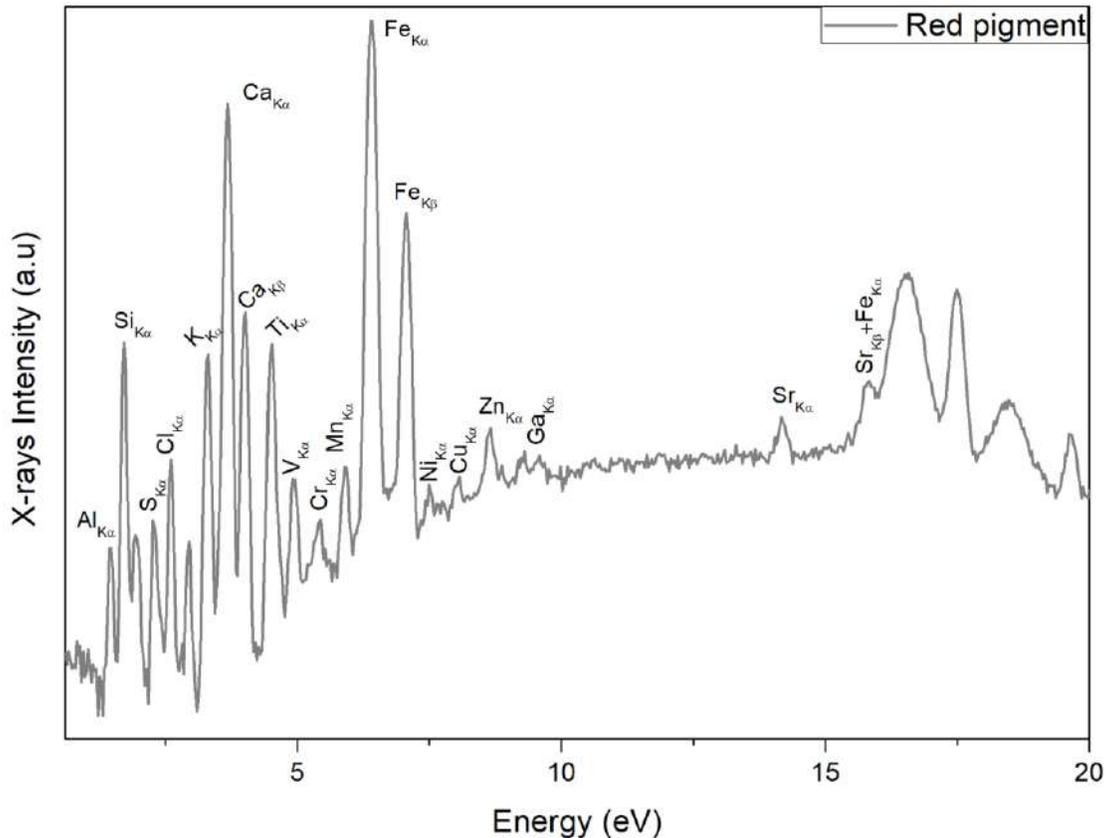
Fuente: Laboratorio LANCIC Instituto de Física de la UNAM.

En el caso del pigmento rojo, las intensidades de rayos X mayores fueron de Fe, Ca, Si y Ti. La composición elemental no presentó ninguna intensidad de rayos X de Hg, elemento característico del cinabrio, ampliamente utilizado como pigmento ritual en época prehispánica. Los resultados no son concluyentes para determinar la presencia de otro pigmento utilizado durante épocas prehispánicas como la hematita.

Desde el punto de vista material, el hacha 14895 es particular. La jadeíta mineral de dureza 7 en la escala de Mohs fue un material de alto valor simbólico y, en la actualidad, posee un costo elevado debido a su rareza. Por ello, no pareciera que es común la talla de piezas de imitación en este material, por lo general, se prefiere el uso de otro tipo de piedra verde como el cuarzo o la serpentina, los cuales son materiales mucho más accesibles y recurrentes. Por otro lado, la iconografía sugiere una importancia ritual y simbólica, por lo que se esperaría encontrar cinabrio en la superficie. Si bien el uso de la hematita en elementos rituales olmecas también es común, tal como se observó en la ofrenda 4 de La Venta (Filloy-Nadal *et al.*, 2013), no existen indicadores claros de ninguno de estos pigmentos sobre la pieza.

Figura 8

Espectros de fluorescencia de rayos X de la piedra verde y pigmento rojo del hacha 14895



Fuente: Elaboración propia

Reflexiones finales

Aunque la jadeíta es un mineral utilizado por los Olmecas en escultura portátil y ornamentos según los reportes existentes, el que esta hacha sea de ese mineral no le da un sello de autenticidad por sí sólo. El hacha 14895 presenta manufactura reciente, como bien lo había comentado anteriormente González-Calderón (2006). Los aspectos que nos hablan de ello son: primeramente, la delgadez del hacha y de algunas de las líneas incisas presentes, las cuales no concuerdan con las dimensiones de las piezas olmecas reportadas hasta la fecha; segundo las incisiones no presentan desgastes acumulados, resultado de pasar repetidamente la navaja, generalmente, de obsidiana para realizar la incisión en la jadeíta, mineral de dureza 7 en la escala de Mohs que en tiempos olmecas requería de varias horas de talla para ser grabada. Tercero, la falta de ejemplos de representaciones en jadeíta realizadas en bajorrelieve para contextos arqueológicos en la región nuclear olmeca. Cuarto, el análisis del pigmento rojo no fue concluyente para determinar el material utilizado, sin embargo, podemos descartar que

sea cinabrio, mineral ampliamente utilizado como pigmento en este tipo de escultura por los olmecas.

Adicionalmente, las huellas de manufactura observadas en 1000X confirman el uso de una herramienta moderna en el desgaste y pulido de la pieza. Los resultados obtenidos nos muestran que el hacha 14895 es un gran trabajo lapidario del siglo XX, con elementos iconográficos imitando a los realizados por los olmecas. Aunque presenta dichos motivos, estos pudieron haberse copiado del catálogo iconográfico realizado por Joralemon, 1971. Esta pieza es un ejemplo claro del peligro de servirnos de objetos sin contexto arqueológico en los estudios iconográficos.

Las nuevas herramientas que tenemos hoy en día para el estudio de las colecciones permitirán, al menos en algunos casos, evidenciar algunos objetos de manufactura reciente que se ha intentado pasar por prehispánicos.

Esperemos que este artículo sirva de reflexión para futuros trabajos iconográficos que hagan uso de piezas sin contexto, en los que sería conveniente explicitar cuales piezas si cuentan con el contexto espacio temporal y cuáles no, para poder llegar a mejores y más sólidas interpretaciones de las culturas que nos precedieron.

Todavía hay mucho trabajo y estudios que se deben de realizar en los acervos de los museos de arqueología en México, con la finalidad de distinguir las diferentes tradiciones lapidarias, no solamente las prehispánicas sino también la de los talleres de réplicas y falsificaciones de manufactura reciente.

Referencias

- Benson, E.** y de la Fuente, B. (1996). *Olmec Art of Ancient Mexico*. En M. Castro-Leal, Ed.). National Gallery of Art.
- Bernard, H.** (2018). *Les Hommes de Jade. Analyse techno-stylistique de la sculpture portable Olmèque*. [Tesis de doctorado, École doctorale Archéologie] Repositorio theses.fr. <http://www.theses.fr/s133619>
- Beyer, H.** (1927). Tribes and temples. *El México Antiguo*, 2(11-12), 305-313.
- Coe, M.** (1965). 29. The Olmec Style and its Distributions. En R. Wauchope y G. Willey (Ed.), *Handbook of Middle American Indians: Archaeology of Southern Mesoamerica* (Vols. 2 y 3, pp. 739-775). University of Texas Press. <https://doi.org/10.7560/732605-030>
- Coe, M. D.** (1992). *Los Olmecas*. En Museo de Antropología de Xalapa. Studio Beatrice Trueblood, S. A.; Gobierno del Estado de Veracruz.
- Covarrubias, M.** (1942). Origen y desarrollo del estilo artístico 'olmeca'. En *Mayas y Olmecas. Segunda Reunión de Mesa Redonda sobre problemas antropológicos de México y Centroamérica, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, (pp. 46-49). Talleres de la Editorial Stylo.
- Covarrubias, M.** (1946). *El arte "olmeca" o de La Venta*. Cuadernos Americanos.
- del Paso y Troncoso, F.** (1892). *Catálogo de los objetos que presenta la república de México en la exposición histórico-americana de Madrid* (Vol. I). Tip. "Sucesores de Rivaneyra".
- Demarest, A., Andrieu, C., Torres, P., Forné, M., Barrientos, T. y Wolf, M.** (2014).

- Economy, exchange, and power: New evidence from the late classic Maya port city of Cancuen. *Ancient Mesoamerica*, 25(1), 187–219.
<http://doi.org/10.1017/S0956536114000121>
- Drucker**, P., Heizer, R. y Squier, R. (1959). Excavations at La Venta, Tabasco, 1955. Smithsonian Institution, Bureau of American Ethnology. *Bulletin*, 170, 138-142.
- Filloy-Nadal**, L., Magaloni-Kerpel, D., Ruvalcaba-Sil, J. L. y Sánchez-Hernández, R. (2013). Las materias primas utilizadas para la manufactura de las figurillas y las hachas de la Ofrenda 4 de La Venta: Caracterización y fuentes de origen. En D. Magaloni-Kerpel y L. Filloy-Nadal (Coords.), *La Ofrenda 4 de la Venta: Un tesoro olmeca en el Museo Nacional de Antropología* (103-127). INAH
- Foshag**, W. (1957). Mineralogical studies on Guatemalan jade. *Smithsonian Miscellaneous Collections*. 135(5), 1-60. <https://tinyurl.com/26hru849>
- Gendron**, F., Smith, D., Masson, P., Rodríguez, M. y Ortiz, P. (2017). Portable Raman verification and quantification of jade in Olmec ceremonial axes from El Manatí, Veracruz, Mexico. *Journal of Raman Spectroscopy*, 48(11), 1618-1632.
<https://doi.org/10.1002/jrs.5122>
- González-Calderón**, O. (2006). *Arte Olmeca y Maya: La influencia Asiática*. Robles S.A. de C.V.
- Harlow**, G. (1993). Middle American jade: Geologic and petrologic perspectives on variability and source. En F. W. Lange (Ed.), *Precolumbian jade: new geological and cultural interpretations*, 9-29. University of Utah Press.
- Jaime**, O. (2003). *El hacha olmeca: Biografía y paisaje* [Unpublished Masters Thesis]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jaime-Riverón**, O. (2010). Olmec greenstone in Early Formative Mesoamerica: Exchange and process of production. *Ancient Mesoamerica*, 21(1), 123-133.
- Jaime-Riverón**, O. (2013). Las hachas de jadeíta de la Ofrenda 4 de La Venta. En D. Magaloni y L. Filloy (Ed.), *La Ofrenda 4 de La Venta: Un tesoro olmeca reunido en el Museo Nacional de Antropología. Estudios y catálogo razonado*. INAH.
- Joralemon**, P. (1971). *A study of Olmec iconography*. Harvard University.
- Joralemon**, P. (1976). The Olmec dragon: A study in Pre-Columbian iconography. En H. B. Nicholson (Ed.), *Origins of Religious Art and Iconography in Pre-Classical Mesoamerica* (27-71). University of California; Los Angeles Latin American Center Publications. https://digitalcommons.usf.edu/kip_articles/8026/
- Lozano**, R. y Ruvalcaba, J. (2012). Determinación de minerales y otros minerales asociados con “piedras verdes” usando técnicas de rayos X. En W. Wiesheu y G. Guzzu (Ed.), *El jade y otras piedras verdes. Perspectivas interdisciplinarias e interculturales* (pp. 17-35). Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Manrique**, M. y Ruvalcaba, J. (2017). *Estudio No Destructivo de Colecciones de Piedra Verde del Museo de Antropología de Xalapa* (p. 25). Instituto de Física de la UNAM; Museo de Antropología de Xalapa.
- Melgar**, E. (2004). *Proyecto La lapidaria del Templo Mayor: Estilo y tradiciones tecnológicas. Propuesta de investigación*. Secretaría de Cultura.
- Melgar**, E., Ciriaco, S. y Beatriz, R. (2009). Caracterización de huellas de manufactura en objetos lapidarios de obsidiana del Templo Mayor de Tenochtitlan. *Arqueología*, (42), 118-134. <https://tinyurl.com/3sh6zu7a>

- Melgar, E., Wiesheu, W. y Guzzy, G. (2012).** Análisis tecnológico de los objetos de piedra verde del Templo Mayor de Tenochtitlan. En W. Wiesheu y G. Guzzy (Coords.), *El jade y otras piedras verdes. Perspectivas interdisciplinarias e interculturales*. (181-195). INAH.
- Motolinía, F. (1971).** *Memoriales o libro de las cosas de la Nueva España y de los naturales de ella: Nueva transcripción paleográfica del manuscrito original, con inserción de las porciones de la historia de los indios de la Nueva España que completan el texto de los memoriales*. UNAM.
- Rodríguez, M. y Ortiz, P. (1994).** *El Manati, un espacio sagrado olmeca*. Universidad Veracruzana.
- Sahagún, B. (1979).** *Códice florentino* (Facsimile edition). Biblioteca Medicea Laurenziana.
- Saville, M. (1929).** *Votive axes from ancient Mexico* (Vol. VI). Museum of the American Indian, Heye Foundation.
- Taube, K. (2004).** *Olmec Art at Dumbarton Oaks* (Vol. 2). Dumbarton Oaks.
- Taube, K. (2007).** La Jadeíta y la Cosmovisión de los Olmecas. *Arqueología mexicana*, 87, 43-48. <https://tinyurl.com/mackxuzk>
- Vaillant, G. (1932).** A pre-Columbian jade. *Natural History*, 32(6), 512-520.
- Velázquez, A. (2004).** *Técnicas de manufactura de los objetos de concha del Templo Mayor de Tenochtitlan. La producción especializada de los objetos de concha del Templo Mayor de Tenochtitlan* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2970>

Aportes de la Sociología del Derecho al Estado de Derecho

Contributions of the Sociology of Law to the Rule of Law

Armando Adriano Fabre ^a

Recibido: 30 de julio de 2023.

Aceptado: 2 de abril de 2024.

^a Facultad de Derecho, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: aadriano@uv.mx *Autor para correspondencia.

Cómo citar:

Adriano-Fabre, A. (2024). Aportes de la Sociología del Derecho al Estado de Derecho. *UVserva*, (17), 256-268. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2970>

Resumen: Esta investigación busca explicar los conceptos de la sociología, sociología del derecho y la sociología jurídica, su semejanza y diferencia, así como la relación entre ambas ciencias con la finalidad de entender la necesidad de la sociología jurídica en el Estado de Derecho mexicano, pues al hacer uso efectivo de los conocimientos que acarrea la sociología jurídica, se analiza a la gobernanza de un país, donde el poder esté controlado, haciendo cumplir los Derechos Humanos de los individuos que forman parte del mismo, así como establecer las obligaciones no solo de los ciudadanos, sino de las instituciones y los efectos del derecho en la sociedad, para impulsar el cometido del Estado de Derecho, asimismo, analizar la relación del Estado de Derecho con la conducta humana en sociedad, pues sólo a través del estudio de ésta se logra entender las necesidades del país, para consolidar el Estado de Derecho y garantizar que el efecto del mismo brinde una óptima calidad de vida de los ciudadanos.

Palabras clave: Sociología; sociología del derecho; estado de derecho; gobernanza.

Abstract: *This research seeks to explain the concepts of sociology, sociology of law and legal sociology, their similarities and differences, as well as the relationship between the two sciences in order to understand the need for legal sociology in the Mexican Rule of Law, because by making effective use of the knowledge that brings legal sociology, the governance of a country is analyzed, where power is controlled, enforcing the Human Rights of individuals who are part of it, It also analyzes the relationship of the rule of law with human behavior in society, because only through the study of this can we understand the needs of the country, to consolidate the rule of law and ensure that the effect of the same provides an optimal quality of life for citizens.*

Keywords: *Sociology; sociology of law; rule of law, governance.*

Introducción

Explicar al Estado de Derecho, desde el conocimiento de la sociología jurídica, es necesario, para comprender el modelo de gobernanza que representa el Estado de Derecho, su funcionamiento en el contexto actual, asimismo, la sociología jurídica, desde su campo de estudio del ordenamiento jurídico, nos da el conocimiento para identificar los problemas de las sociedades en el margen de los efectos del Derecho, específicamente en el Estado Mexicano, donde la crítica radica en la ruptura del Estado de Derecho, impulsado por factores como la falta de educación, corrupción, desconocimiento e inaplicación de la ley, demostrando la importancia del estudio de la sociología jurídica, para analizar efectivamente a la sociedad en la construcción del Estado Jurídico y el resultado del mismo.

Comenzar por definir a la sociología jurídica, identificándola no simplemente como una rama del derecho, sino como una ciencia jurídica, implica conocer en primer lugar qué es la sociología, la sociología del derecho y la sociología jurídica, comprender ¿quién estudia a la sociedades mediante un método científico, para asimilar la naturaleza y comportamiento humano dentro de las relaciones e instituciones sociales

humanas? Giddens (2000) nos dice que “La sociología es el estudio de la vida social humana, de los grupos y las sociedades”. Ahora bien, una definición somera para ubicar a esta ciencia en el ámbito del Derecho y su objeto reside en García-Máynez (2021), que nos dice que la sociología del derecho es “la explicación del fenómeno jurídico, considerado como el hecho social”. Aunado a lo anterior, y de manera muy cercana, Óscar Correas (1993) sintetiza a la sociología jurídica como “una disciplina científica que intenta explicar las causas y efectos de las normas jurídicas”, desde luego, a lo largo de esta investigación, se profundizará en estos conceptos para comprenderlos de manera precisa.

En cuanto al Estado de derecho, lo podemos entender, de primera mano, como ese estado idóneo de la sociedad, un estado democrático, en el cual los integrantes de las sociedades se pueden desenvolver de manera libre y segura, desarrollando sus identidades, mismas que deberán ser protegidas por el Estado al cual se incorporaron, las leyes que lo rigen, las Instituciones y estructuras, que le dan significado al mismo Estado de Derecho y su creación, para lograr el fin máximo de la vida y dignidad humana, que es vivir plenamente, de forma plena y digna, salvaguardando sus Derechos Humanos.

1. La sociología general, la sociología del derecho y la sociología jurídica, concepto y distinción

Es necesario hacer una distinción de la sociología general y la sociología jurídica, ya que, a pesar de ser disciplinas diferentes, la sociología general, ha dotado a la sociología jurídica de conceptos que la robustecen por ejemplo la coacción y control social, conciencia colectiva, roles sociales, entre otros, de la misma manera, por parte del derecho, tenemos conceptos como la familia conyugal, utilizado en la sociología general, esto dado por el intercambio entre ambas ciencias.

La palabra sociología, está formada por dos raíces etimológicas, del latín *societas*, que significa sociedad o asociación y del griego *logos*, que se entiende como estudio o ciencia, esta palabra fue creada por el fundador de la Sociología, Auguste Comte, quien le dio el significado de estudio o tratado de la sociedad.

Max Weber (1974), define a la sociología como:

Una ciencia que pretende entender, interpretándola, la acción social para de esa manera explicarla causalmente en su desarrollo y efectos. Por “acción” debe entenderse una conducta humana (ya consista en un hacer externo o interno, ya en un omitir o permitir), siempre que el sujeto o los sujetos de la acción enlacen a ella un sentido subjetivo. La “acción social” por tanto es una acción donde el sentido mentado por su sujeto o sujetos está referido a la conducta de otros, orientándose por ésta en su desarrollo.

En ese orden de ideas, es muy importante precisar el objeto de estudio de esta ciencia que es la sociedad misma, o el conjunto de personas de diversos grupos, en diversas áreas de distribución, donde lo más relevante son las relaciones interhumanas que se

dan en estos grupos, pues estas marcan el influir o ser influido del ser humano por la propia sociedad., en términos generales es la interacción del hombre en sociedad.

Ahora bien, en cuanto a la función práctica de la sociología, busca resolver una problemática que afecta a una sociedad determinada, a través del estudio y comprensión de la misma, pues al conocer un problema social desde su interior, proporciona las herramientas para su solución.

La sociología, estudia de manera general o de forma panorámica los fenómenos sociales, es decir observa las problemáticas y comportamientos de los grupos humanos de forma generalizada, y para hacer un estudio de manera minuciosa y especializada, tendríamos que enfocarnos en las disciplinas sociológicas, como lo es la Sociología del Derecho, que es la disciplina que en esta investigación nos encaminará a esclarecer el término de sociología jurídica. La sociología del derecho, se fundamenta en los conocimientos generales teóricos de la sociología, estudiando al derecho como un factor social, coadyuvando en la formación de los operadores del derecho, para que obtengan las herramientas necesarias para comprender el origen social de la normatividad.

Para definir a la sociología del derecho, Treves (1993), que nos dice:

La sociología del derecho es una disciplina que tiene la tarea de realizar dos clases de investigaciones conexas y complementarias; por una parte, aquellas tienen por objeto la sociedad en el derecho, es decir los comportamientos sociales conformes o no conformes con los esquemas jurídicos formales; y, por otra parte, aquellas que tienen por objeto la posición y la función del derecho en cuanto modalidad de acción social.

Por otra parte, para conceptualizar a la sociología jurídica, existen diversas ideas con enfoques clásicos, uno de los más reconocidos es el concepto del sociólogo Émile Durkheim (1893), que la define como:

Rama de la Sociología en general que tiene por objeto una variedad de fenómenos jurídicos o fenómenos de derecho. Su estudio se parte de las apariencias y de renunciar a alcanzar las esencias. Se trata de estudiar fenómenos jurídicos como el derecho; solo existe en virtud de la sociedad. Se puede admitir que los fenómenos jurídicos son, de alguna manera fenómenos sociales. Las costumbres o usos sociales cotidianos no son jurídicos.

También Max Weber (1974), desde una postura filosófica, propone el siguiente concepto:

La Sociología jurídica es la rama de la sociología que trata de describir, explicar y predecir los modos como las personas interactúan tomando como referencia positiva o negativa un conjunto de normas jurídicas. Esto es, cómo aplican o influyen en la vida social esas normas, y cómo se relacionan en la acción esas normas con otros sistemas normativos que también guían la acción humana; el estudio tiene el fin de determinar las funciones que cumplen el ordenamiento jurídico en la vida social.

Por último, mencionaré el concepto Marxista, que, junto con los sociólogos anteriormente citados, es considerado fundador de la sociología jurídica:

Sociología jurídica es el estudio científico del origen y desarrollo histórico de las instituciones jurídicas; como formas cristalizadas de regular las relaciones sociales o de clases. Buscando la

esencia o las causas económico- sociales y políticas que dan cuenta de la existencia del derecho. Estudiando las relaciones y los cambios entre Derecho y estructura social en un momento histórico determinado (Soriano, 1997).

Conforme a los conceptos anteriores, la sociología jurídica puede ser concebida como una ciencia generalizadora, que toma los conceptos subjetivos, para posicionarlos en conceptos teóricos puros, o ideales. Conviene mencionar que esta ciencia, no se enfoca en sucesos singulares, sino en conceptos generales del funcionamiento de la realidad social, su carácter y estructura.

Identificar la función de la sociología jurídica, como aquella que busca investigar la convivencia humana, y por lo tanto los distintos grupos sociales, sin que por ello se ignore que es portador de vaporaciones de justicia, libertad, seguridad, orden, que han de encarnar en el grupo social respectivo, asimismo esta disciplina analiza también un aspecto de vital importancia, que es el de las relaciones recíprocas, del derecho con los demás fenómenos sociales, es decir con la educación, la moral, la política, el arte, la economía, la religión, la cultura, el lenguaje, entre otros, la sociología jurídica estudia también las transformaciones del derecho, a efecto de explicarlas causalmente, no únicamente con el avance de los grupos sociales, propio de la historia, sino como una amplitud generalizadora, a fin de formular las leyes, que se entienden en el sentido sociológico y no natural que explican esas transformaciones.

Ahora bien, es menester remarcar la diferencia entre la sociología del derecho y la sociología jurídica, pues a pesar de ser un debate vigente entre los investigadores, remarcar su diferencia nos ayudará a encontrar la relevancia de su estudio para el funcionamiento del Estado de derecho y derivado de la confusión que puede generar al momento de distinguirlos. El autor Carbonnier (1982) es un claro ejemplo de la batalla existente entre la distinción de la sociología jurídica y la sociología del derecho, pues a lo largo de su obra *Sociología Jurídica*, busca distinguir estas expresiones, destacando que su disparidad radica en los limitantes de la sociología del derecho, siendo estos las reglas e instituciones, mientras que para la sociología jurídica se “engloba todos los fenómenos de los que en el derecho pueden ser causa, efecto u ocasión. Incluidos los fenómenos de violación, ineffectividad o desviación”, finalmente Carbonnier, nos dice que la sociología del Derecho o Sociología Jurídica a grandes rasgos se puede definir como “rama de la sociología general que tiene por objeto una variedad de fenómenos sociales”, desde luego enfatizando en los fenómenos del derecho o jurídicos. Ahora bien, esta investigación no pretende iniciar una discusión entre los términos, pues al igual que los autores mencionados en este apartado de conceptualización, mantengo la postura de utilizar como sinónimos las expresiones de sociología jurídica y sociología del derecho, en virtud de que encuentro primordial la diferencia de la sociología jurídica con la sociología general, pues la sociología general estudia todo lo relacionado a las interacciones de los individuos en diversos grupos sociales, tomando en cuenta factores como la naturaleza, territorio, cultura, medio en el que se desarrolla, entre otros, y la sociología jurídica, se especializa por enfocarse en la relación Derecho-sociedad, es decir, cómo el derecho afecta a los integrantes de la sociedad, cómo las normas regulan las relaciones sociales de éstos, cómo norman el comportamiento al determinar qué es lícito o ilícito, asimismo la relación entre las instituciones jurídicas

con los grupos sociales y por supuesto los fenómenos que la violación, ineffectividad o desviación del derecho tiene en la sociedad mexicana.

2. El Estado de Derecho

Para definir al Estado de Derecho, tendremos que repasar el término, tal como lo hace el profesor Verdú (1983), señala que éste proviene del vocablo alemán *Rechtsstaat*, esta palabra puede interpretarse como un Estado Constitucional, asimismo el termino anglosajón *Rule of Law*, cuya traducción literal es el imperio del derecho, que se entiende como la regla máxima del derecho regulador de los gobernados, similar a las expresiones anteriores, el término francés *régne de la loi* o la *limitation des gouvernants*, que se traduce en imperio de la ley, son las pruebas que enraízan a la idea del Estado de Derecho, al ámbito europeo del Derecho común.

El estado de derecho surge con un sentido liberalista, a partir de la Revolución Francesa, donde sus precursores destacables tal como lo menciona el autor Bulté (como se citó en Fernández, 2007), fueron Montesquieu, Rousseau, y Locke desde un espíritu naturalista, Rousseau, en su pensamiento, hacía referencia al poder que reside en el pueblo, pues para él, el Estado es un todo, que está conformado de distintos elementos, como lo menciona en su contrato social, en la fórmula de Estado directo, donde la soberanía pertenece al pueblo único y soberano, misma que es irrenunciable.

Por otra parte, el pensamiento de Montesquieu, determina la separación del poder, para evitar el uso arbitrario del mismo y así salvaguardar la integridad y libertades de los ciudadanos, a través de la distribución jurídica de las funciones ejecutiva, legislativa y judicial, división que para Rousseau carecía de significado, pues no se incluía la participación del pueblo como indispensable.

Locke, desde una filosofía naturalista, entiende al Estado de Derecho, en su obra *Dos Tratados sobre el Gobierno*, como un estado de naturaleza, donde los hombres conectan con su libertad, para ordenar sus acciones, posesiones y personas, dentro de los límites de la ley natural, el contrato, es necesario para establecer su consentimiento para ser parte y construir una sociedad política, y en cuanto al Estado, señaló que el poder no es un privilegio de los gobernantes, sino un atributo de la comunidad, y está condicionado a destituir a los gobernantes que no cumplan su función o abusen de su mandato (Adriano, 2022).

La definición de Estado de Derecho, ha evolucionado, como ha evolucionado la sociedad y por ende el Derecho, tras los hechos ocurridos durante la Primera Guerra Mundial, el Estado de Derecho, se convirtió a la reconducción de la voluntad del Estado exclusivamente a la voluntad de la sociedad. Los Derechos Humanos, han sido una pieza clave, para la actual construcción del Estado de Derecho, pues el respeto, y garantía de los mismos, les dan sentido a las aspiraciones de los seres humanos, que como sociedad se somete a una forma de gobierno. El maestro Lucas Verdú (1983), enfatiza seis elementos fundamentales en la construcción del Estado de derecho, la primacía de la ley, un sistema jerárquico de normas, legalidad en los actos de la administración, separación de poderes, protección y garantía de los derechos humanos y examen de la constitucionalidad de las leyes (Soriano, 1997).

La primacía de la ley, implica la sumisión de la administración a las leyes existentes, con la determinación de que la ley no puede ser modificada por un reglamento, sino que debe existir dentro de la ley una serie de requisitos rigurosos para la interpretación, reforma o derogación de las leyes; el sistema jerárquico de las normas, consiste en tener una ley suprema, la cual condiciona la existencia de otras normas de menor jerarquía; la legalidad en los actos de administración, que requiere la sujeción plena de la administración pública a la ley suprema; la separación de poderes, que es fundamental para el correcto funcionamiento del estado pues es la restricción del poder público, para evitar el abuso del poder; la protección y garantía de los Derechos Humanos, pues es obligación del Estado salvaguardar los mismos, para el desarrollo de los grupos sociales sometidos a éste; el examen de la constitucionalidad de las leyes, que requiere al Congreso de la Unión para la reforma o adiciones necesarias de la ley.

Ahora bien, en México, el Estado de Derecho, se contempla en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pues en esta se especifica, que las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella, así como los tratados que se celebren por el poder Ejecutivo, serán acorde a la misma y con la aprobación del Senado, serán Ley Suprema para la República, asimismo existe un mecanismo establecido en la Carta Magna, para que sean aprobadas por los Estados y la Ciudad de México.

De ahí provienen las implicaciones del Estado de Derecho en la vida de los ciudadanos, pues este tiene que garantizar el control del poder de manera equilibrada, con la división de poderes, haciendo cumplir no solo los derechos de los ciudadanos, sino también establecer las obligaciones, mediante lo estipulado en la Constitución, las leyes y los tratados acorde a la misma, es tan importante para un país tener un Estado de Derecho sólido, en virtud del impacto positivo que provoca en la sociedad, ya que al contar con éste, el desarrollo económico del país es positivo, así como la salvaguarda de los Derechos Humanos de los ciudadanos, conlleva a la mejora en la calidad de vida del país en general, ya que representa seguridad y estabilidad en diversos ámbitos de la vida de los ciudadanos.

En virtud de lo anterior, estamos en posición de determinar, cuál es la relación entre la sociología jurídica y el Estado de Derecho, éste al estar construido por un sistema de normas que están destinadas a regular y orientar la conducta humana no únicamente en lo individual, sino también en sus interacciones con otros individuos, esto es, su comportamiento social, su conducta y acciones dentro de una sociedad, expresados a través de la comunicación, y mediante esta interacción se legitima el Estado de Derecho, pues se logra el cometido de contribuir con la sociedad, para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, proporcionando protección y seguridad a través del combate a la pobreza, corrupción, injusticias sociales, democracia, garantizando la protección a los Derechos Humanos, por eso, desde la sociología jurídica es indispensable analizar el impacto positivo que tiene un Estado de Derecho sólido en un país.

3. El Estado de Derecho en México

Comprender el modelo de gobernanza, que representa el Estado de Derecho, implica un análisis del funcionamiento y contexto actual en el país, la crítica radica en si en nuestro país se cuenta con un Estado sólido o aún es una aspiración, pues existen factores de análisis como, la protección de la salud, el derecho a la alimentación, derecho a la educación, derecho al trabajo, entre otros, fundamentalmente, la garantía de los Derechos Humanos de los habitantes de un país, que son la pieza clave para consolidar al Estado de Derecho.

En la gobernanza de México, el Estado de Derecho es un principio al que toda la ciudadanía, el sector público y privado están sometidos, a cumplir las leyes del Estado en un sentido de legalidad e igualdad, pues así se obtiene un Estado de Derecho sano, que refleje la garantía de los derechos y libertades ciudadanas para obtener un ambiente estable de seguridad jurídica y social y desde luego, la confianza de los ciudadanos en su gobierno.

Se requiere de estudios sociológicos, para conocer a la población de un país, sus necesidades, aspiraciones y resultados positivos o negativos que provienen de las leyes del Estado, por eso las Encuestas realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, nos sirven como referencia, para conocer la situación actual del país.

Un sector indispensable para el Estado de Derecho, es la seguridad pública, para analizar este sector, la Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana que contempla el cuarto trimestre del año (INEGI, 2022b), cuyo objetivo principal orbita en medir la percepción social de la seguridad, atestiguación de conductas delictivas, conocer la percepción social sobre el desempeño gubernamental en este rubro, entre otros, arrojó resultados poco favorables para la consolidación del Estado de Derecho mexicano, pues su población, percibe como inseguro a su país, en diversos ámbitos cotidianos de su vida, por ejemplo al utilizar transporte público, acudir a un banco, índices de delincuencia, robos, asaltos, vandalismo por mencionar algunos.

Otro ejemplo fundamental para analizar si existe un Estado de Derecho en México, es la difusión y garantía de los Derechos Humanos, para eso existe el Censo Nacional de Derechos Humanos Estatal y Federal, del año (INEGI, 2022a), donde se presentaron resultados generales que reflejan el trabajo realizado por la CNDH y los OPDH, donde el fortalecimiento de la cultura de los derechos humanos aumentó alrededor de un 23.2 %, los servicios de atención inmediata incrementaron alrededor del 131.3 %, los expedientes concluidos aumentaron un 16 %, las medidas y acciones para la protección y defensa de los derechos humanos aumentó un 4.7 %, entre otros apartados que fueron analizados en la encuesta en cuestión, denotan un incremento variable y no sólido de la garantía de protección y no violación de los Derechos Humanos, que sin duda repercute en la consolidación del Estado de Derecho en nuestro país.

Un pilar imprescindible del Estado de Derecho, es la calidad del gobierno, de ahí que, la Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental del año (INEGI, 2021), nos alumbra para conocer cómo es percibido el gobierno, por los ciudadanos, pues recaba la información necesaria para medir la calidad de trámites y servicios públicos, específicamente en el ámbito de corrupción, donde el 83 % de la población considera que es frecuente la corrupción en las instituciones de gobierno, y en cuestión de

confianza en los gobiernos estatales, solo un 45.1 % de la población confía en su gobierno, los resultados de este estudio nos demuestran nuevamente que los ciudadanos no se encuentran conformes con el gobierno al que están sometidos, pues no confían en el mismo, los niveles de corrupción son elevados y por tanto el Estado de Derecho no se ve completado.

Ahora bien, a nivel global, ¿cómo es percibido el Estado de Derecho Mexicano?, el Índice de Estado de Derecho en México 2021-2022, realizado por la organización World Justice Project (2022), realizó un análisis en los siguientes factores que nos indican si se completa el Estado de Derecho: Límites al poder gubernamental, que mide si en la práctica los pesos y contrapesos institucionales limitan el accionar de quienes gobiernan; la ausencia de corrupción, que es estudiada desde el uso del poder público para obtener un beneficio privado; gobierno abierto, que calcula si el gobierno comparte o no información para que las personas exijan rendición de cuentas además de fomentar la participación ciudadana; Derechos fundamentales, este factor cuantifica si la protección a los Derechos Humanos es efectiva, con la premisa de que un Estado de Derecho, sólo puede existir si se garantizan efectivamente los Derechos Humanos; orden y seguridad, factor que mide si el Estado es efectivo para garantizar la seguridad de las personas y de sus propiedades; cumplimiento regulatorio, que evalúa si las normas se aplican de manera efectiva; justicia civil, que determina si las personas tienen acceso a la justicia de manera pacífica y efectiva a través del sistema de justicia civil; justicia penal, que valora si el sistema de justicia penal es efectivo y de calidad. Bien señala Engels (2014) en su *Anti Dühring* (Lozano, 2000), todos los países tienen sus doctrinas, sin embargo, tengamos en cuenta su comentario, en cuanto a la importancia de conocer las inconsistencias en la doctrina de los países, pues nos guía a realizar una crítica del mismo.

Todos estos factores son necesarios para determinar si se cumple con las condiciones necesarias del Estado de Derecho, desafortunadamente, tras los estudios, encuestas y análisis practicados por la organización mencionada, México no obtuvo los resultados de máxima adhesión al Estado de derecho, pues en ningún estado de la república se obtuvo una calificación suficiente para consolidar el Estado de Derecho.

4. Comentarios finales

La sociología jurídica, busca explicar y describir la interacción de los individuos en sociedad, ante la presencia de las leyes de un Estado, se encarga de entender el origen, aplicación, efectividad, necesidades, reformas y cambios sociales relacionados con el derecho y los grupos sociales, es tanta la necesidad del conocimiento de la sociología jurídica, para poder entender a la sociedad que busca consolidar un Estado de Derecho, pues éste es la aspiración de todo país en aras de desarrollo, tener una gobernanza saludable, que garantice el fomento y protección de los Derechos Humanos de la ciudadanía, para desde la sociología jurídica desarrollar el nacimiento de nuevas leyes o reformas a las ya existentes, y lograr el cometido de la sociedad.

El estado de derecho, es sin duda un proyecto a largo plazo en México, sigue siendo una aspiración, para la que se necesitan estudios profundos del cumplimiento de todos los factores que lo componen, de la mano con la sociología jurídica, se puede alcanzar esa máxima, a fin de garantizar una favorable calidad de vida, para el desarrollo no solo de los individuos, sino de la sociedad como un todo.

Referencias

- Adriano, A., Hernández, M. y Pérez, R. (2022).** *Apuntes de Teoría Política*. Tirant lo Blanch.
- Carbonnier, J. (1982).** *Sociología Jurídica*. Tecnos.
- Correas, O. (1993).** La sociología jurídica: Un ensayo de definición. *Crítica Jurídica: Revista latinoamericana de política, filosofía y derecho*, (12), 23-53.
<https://tinyurl.com/nhtbas2s>
- Durkheim, E. (1893).** *Las reglas del método sociológico*. (A. Leal, Trad.). La Pléyade.
- Engels, F. (2014).** *Anti-Dühring*. (G. d. Engels, Trad.). Fundación Federico Engels.
- Fernández, J. (2007).** *Filosofía del Derecho*. Empresa Editorial Poligráfica Félix Valera.
- García-Máynez, E. (2021).** *Introducción al estudio del derecho*. Porrúa.
- Giddens, A. (2000).** *Sociología*. (T. Albera, J. Alborés, A. Balbás, J. Olmeda, J. Pérez Alvajar y M. Requema, Trads.). Alianza Editorial.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021).** *Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/encig/2021/>
- INEGI. (2022a).** *Censo Nacional de Derechos Humanos Estatal 2022*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/cndhe/2022/>
- INEGI. (2022).** *Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU)*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/ensu/>
- Lozano, C. (2000).** *Guía de estudio de Sociología Jurídica*. Angel Editor.
- Lucas, P. (1983).** Estado de derecho y justicia constitucional, Aspectos históricos, ideológicos y normativo- institucionales de su interrelación. *Revista de Estudios Políticos*, 7-48.
- Soriano, R. (1997).** *Sociología del Derecho*. Ariel, S. A.
- Treves, R. (1993).** A la búsqueda de una definición de la Sociología del Derecho. *Crítica Jurídica: Revista latinoamericana de política, filosofía y derecho*, (12), 109-119.
<https://tinyurl.com/bdhs4hfw>
- Weber, M. (1974).** *Economía y Sociedad*. (Medina Echeverría, Trad.). Fondo de Cultura Económica.
- World Justice Project. (2022).** *Índice de Estado de Derecho en México 2021-2022*.
<https://worldjusticeproject.mx/indice-de-estado-de-derecho-en-mexico-2021-2022/>

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3025>

Disponibilidad del agua: caudales, percepción y opinión en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México

Water availability: flows, perception and opinion in the Pixquiac river micro-basin, Veracruz, Mexico

Sergio López Olvera ^a | Socorro Menchaca Dávila ^b
Rabindranarth Romero López ^c

Recibido: 31 de enero de 2024.

Aceptado: 15 de abril de 2024.

^a Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social-Golfo (CIESAS-Golfo). Xalapa, México. Contacto: lopezolverasergio@gmail.com | ORCID: [0009-0003-8793-7639](https://orcid.org/0009-0003-8793-7639)

^b Observatorio del Agua para el Estado de Veracruz (OABCC), Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: socorro.menchaca@gmail.com | ORCID: [0000-0002-4471-9602](https://orcid.org/0000-0002-4471-9602)

^c Observatorio Nacional del Posgrado (ONAPO), Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: rabromero@uv.mx | ORCID: [0000-0001-8704-9744](https://orcid.org/0000-0001-8704-9744)

Cómo citar:

López-Olvera, S., Menchaca-Dávila, S. y Romero-López, R. (2024). Disponibilidad del agua: caudales, percepción y opinión en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. *UVserva*, (17), 266-287. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3025>

Resumen: Diversas investigaciones plantean la escasez de agua como un problema complejo y multifactorial. En este proyecto se analiza la disponibilidad del agua para el uso doméstico en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. Se analizaron aforos mensuales en tres presas en la microcuenca y se midió la percepción y opinión de los usuarios del agua respecto a su disponibilidad. Se observó que a pesar de que el volumen extraído para usos antrópicos en las presas no ha variado, el agua que escurre en los ríos ha disminuido, alcanzando niveles críticos durante el estiaje. La mayoría de los usuarios perciben escasez desde hace al menos una década, principalmente durante abril y mayo e identifican como principales causas la deforestación y el crecimiento poblacional, seguidas por el cambio climático y opinan que la escasez y sus afectaciones empeorarán en el futuro cercano. Los resultados sugieren que la disminución en la disponibilidad se debe principalmente a una menor precipitación en las zonas media y alta de la microcuenca y una creciente demanda del recurso en la zona baja.

Palabras clave: Escasez; caudales; comunidad; gobernanza; cambio climático.

Abstract: *Various studies present water scarcity as a complex and multifactorial problem. This project analyzes water availability for domestic use in the Pixquiac river micro-basin in Veracruz. Monthly flow measurements at three dams in the micro-basin were analyzed, and the water users' perception and opinion regarding its availability were measured. It was observed that although the water flowing in the rivers has decreased, reaching critical levels during the dry season, the volume extracted from the dams to supply the city of Xalapa has not varied. Most users have perceived scarcity for at least a decade, mainly during April and May, and identify deforestation and population growth as the main causes, followed by climate change. They believe that the scarcity and its impacts will worsen soon. The results suggest that the decrease in availability is mainly due to reduced precipitation in the middle and upper areas of the micro-basin and a growing demand for the resource in the lower area.*

Keywords: *Scarcity; Flows; Community; Governance; Climate Change.*

Introducción

La crisis mundial del agua, agravada por el cambio climático, el crecimiento de la población y el uso indiscriminado del agua, se manifiesta de manera crítica en regiones como India y Sudáfrica, donde la escasez de agua es una preocupación apremiante (du Plessis, 2017) igual que en otras regiones del mundo.

La complejidad de esta situación se intensifica debido factores socioeconómicos como el desajuste entre la oferta y la demanda de agua, el deterioro de la infraestructura y la contaminación (Chakkaravarthy, 2019; Khilchevskiy et al., 2020; Madani et al., 2016; Padder y Bashir, 2023).

Esta problemática se ha abordado desde diversos enfoques. Algunos autores abogan por una evaluación mundial de estrategias para reducir el estrés hídrico (Wada et al., 2014), mientras que otros destacan la relevancia de la desalinización y reutilización del

agua como alternativas ante la escasez (Gude, 2017). Por su parte, Boelens *et al.* (2018) resalta la necesidad de justicia hídrica, especialmente frente al cambio climático para reducir las desigualdades. Shandas *et al.* (2015) subrayan la importancia de coordinar el ordenamiento territorial y la gestión del agua, especialmente en el ámbito urbano. Tanto Othman *et al.* (2015) como Khilchevskiy *et al.* (2020) enfatizan la necesidad de un enfoque sistémico de los problemas de los recursos hídricos, tomando en cuenta fuentes alternativas. Padder y Bashir (2023) ofrecen un conjunto de posibles soluciones, desde la conservación del agua hasta la cooperación internacional. Finalmente, Bei *et al.* (2019) proponen soluciones prácticas para los problemas de suministro de agua en China, destacando el trasvase de agua y procesos avanzados de tratamiento.

La distribución desigual del agua a nivel mundial contribuye a la escasez (Khilchevskiy *et al.*, 2020; Tundisi *et al.*, 2015). Ante estos retos, se enfatiza la necesidad de implementar una combinación de medidas, que incluya el desarrollo de fuentes de agua alternativas como la captación pluvial y la reutilización de aguas residuales, mejoras en la eficiencia del uso del agua y cambios en la gestión y planificación del agua (Gleick y Cooley, 2021). En consecuencia, abordar la crisis global del agua requiere tanto de acciones a nivel local como de estrategias y políticas a escala mundial para garantizar una gestión sostenible de este recurso y un acceso universal.

En el contexto de México, la disponibilidad de agua enfrenta complejidades influenciadas por la degradación en los ecosistemas conexos al agua, el cambio climático, la urbanización, deficiencias de gestión y de gobernanza, entre otros. Las proyecciones indican que, debido al cambio climático, la disponibilidad de agua se podría reducir del 10 % al 17 % para 2050, siendo particularmente vulnerables las regiones del norte y centro del país (Herrera-Pantoja y Hiscock, 2015; Martínez *et al.*, 2015; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2022). El suministro desigual, con un considerable 77 % utilizado en la agricultura, agrava esta situación (Oswald, 2014), generando controversias en las políticas públicas y reformas legales (Otazo-Sánchez *et al.*, 2020). Se cuestiona la eficacia del enfoque centrado en infraestructura, y se propone la gestión integrada del agua como paradigma (Oswald, 2014).

La microcuenca del río Pixquiac enfrenta una compleja problemática de disponibilidad de agua, influenciada tanto por factores naturales como la disminución de la precipitación y la erosión, como por factores antrópicos incluyendo el cambio climático, la intensificación agrícola, y el aumento de la demanda de agua para uso humano e industrial. Este escenario se traduce en una variación importante en los caudales de los ríos, especialmente durante la temporada de estiaje, con reducciones drásticas en estos, lo cual es percibido por la comunidad local como una disminución notable del recurso hídrico. Esto no solo afecta la cantidad de agua disponible para los usos antrópicos, sino también para los servicios ecosistémicos en la región (Menchaca *et al.*, 2022; Menchaca y Ulloa, 2021; Menchaca y Zapata, 2021).

Es fundamental reconocer que las percepciones y opiniones individuales juegan un papel crucial en la investigación de los problemas ambientales. La teoría sobre la percepción de Gibson, establece que ésta se moldea por la información que se recibe del entorno, más que por sensaciones internas del observador (Bravo *et al.*, 2019). En este sentido, la operatividad del sistema perceptivo se alinea directamente con los

estímulos ambientales (Bravo *et al.*, 2019), por lo que la preocupación de la población por los problemas ambientales deriva de su sentido de conexión con la naturaleza (Schultz *et al.*, 2004). Por lo tanto, da Silva *et al.* (2020), Elwell *et al.* (2018) y Freitas *et al.* (2014) resaltan la relevancia de la percepción local para entender los cambios en el ambiente, orientar las acciones de gestión adecuadas y promover comportamientos favorables al medio ambiente.

Por otra parte, la opinión pública, particularmente en el ámbito de los problemas ambientales, desempeña un rol esencial tanto en la esfera académica como política, según destacan Tábara y Pardos (2006). Desde el análisis académico, ayuda a entender cómo la sociedad interpreta y se enfrenta a estos problemas, identificando causas y diferencias entre grupos sociales. Políticamente, influye en decisiones cruciales para la mejora ambiental y la sustentabilidad. Estudiar la opinión, como señala (Árias, 2007), es vital para analizar tendencias sociales y promover cambios en las prácticas relacionadas al medio ambiente.

El propósito de este artículo es analizar la problemática de la disminución en la disponibilidad de agua en cantidad para uso doméstico en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz mediante el análisis de los caudales natural, antrópico (extraído para abastecer a la ciudad de Xalapa) y ecológico y las percepciones y opiniones de los usuarios domésticos.

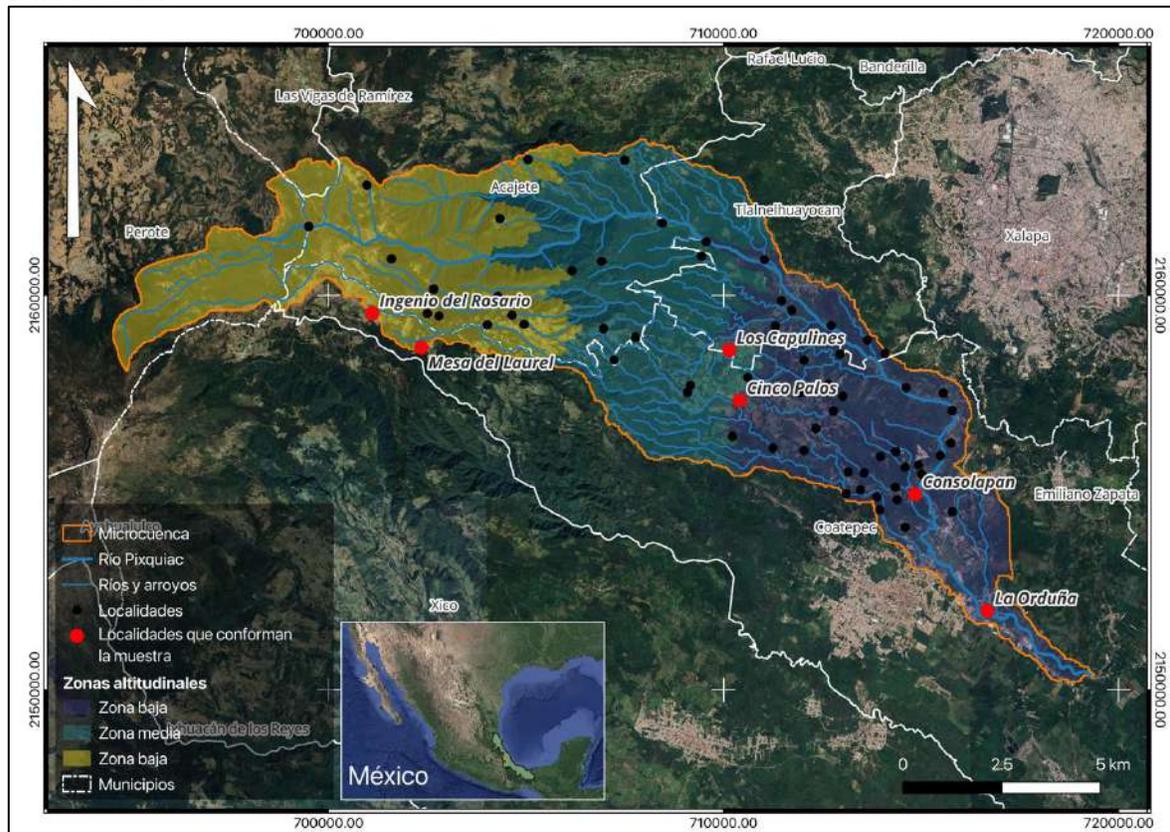
1. Metodología

1.1. Zona de estudio

La microcuenca del río Pixquiac se encuentra en Veracruz, México, nace en la vertiente nororiental del sistema montañoso volcánico Cofre de Perote a 3,760 metros sobre el nivel del mar y se une con el río Sordo a 1,030 m. Está ubicada entre las coordenadas 19°33'35" y 19°26'05" latitud Norte y 96°54'39" y 97°08'45" de longitud oeste. Tiene 24 ríos perennes y 188 arroyos intermitentes, siendo los principales tributarios los ríos Pixquiac, Huichila, Agüita Fría, Socoyolapan y Atopa.

Esta microcuenca consta de 79 localidades rurales distribuidas en cinco municipios: 23 en Acajete, 44 en Coatepec y 12 en Tlalnelhuayocan. Limita al noreste con Xalapa, ciudad que obtiene el 40 % de su agua de uso público urbano de esta zona. El uso del suelo en el área se divide en 2,405 ha de uso agrícola, 2,576.4 ha de pastizales, 4,955 ha de bosque y 75.6 ha de suelo urbano construido (**Figura 1**).

Figura 1
 Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico Integrado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2023) y el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (INEGI, 2024).

1.2. Variables e indicadores

A continuación se presentan la variable de interés en este estudio, su definición conceptual y los indicadores utilizados para su operacionalización. Esta variable permite una comprensión profunda de las interacciones entre el suministro natural del agua y su uso doméstico.

Además, se considerará la percepción y opinión de los usuarios del agua, lo que permite una evaluación integral y contextual de la problemática. Este enfoque interdisciplinario es vital para comprender la compleja dinámica de la disponibilidad del agua y sus implicaciones en el entorno social económico y ecológico (**Tabla 1**). Se señala, que no se incluyeron características de biodiversidad de la zona de estudio porque no se cuenta con información actualizada.

Tabla 1
Variables e indicadores

Variable	Definición	Indicadores
Disponibilidad del agua en cantidad	La disponibilidad del recurso hídrico es la interacción entre el suministro biofísico de agua y los usos consuntivos. Resultando en flujos superficiales y subsuperficiales accesibles (Brauman, 2015).	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal natural (m³/s) • Caudal ecológico (m³/s) • Caudal antrópico (m³/s) • Significado de la palabra agua • Percepción: escasez de agua, meses, duración. • Opinión: causas de disminución de la disponibilidad del agua; afectaciones de la disminución de agua; y si continuará disminuyendo el recurso natural; y los problemas que se podrían derivar de dicha disminución.

Fuente: Elaboración propia.

1.3. Selección de la muestra

Para seleccionar la población de seis localidades ubicadas en la microcuenca del río Pixquiac, se emplearon tres criterios:

- La zona altitudinal, para lo cual se dividió la microcuenca en tres partes según su altitud.
- El tamaño de la población.
- La cercanía a los ríos y arroyos de las tres zonas altitudinales del área de estudio.

El tamaño de la muestra se obtuvo a partir del tamaño de la población de las seis localidades según el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020), considerando un nivel de confianza del 90 %, una proporción esperada de 50 % y un margen de error del 8 %. Para esto se empleó la ecuación para poblaciones finitas (Ecuación 1).

Ecuación 1

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

Donde:

n = tamaño de muestra

N = tamaño del universo

Z = nivel de confianza

e = margen de error

p = probabilidad de éxito o proporción esperada

Posteriormente, el número de cuestionarios se dividió entre las seis localidades elegidas de acuerdo al tamaño de sus poblaciones (**Tabla 2**).

Tabla 2
Muestra

Zona de la microcuenca	Localidad	Población (habitantes)	Número de cuestionarios
Baja	La Orduña	1740	64
	Consolapan	482	16
Media	Cinco Palos	929	32
	Los Capulines	216	8
Alta	Ingenio del Rosario	236	9
	Mesa del Laurel	121	3
Total			132

Fuente: Elaboración propia.

1.4. Instrumento

Se diseñó un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas, compuesto de 3 partes. La primera de ellas aborda características generales y socioeconómicas de la población; la segunda el acceso al agua; y la tercera parte evalúa la percepción y opinión de la población respecto a la disponibilidad del agua en cantidad.

1.5. Procedimiento metodológico y estadístico

Figura 2
Diagrama metodológico



Fuente: Elaboración propia.

1.5.1. Análisis de los caudales en las presas de la microcuenca

Se importaron a la interfaz de desarrollo *Rstudio* (Posit team, 2023) de la base de datos del Observatorio del Agua Bosques y Cuencas para el Estado de Veracruz con información sobre los caudales naturales, antrópicos y ecológicos aforados mensualmente en las presas Cinco Palos, Medio Pixquiatic y Socoyolapan por la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (CMAS), donde se analizaron con el lenguaje de programación *R* (R Core Team, 2023) para identificar las variaciones de

dichos caudales a través del tiempo. El periodo de tiempo para este análisis comprende de enero de 2018 a octubre de 2020, que a través del Instituto Veracruzano de Acceso a la Información se obtuvo mediante la solicitud correspondiente (**Figura 2**).

1.5.2 Análisis de las percepciones y opiniones de los usuarios domésticos

Se diseñó y aplicó el cuestionario a la población que vive próxima a cuerpos de agua como ríos y arroyos en el contexto de la microcuenca del río Pixquiac.

Se codificó la información en una hoja de cálculo y posteriormente se importaron a RStudio (Posit team, 2023) para realizar un análisis utilizando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2023).

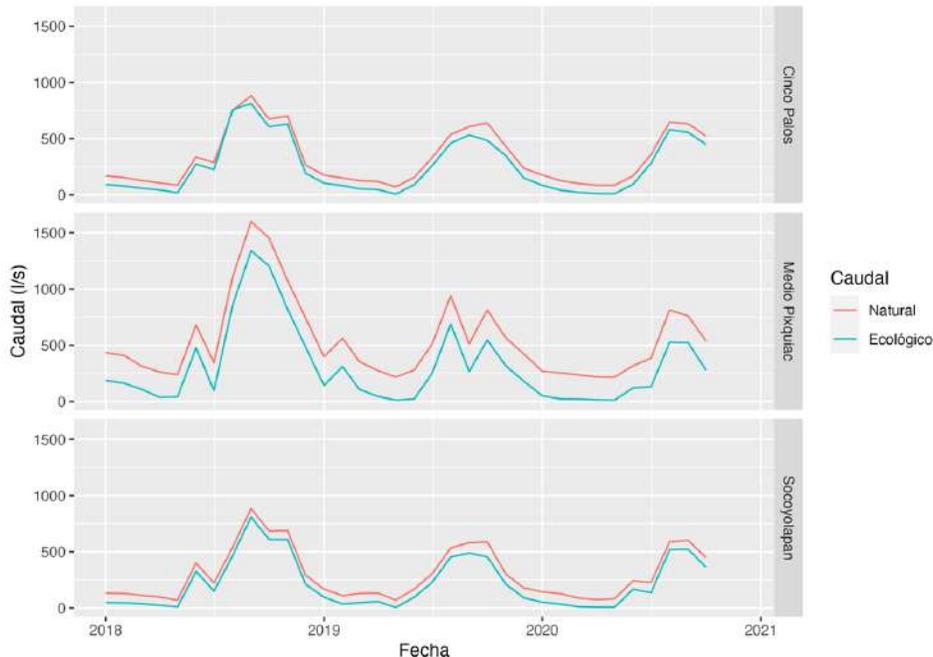
2. Resultados y discusión

2.1. Cuantitativos

2.1.1. Caudal natural y caudal ecológico

A continuación se muestran los aforos mensuales medios de los caudales naturales y antrópicos de las presas Cinco Palos, Medio Pixquiac y Socoyolapan, que se encuentran dentro de la microcuenca y sirven como fuente de abastecimiento para la ciudad de Xalapa (**Figura 3**).

Figura 3
 Caudales natural y ecológico en tres presas de la microcuenca



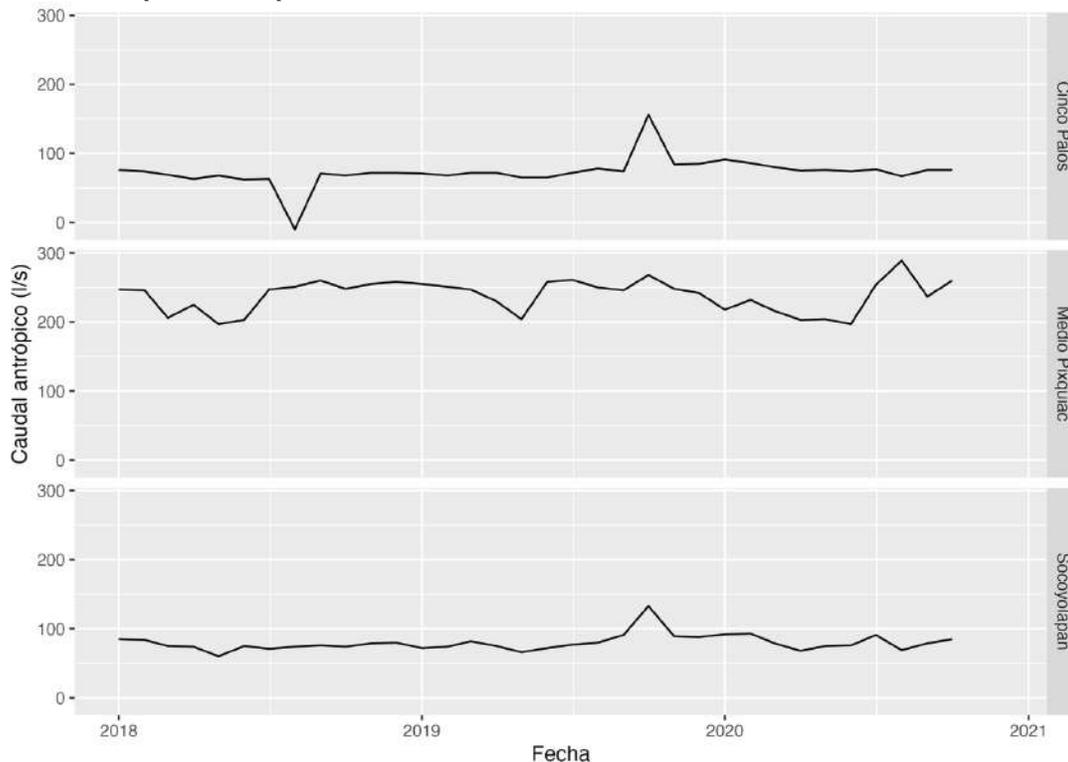
Fuente: Elaboración propia.

Los caudales natural y ecológico siguen comportamientos estacionales similares, lo que sugiere una variabilidad natural. Las notables disminuciones en los caudales son consistentes en todos los sitios, mostrando un caudal ecológico que se aproxima a 0 l/s durante los meses de estiaje.

2.1.2. Caudal antrópico

La siguiente figura (**Figura 4**) muestra el comportamiento del volumen extraído por CMAS Xalapa en tres fuentes de abastecimiento de la microcuenca del río Pixquiac.

Figura 4
Caudal antrópico en tres presas de la microcuenca



Fuente: Elaboración propia.

Los caudales antrópicos, extraídos para abastecer a la ciudad de Xalapa, se mantiene relativamente constante, lo que muestra que incluso cuando los caudales naturales disminuyen por las sequías, la Comisión de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa no disminuye el caudal antrópico, dejando a los ríos sin agua durante los puntos más críticos de los meses de estiaje.

2.2. Cualitativos (cuestionario)

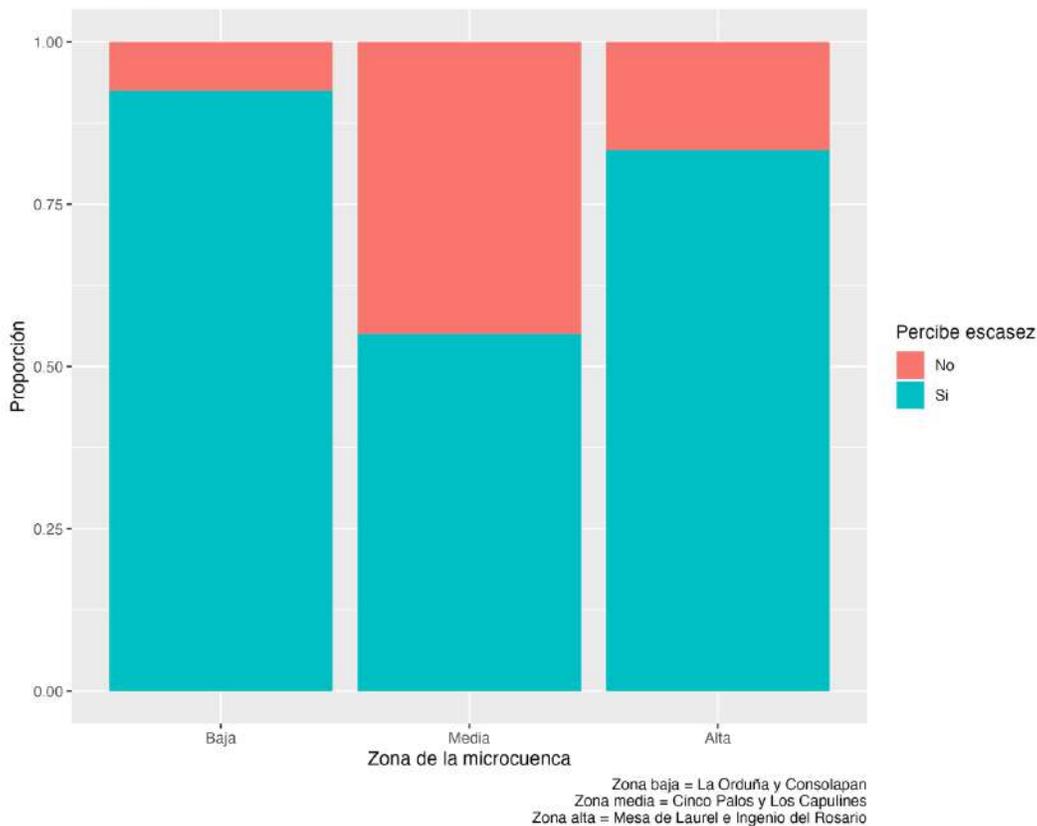
2.2.1. Características socioeconómicas de la muestra

La muestra presenta una distribución etaria con una edad promedio de 48 años y una desviación estándar de 18.4, indicando una variabilidad amplia en las edades de los participantes. En cuanto a la composición por sexo, la mayoría de la muestra está constituida por mujeres, representando el 69 %, mientras que los hombres conforman el 31 %. La escolaridad predominante varía según la zona altitudinal: en la zona baja la educación secundaria completa es la que prevalece; mientras que, en las zonas media y alta, la mayoría de los individuos ha completado la educación primaria. Respecto a los ingresos económicos, el rango predominante es de \$2,500.00 pesos (MXN) mensuales a lo largo de las diferentes zonas altitudinales.

2.2.2. Percepción de escasez de agua

El 80.3 % de los usuarios domésticos de la población percibe escasez de agua en su localidad. Se observa que dicho problema es percibido por el 83.3 % en la parte alta, el 55 % en la parte media y el 92.5 % en la parte baja del área de estudio (**Figura 5**).

Figura 5
 Usuarios que perciben escasez



Fuente: Elaboración propia.

En la zona media de la microcuenca del río Pixquiatic, la población percibe menos escasez de agua; no obstante en las zonas media y baja la mayoría de los habitantes la perciben. Esto podría deberse a que en la zona media la precipitación es mayor que en las demás zonas y han desarrollado estrategias de gestión comunitaria del agua; mientras que en la zona alta hay una menor precipitación y las fuentes de abastecimiento se encuentran en predios particulares con acceso restringido, lo que condiciona el acceso de los usuarios al recurso; por otra parte, en la zona baja, los usuarios del agua en la localidad La Orduña dicen sufrir continuas suspensiones en el servicio de abastecimiento prestado por la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Coatepec.

2.2.3. Mes en que se percibe más escasez

Al indicar el mes en que se percibe mayor escasez de agua en sus localidades, los usuarios domésticos mencionaron al mes de mayo con mayor frecuencia, seguido por el mes de abril, lo que coincide con el periodo de estiaje. No obstante, también en las respuestas se destaca que el 10.4 % de la población percibe escasez durante todo el año (Tabla 3).

Tabla 3
 Mes con mayor escasez percibida
 por los usuarios domésticos

Mes	Porcentaje
Marzo	10.4 %
Abril	39.6 %
Mayo	81.1 %
Junio	14.1 %
Julio	1.9 %
Todo el año	10.4 %
No respondió	4.7 %

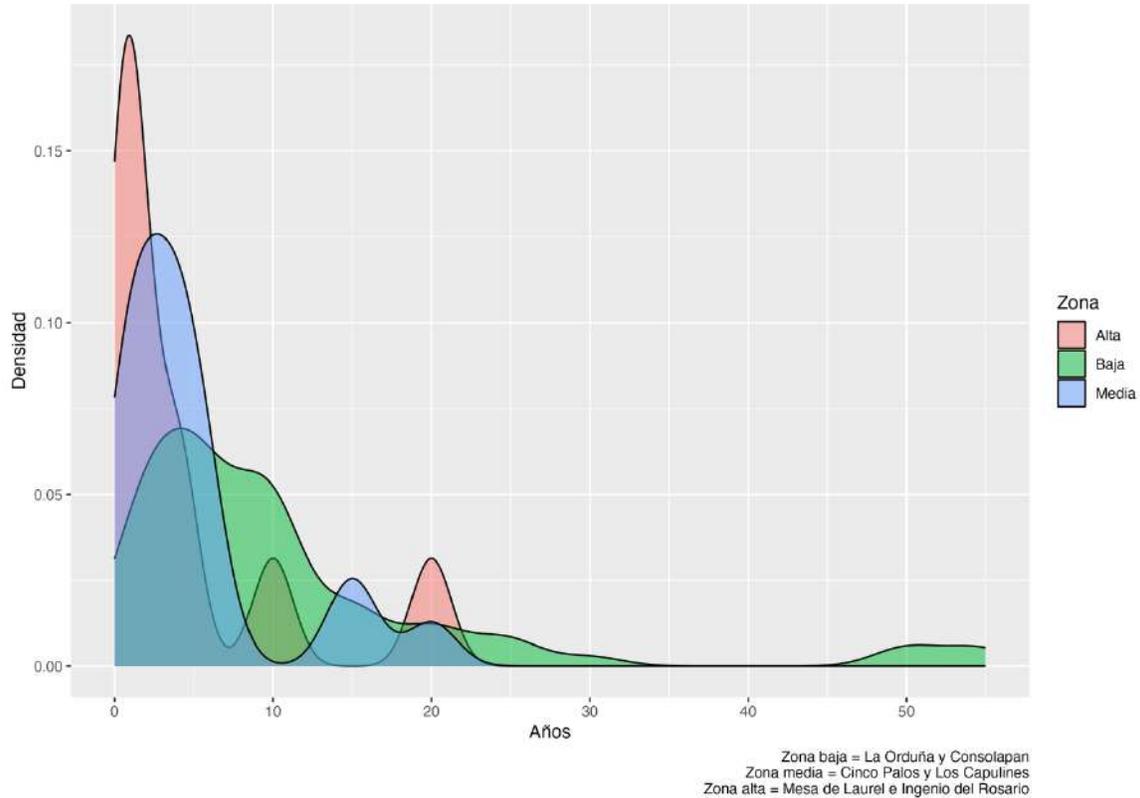
Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la escasez permanente de agua, se señala que en la localidad de La Orduña, ubicada en la zona baja de la microcuenca, la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento de Coatepec, suspende el servicio periódicamente durante todo el año (tandeos) e incluso cuando este se reanuda, el flujo es insuficiente en algunas áreas de la localidad.

2.2.4. Tiempo durante el que se ha percibido escasez

El tiempo durante en el que los usuarios domésticos de la microcuenca del río Pixquiac, han percibido escasez del recurso hídrico en promedio es desde hace nueve años aproximadamente; sin embargo, esto varía según las distintas zonas de la microcuenca, debido a que en la baja se ha notado desde hace once años, en la media cinco y en la alta cuatro años (**Figura 6**).

Figura 6
 Tiempo percibiendo escasez



Fuente: Elaboración propia.

Los usuarios de la zona baja son los que han percibido escasez de agua en sus localidades por más tiempo, ya que han experimentado cambios significativos en la gestión del agua en sus colonias, ya que por ejemplo, las familias de La Orduña han vivido el cambio del modelo de gestión comunitaria al de un organismo operador municipal; la concesión del recurso hídrico de la región con las industrias de Coca Cola y Nestlé, disminuye significativamente la disponibilidad del agua para usos humanos en cantidad y calidad; y un proceso de cambio de uso de suelo y urbanización en su propia localidad y en localidades vecinas como Campo Viejo.

2.2.5. Opinión sobre las causas de la disminución de la disponibilidad del agua en cantidad

Las opiniones sobre las causas de disminución de la disponibilidad del agua en cantidad en las localidades de interés en la microcuenca son diversas, y corresponden a múltiples factores. Las más frecuentemente mencionadas por los usuarios son deforestación y crecimiento de la población, seguidas de cambio climático en segundo lugar e inadecuada gestión del recurso en tercero (**Tabla 4**).

Tabla 4
Causas de disminución de cantidad de agua percibidas por los usuarios domésticos

Causa	Porcentaje
Deforestación	29.2 %
Crecimiento de la población	29.2 %
Cambio climático	17.9 %
Mala gestión	14.1 %
Contaminación	11.3 %
Desviación del caudal	3.8 %
Desperdicio	3.8%
Industria	3.8 %
Cambio de uso de suelo	2.8 %
Agricultura	0.9%
Incendios	0.9 %
Planta purificadora	0.9 %
Maldad de las personas	0.9 %

Fuente: Elaboración propia.

El crecimiento de la población y la deforestación de los bosques (eventos que pueden ser correlativos) fueron identificados como las principales causas de la disminución de la cantidad de agua disponible, por usuarios de las tres zonas estudiadas.

Estas opiniones son semejantes a las que emiten los habitantes de las localidades de Rancho Viejo, Seis de Enero y Consolapan de la misma microcuenca, quienes identifican como principales factores que influyen en la disminución de lluvias, al aumento en la demanda de agua, los resumideros y el desvío del cauce del río (Menchaca y Zapata, 2021). Es importante señalar que, las personas encuestadas habitan cerca de las fuentes de agua y los ecosistemas conexos a dichas fuentes, siendo testigos de los procesos de

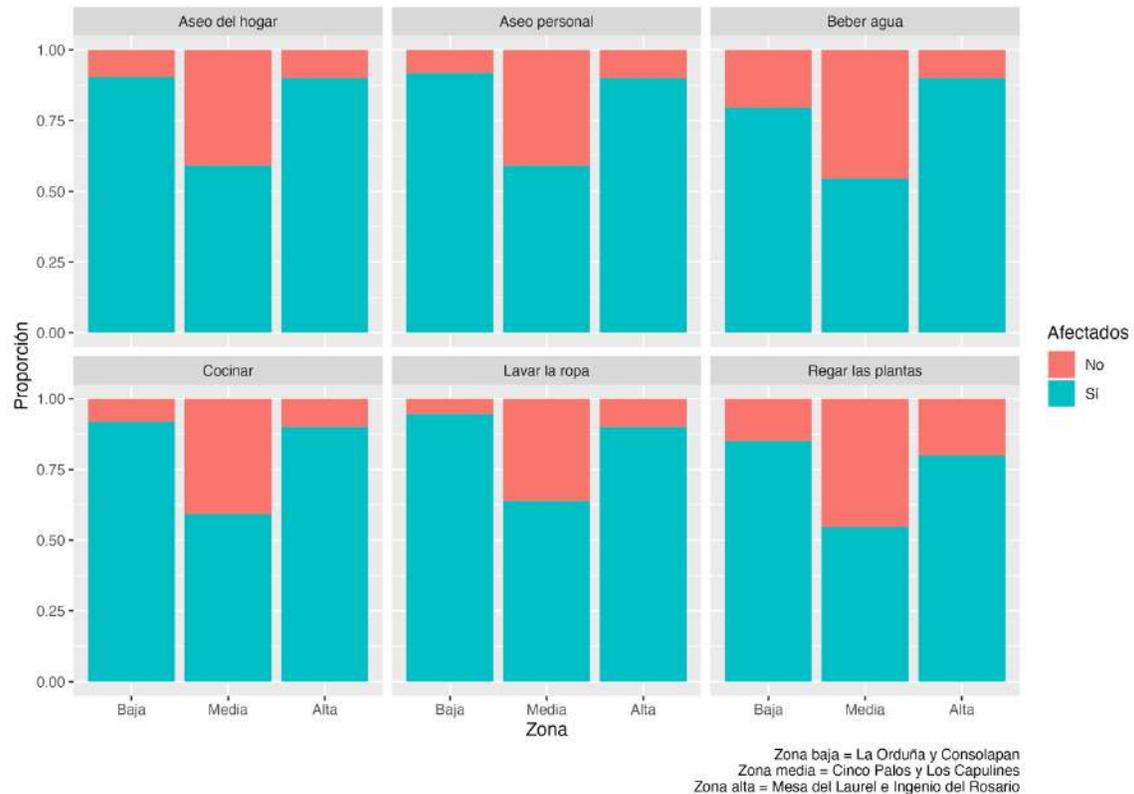
tala lícita o ilícita que modifican las funciones del sistema hidrológico, entre otros factores antrópicos.

Por otra parte, la inadecuada gestión del recurso fue mencionada principalmente en la localidad de La Orduña, la única que recibe el servicio de suministro de agua potable de CMAS Coatepec.

2.2.6. Afectaciones percibidas a causa de la disminución de agua en cantidad

La disminución de la disponibilidad de agua en cantidad, afecta a los usuarios domésticos en distintas actividades, en mayor o menor proporción, según la zona en la que habitan y sus condiciones socioeconómicas. El aseo del hogar, el aseo personal, cocinar y lavar la ropa son las afectaciones más comunes. Además, se observa que los usuarios que perciben escasez en la zona media se ven menos afectados que los habitantes de las otras áreas territoriales de estudio (**Figura 7**).

Figura 7
 Afectaciones a los usuarios por la escasez



Fuente: Elaboración propia.

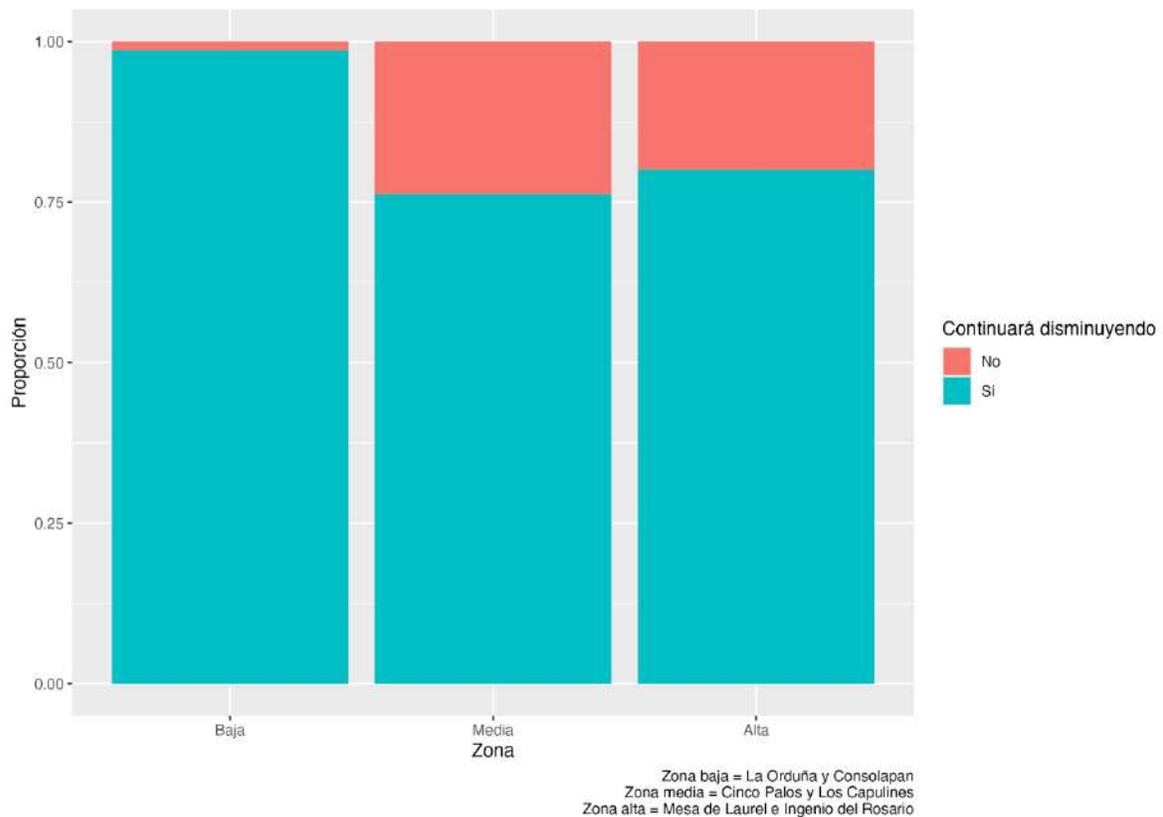
La mayoría de los usuarios que perciben escasez en las zonas alta y baja se ven afectados en todos los usos domésticos del agua. Es importante destacar que, este problema incluso impacta su capacidad para satisfacer las necesidades humanas básicas, ya que los habitantes manifiestan que les falta agua para todos los usos domésticos, es decir para la cocina, baño, lavado de ropa, entre otros.

Lo anterior, impacta indirectamente en otros aspectos de sus vidas, ya que tienen gastos relacionados con la compra de agua embotellada, y se ven obligados a disminuir su economía familiar en cuanto al consumo de otros bienes y servicios.

2.2.7. Opinión sobre si la disponibilidad del agua en cantidad continuará disminuyendo

El 98.5 % de los usuarios de la zona baja, perciben escasez de agua y opinan que la cantidad disponible del recurso seguirá disminuyendo en el futuro. Lo mismo ocurre con el 76.2 % en la zona media y el 80 % en la alta (Figura 8).

Figura 8
Opinión de usuarios sobre disminución de la disponibilidad del agua



Fuente: Elaboración propia.

Los usuarios domésticos de la microcuenca del río Pixquiac, opinan que las afectaciones que sufren por la baja disponibilidad de agua en cantidad durante los meses de estiaje y los impactos relacionados con la salud y economía de sus familias empeorarán con el tiempo, principalmente en la zona altitudinal baja.

las presas Socoyolapan, Medio Pixquiac y Cinco Palos, no puede atribuirse simplemente al aumento en la demanda doméstica. Más bien, se puede considerar que el impacto y afectaciones se pueden relacionar con otros usos como es el agrícola, pecuario, acuacultura o industrial, factores de degradación antrópica del ecosistema y climáticos que se pueden relacionar también a las actividades humanas.

De acuerdo con Menchaca y Ulloa (2021), se observó una situación similar en tres puntos del río Pixquiac, en los que se midieron caudales de 42 l/s, 6 l/s y 0 l/s en diferentes puntos del río durante el mes de abril. Mientras que en el manantial Ojo de Agua, cuerpo natural que se encuentra en la zona de estudio, de acuerdo con Menchaca *et al.* (2022), tras la extracción para usos antrópicos, el caudal ecológico disponible para mantener la salud del ecosistema, sus funciones y servicios tiende a 0 l/s en temporada de estiaje. Esta situación impacta tanto el recurso hídrico para el uso humano, como al caudal ecológico, que es esencial para el sostenimiento de los ecosistemas, lo que indica un problema más amplio que trasciende las necesidades humanas inmediatas y afecta la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Este panorama complejo se refleja en la percepción de escasez de agua entre los usuarios. Esta escasez es percibida con mayor intensidad en ciertos meses, evidenciando una marcada variabilidad estacional y resaltando la necesidad de una gestión integral y adaptativa del recurso hídrico (Pedrozo, 2022). Además, se observa una variabilidad significativa en la percepción sobre el estado del agua entre diferentes zonas de las cuencas y microcuencas, lo que pone de manifiesto la importancia de incorporar las percepciones ambientales en la gestión de los recursos hídricos (Aguirre *et al.*, 2017; Elenes *et al.*, 2023).

En la microcuenca del río Pixquiac, la percepción del problema de escasez de agua presenta variaciones notables entre las distintas zonas altitudinales. Mientras que en la zona baja, un elevado 92.5 % de la población percibe el problema, en la parte alta esta percepción se reduce al 83.3 %, y en la parte media, solo el 55 % de los residentes reporta esta preocupación. De acuerdo con Menchaca y Ulloa (2021), esta disparidad en la percepción se extiende a localidades específicas, como Rancho Viejo, donde el 90 % de la población reconoce la escasez de agua, al igual que la totalidad de los habitantes de Seis de Enero y Consolapan. Estos datos enfatizan la heterogeneidad en la percepción de la crisis hídrica dentro de la misma región, subrayando la necesidad de un enfoque diferenciado en la gestión de los recursos hídricos.

La comprensión de las causas de la disminución de la disponibilidad del agua en la microcuenca, identificadas por los usuarios como una combinación de factores naturales y antrópicos, apunta hacia la necesidad de estrategia de mitigación y gestión integral del recurso eficientes e informadas. Esta comprensión se ve acompañada de una creciente preocupación por la posibilidad de que la tendencia de disminución en la disponibilidad del agua se mantenga, lo que enfatiza la necesidad de políticas públicas a largo plazo.

Las consecuencias de la disminución de la disponibilidad del agua se extienden más allá de las limitaciones inmediatas en el uso doméstico y agrícola, afectando la calidad de vida y planteando desafíos económicos significativos. Esta gama de impactos destaca la urgencia de acciones para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico. Los usuarios, al anticipar problemas adicionales derivados de una continua disminución de

la disponibilidad de agua, como conflictos por el recurso, deterioro de la salud y bienestar, y desafíos económicos, subrayan aún más la importancia de una gestión integral del agua que contemple tanto las necesidades presentes como futuras (Barreto *et al.*, 2019; Hoekstra *et al.*, 2012; Ma *et al.*, 2020). En la microcuenca del río Pixquiac la escasez de agua ha afectado prácticamente todas las actividades domésticas de usuarios; principalmente el aseo del hogar, el aseo personal y el lavado de ropa; además, los usuarios opinan que la disminución en la disponibilidad del agua para usos humanos afectará su bienestar físico y económico en los próximos años. A pesar de esto y de acuerdo con Menchaca *et al.* (2023), en la zona baja de la microcuenca, los usuarios de la congregación de Zoncuantla no hacen un uso racional del recurso porque no tienen los hábitos y costumbres que permitan hacer un uso eficiente de este, es decir, que carecen de una eficiente cultura del agua, situación que podría presentarse en el resto de las localidades.

En síntesis, los hallazgos del estudio enfatizan la complejidad de la escasez de agua en la microcuenca del río Pixquiac. La interacción entre factores naturales y antrópicos en la dinámica del agua exige un enfoque interdisciplinario en su gestión y conservación. La situación demanda medidas que no solo aborden la escasez actual, sino que también establezcan una base para la sostenibilidad y equidad en el acceso y uso del agua en la región en el futuro.

4. Conclusiones

Con el objetivo de analizar la problemática de la disminución en la disponibilidad de agua en cantidad para uso doméstico en la microcuenca del río Pixquiac, el estudio muestra que el caudal ecológico en los ríos de la microcuenca disminuye gravemente durante la temporada de estiaje, alcanzando 0 l/s, durante los últimos años. Tanto las mediciones del caudal antrópico, aprovechado para abastecer de agua a la ciudad de Xalapa como las opiniones de los usuarios del agua indican que tanto factores antrópicos como climáticos en la baja disponibilidad de agua. En específico, los usuarios opinan que las principales causas del problema son la creciente demanda del recurso hídrico y el deterioro de los ecosistemas conexos a los cuerpos de agua.

Esta información, aunada a las preocupaciones que los usuarios del agua muestran respecto a las consecuencias de la escasez de agua percibida, es indispensable para el diseño de políticas públicas locales que permitan mitigar los impactos que la problemática del agua en la microcuenca causa sobre las personas y los ecosistemas. En este sentido, se recomienda desarrollar estrategias que incentiven a los diversos usuarios a hacer un uso racional del agua, principalmente durante la temporada de estiaje, para asegurar que los caudales naturales que escurren en los cuerpos de agua sean suficiente para satisfacer las necesidades de las poblaciones humanas y sostener las funciones y los servicios de los ecosistemas, indispensables para el desarrollo de la vida en todas sus formas.

Los resultados resaltan la importancia del monitoreo continuo de los caudales de todos los cuerpos de agua de la región, ya que solo se mide los que abastecen a la población de Xalapa y a la región, y de la percepción y opinión de la población como

indicadores relacionados con la problemática de la disponibilidad de agua. Lo anterior, permitirá a largo plazo realizar estudios longitudinales para identificar tendencias de la disponibilidad del recurso hídrico en cantidad y calidad. Además, se recomienda incrementar los esfuerzos de monitoreo para conocer la variación de los caudales a lo largo de los cauces de ríos y arroyos en las diferentes zonas altitudinales de la microcuenca, para identificar el impacto y afectaciones que tienen los diferentes usos (doméstico, agrícola, pecuario, acuicultura, industrial, etc.) y prever las tendencias, lo que podría permitir adecuar los modelos de gestión de los recursos hídricos de la región.

Referencias

- Aguirre, M., Ibarra, L., Trochez, F., Guevara, D. y Bermúdez, O.** (2017). Percepción Del Paisaje, Agua Y Ecosistemas en La Cuenca Del Río Dagua, Valle Del Cauca, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 22(1). <https://doi.org/10.19053/01233769.5402>
- Árias, J.** (2007, septiembre 25). ¿QUÉ SON LOS ESTUDIOS DE OPINIÓN? *Ciencias Sociales de Extremadura. La web de la Asociación Extremeña de Sociología (ACISE)*. <https://tinyurl.com/5ezf9kyj>
- Barreto, C., Rodrigues, R. y Drummond, J.** (2019). Geospatial Analysis of Water Uses and Potential Conflicts in the Microregion of Ceres, Goiás, Brazil. *Sustainability in Debate*, 10(3), 22-27. <https://doi.org/10.18472/sustdeb.v10n3.2019.24406>
- Bei, E., Wu, X., Qiu, Y., Chen, C. y Zhang, X.** (2019). A Tale of Two Water Supplies in China: Finding Practical Solutions to Urban and Rural Water Supply Problems. *Accounts of Chemical Research*, 52(4), 867-875. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00605>
- Boelens, R., Vos, J. y Perreault, T.** (2018). Introduction: The multiple challenges and layers of water justice struggles. En R. Boelens, T. Perreault y J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 1-32). Cambridge University Press <https://doi.org/10.1017/9781316831847.001>
- Bravo, M., Ramos, M. y Covarrubias, P.** (2019). Una revisión del enfoque ecológico de Gibson sobre percepción visual. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 45(2), 261-273. <https://doi.org/10.5514/rmac.v45.i2.75565>
- Chakkaravarthy, D.** (2019). Water Scarcity- Challenging the Future. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 12(3), 187-193. <http://doi.org/10.30954/0974-1712.08.2019.2>
- Christian, J., Basara, J., Hunt, E., Otkin, J., Furtado, J., Mishra, V., Xiao, X. y Randall, R.** (2021). Global distribution, trends, and drivers of flash drought occurrence. *Nature Communications*, 12, 6330. <https://doi.org/10.1038/S41467-021-26692-Z>
- da Silva, T., de Almeida, J. y da Silva, R.** (2020). The Role of Local Perceptions in Environmental Diagnosis. *Participatory Biodiversity Conservation*. En Baldauf, C. (Eds.), *Participatory Biodiversity Conservation* (pp. 151-163). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41686-7_10

- du Plessis, A.** (2017). South Africa's Water Availability and Use. En *Freshwater Challenges of South Africa and its Upper Vaal River*, (pp 65–76). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49502-6_4
- Elenes, J., Escobar, R. y Urbano, P.** (2023). La Gestión De Los Recursos Hídricos en El Municipio De Culiacán, Sinaloa, México. En *Revistas Cuadernos De Trabajo De Estudios Regionales en Economía Población Y Desarrollo*, 13(73), 3-42. <https://doi.org/10.20983/epd.2023.73.1>
- Elwell, T., Gelcich, S., Gaines, S. y López-Carr, D.** (2018). Using people's perceptions of ecosystem services to guide modeling and management efforts. *Science of The Total Environment*, 637–638, 1014–1025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.052>
- Freitas, M., Macedo, R., Freitas, M., Nunes, C. y Venturin, N.** (2014). Environmental Perception as a Diagnostic Probe of Environmental Complexity Levels. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 21(2), 149–158. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2014.913986>
- Gleick, P. y Cooley, H.** (2021). Freshwater Scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 46(1), 319–348. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-101319>
- Gude, V. G.** (2017). Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 16(4), 591–609. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9449-7>
- Herrera-Pantoja, M. y Hiscock, K.** (2015). Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environmental Science & Policy*, 54, 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.06.020>
- Hoekstra, A., Mekonnen, M., Chapagain, A., Mathews, R. y Richter, B.** (2012). Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints Versus Blue Water Availability. *Plos One*, 7(2), e32688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032688>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI].** (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/632>
- INEGI.** (2023). *Marco Geoestadístico Integrado*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#descargas>
- INEGI.** (2024). *Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- Khilchevskiy, V. K., Oliinyk, Ya. B., y Zatserkovnyi, V. I.** (2020). Global problems of water resources scarcity. *XIV International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*. <https://tinyurl.com/4bfwhdm3>
- Ma, T., Sun, S., Fu, G., Hall, J. W., Ni, Y., He, L., Yi, J., Zhao, N., Du, Y., Pei, T., Cheng, W., Ci, S., Fang, C. y Zhou, C.** (2020). Pollution Exacerbates China's Water Scarcity and Its Regional Inequality. *Nature Communications*, 11, 650 <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14532-5>
- Madani, K., AghaKouchak, A. y Mirchi, A.** (2016). Irans Socio-economic Drought: Challenges of a Water-Bankrupt Nation. *Iranian Studies*, 49(6), 997–1016. <http://doi.org/10.1080/00210862.2016.1259286>

- Martinez, S., Kralisch, S., Escolero, O. y Perevochtchikova, M.** (2015). Vulnerability of Mexico City's water supply sources in the context of climate change. *Journal of Water and Climate Change*, 6(3), 518–533. <https://doi.org/10.2166/wcc.2015.083>
- Menchaca, S., Calva, A., Jiménez, G. y Juárez-Cerrillo, S.** (2023). Uso racional del agua doméstica en la comunidad de Zoncuantla, Coatepec, Veracruz. *UVserva*, 15, 125–141. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi15.2920>
- Menchaca, S., Calva-Maldonado, A., Jiménez-Windsor, G. y Juárez-Cerrillo, S.** (2022). Disponibilidad hídrica del manantial “Ojo de Agua” ubicado en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. *UVserva*, 14, 9–20. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi14.2890>
- Menchaca, S. y Ulloa, V.** (2021). Problemática sobre la disponibilidad del agua en el periodo de estiaje del río Pixquiac, Veracruz. *UVserva*, (12), 224–243. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi12.2813>
- Menchaca, S. y Zapata, K.** (2021). Percepción comunitaria sobre el agua en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz. *UVserva*, 11, 77–92. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i11.2776>
- Oswald, Ú.** (2014). Managing Water Resources in Mexico in the Context of Climate Change. En S. Shrestha, A. K. Anal, P. Abdul-Salam, M. van der Valk (Eds.) *Managing Water Resources under Climate Uncertainty* (pp. 377–403). Springer Water. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-10467-6_18
- Otazo-Sánchez, E., Navarro-Frómata, A. y Singh, V.** (2020). *Water Availability and Management in Mexico*. Springer International Publishing.
- Othman, F., Heydari, M., Sadeghian, M., Rashidi, M. y Parsa, M. S.** (2015). The Necessity of Systematic and Integrated Approach in Water Resources Problems and Evaluation Methods, a Review. *Adv. Environ. Biol.*, 8(19), 307–315. <https://zenodo.org/records/18257>
- Padder, F. y Bashir, A.** (2023). SCARCITY OF WATER IN THE TWENTY-FIRST CENTURY: PROBLEMS AND POTENTIAL REMEDIES. *MEDALION JOURNAL: Medical Research, Nursing, Health and Midwife Participation*, 4, 1–5. <https://doi.org/10.59733/medalion.v4i1.66>
- Padrón, R., Gudmundsson, L., Decharme, B., Ducharne, A., Lawrence, D. M., Mao, J., Peano, D., Krinner, G., Kim, H. y Seneviratne, S.** (2020). Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change. *Nature Geoscience*. 13, 477–481. <https://doi.org/10.1038/S41561-020-0594-1>
- Pedrozo, A.** (2022). Escasez de agua, disponibilidad y agricultura. *Perspectivas IMTA*, 3(22), 1–5. <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-22>
- Posit team.** (2023). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. <http://www.posit.co/>
- R Core Team.** (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. <https://www.R-project.org/>
- Ramirez-Sanchez, H. U., Fajardo-Montiel, A. L., Ortiz-Bañuelos A. D. y de la Torre-Villaseñor, O.** (2022). Impacts of Climate Change on the Water Sector in Mexico. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 17(2), 37–57. <https://doi.org/10.9734/AJEE/2022/v17i230289>

- Schultz, P., Shriver, C., Tabanico, J., y Khazian, A. (2004).** Implicit Connections With Nature. *Journal of Environmental Psychology*, 24(1), 31-42. [https://doi.org/10.1016/s0272-4944\(03\)00022-7](https://doi.org/10.1016/s0272-4944(03)00022-7)
- Shandas, V., Lehman, R., Larson, K., Bunn, J. y Chang, H. (2015).** Stressors and Strategies for Managing Urban Water Scarcity: Perspectives from the Field. *Water*, 7(12), 6775–6787. <https://doi.org/10.3390/w7126659>
- Tábara, D. y Pardos, S. (2006).** El estudio de la percepción social del medio ambiente. En M. Di Masso y D. Tábara (Eds.), *Opinión pública y medio ambiente* (Vol. 1, pp. 1). Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals.
- Tundisi, J., Matsumura-Tundisi, T., Ciminelli, V. y Barbosa, F. (2015).** Water availability, water quality water governance: the future ahead. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 366, 75–79. <https://doi.org/10.5194/piahs-366-75-2015>
- Wada, Y., Gleeson, T. y Esnault, L. (2014).** Wedge approach to water stress. *Nature Geoscience*, 7(9), 615–617. <https://doi.org/10.1038/ngeo2241>

Licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Artículos Científicos

DOI: <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3005>

Aprendizaje basado en problemas: Una experiencia de formación con profesores de ingeniería

Problem-Based Learning: A Training Experience with Engineering Professors

Zenaida Ávila Aguilar ^a

Recibido: 19 de enero de 2024.

Aceptado: 10 de abril de 2024.

^a Coordinación de Aprendizaje Basado en Problemas, Dirección General de Desarrollo académico e Innovación Educativa, Universidad Veracruzana (UV). Xalapa, México. Contacto: zavila@uv.mx | ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8905-4549> *Autora para correspondencia.

Cómo citar:

Ávila, Z. (2024). Aprendizaje basado en problemas: Una experiencia de formación con profesores de ingeniería. *UVserva*, (17), 288-306. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.3005>

Resumen: La sociedad demanda que la formación de ingenieros debería sustentarse en el desarrollo de competencias y atributos que le permitan identificar, formular y resolver problemas de ingeniería con un pensamiento crítico; es por ello que, el objetivo de la presente investigación fue diseñar, implementar y analizar los resultados de la implementación de un Programa Piloto de Formación para profesores de ingeniería de la Universidad Veracruzana, creado para que los profesores que imparten las experiencias educativas de matemáticas diseñen, implementen y evalúen secuencias didácticas con enfoque en Aprendizaje Basado en Problemas. El diseño del Programa se realizó con base en modelos de formación y del Aprendizaje Basado en Problemas, y se implementó a 115 profesores durante 3 módulos. Como resultado, se observó en los profesores apertura para diseñar problemas con otro enfoque y rúbricas de evaluación, además se sintieron motivados para continuar implementando el Aprendizaje Basado en Problemas en clases.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas; enseñanza de las matemáticas; ingeniería; modelos de formación.

Abstract: *Society demands that the training of engineers should be based on the development of skills and attributes that allow them to identify, formulate and solve engineering problems with critical thinking; for this reason the objective of this research was to design, implement and analyze implementation results a Pilot Training Program for engineering professors at the Universidad Veracruzana, created for professors who teach mathematics subjects design, implement and evaluate didactic sequences with focus on Problem Based Learning. The design of the Program was carried out based on training models and Problem-Based Learning, and it was implemented to 115 professors during 3 modules. As a result, professors were observed to be open to designing problems with another approach and evaluation rubrics, and they also felt motivated to continue implementing Problem-Based Learning in the classroom.*

Keywords: *Problem based learning; teaching mathematics; engineering; training models.*

Introducción

La Educación Superior en la actualidad tiene como misión esencial la formación de profesionales dotados de principios éticos, altamente capacitados, competentes y comprometidos con el desarrollo social, tema central de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior convocada por la UNESCO (2009). Los puntos tratados fueron relacionados con la mejora de la calidad de la enseñanza en los centros universitarios y la necesidad de la capacitación del profesorado. Plantea la formación de expertos en planificación educativa y la realización de investigaciones pedagógicas con el fin de mejorar las estrategias didácticas, lo cual contribuye a la consecución de los objetivos de la educación para todos, además de redes para la excelencia investigadora e innovaciones en materia de enseñanza y aprendizaje.

La UNESCO (2010) propone que la formación de ingenieros se sustente en el desarrollo de competencias y atributos para su inclusión en el mercado laboral. En este sentido, el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C., (CACEI) en su Marco de Referencia 2018 para la acreditación de programas de ingeniería, criterios e indicadores (2018), asienta los atributos a desarrollar en el egresado, que incluyen: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; analizar e interpretar datos y utilizar el juicio de la ingeniería para establecer conclusiones; comunicarse efectivamente en distintas audiencias; entre otros. De igual forma, la propuesta de Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos, refiere un listado de competencias generales y específicas que un ingeniero debe tener, como identificar, formular y resolver problemas de ingeniería de una manera innovadora; desarrollar, actualizar y aplicar un pensamiento crítico; aplicar conocimientos de matemáticas y ciencias en problemas de ingeniería; debe saber trabajar en equipos colaborativos heterogéneos y multidisciplinarios, así como creatividad, comunicación, curiosidad, etc (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2015).

Para lograr desarrollar estos atributos y demás competencias en un estudiante de los programas educativos de ingeniería, el Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos, propone “hacer uso de estrategias de aprendizaje basadas en la resolución de problemas, el estudio de casos, el desarrollo de proyectos, la modelación y simulación, la práctica en escenarios reales de aprendizaje y la vinculación, entre otros” (SEP, 2015, p. 15). Por lo tanto, el profesor de ingeniería es un elemento fundamental, pues debe estar capacitado para implementar este tipo de estrategias.

En particular, el aprendizaje Basado en Problemas (ABP), como estrategia de enseñanza–aprendizaje, ha mostrado en diversas investigaciones, Fernández y Duarte, (2013); Ortiz y Cutimbo, (2022), entre otros que promueve el desarrollo de algunas competencias y atributos requeridos en las ingenierías, descritos anteriormente y establecidos por el CACEI (2018) y en el Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos (SEP, 2015), pues promueve en los estudiantes un aprendizaje significativo, el desarrollo de un pensamiento crítico y creativo, habilidades interpersonales y de trabajo en equipo, motivación, entre otros (López, 2008).

El ABP tiene características distintas a una enseñanza con métodos rígidos (tradicional) en donde generalmente los problemas consisten en aplicar los contenidos previamente expuestos por el profesor y no como producto de una reflexión, mientras que en ABP se trata de aprender matemáticas resolviendo problemas y de aprender al mismo tiempo a resolverlos, y en particular para ingeniería se procura que los problemas sean cercanos a la realidad, propiciando relacionar la práctica educativa con su entorno profesional. Esta estrategia es entendida como un eje organizador en el aula, donde el profesor debe tener diseñado un banco de situaciones problemáticas con objetivos específicos de enseñanza, organizar la resolución de dichas situaciones, de tal manera que logre su comprensión, análisis, generación y evaluación de soluciones, así como realizar discusiones guiadas, experimentando constantemente para lograr el aprendizaje del estudiante (Baptiste, 2003; Restrepo, 2005; Vila y Callejo, 2009).

En este sentido, la Universidad Veracruzana (UV), a través de su departamento Programa de Formación Académica, brinda procesos formativos competentes y de vanguardia a los profesores, a fin de fortalecer, entre otras cosas, el perfil de egreso de

sus estudiantes (UV, 2024). Bajo esta consideración, se diseñó y desarrolló un Programa Piloto de Formación del Profesorado (PPFP) donde los profesores universitarios comprenden, diseñan, implementan y evalúan secuencias didácticas con el enfoque en ABP como estrategia de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en ingeniería, desde las sugerencias del Modelo de Formación para los Ingenieros (SEP, 2015) y los requerimientos del CACEI (2018), promoviendo así un aprendizaje cercano a la realidad en los estudiantes.

1. Marco referencial para el diseño del programa piloto de Formación del Profesorado de Ingeniería en ABP

De acuerdo con Shulman (1986) un profesional en la educación no sólo debe tener el conocimiento del contenido que imparte, también poseer el conocimiento pedagógico del contenido; en este sentido Sierra (2015) menciona que la institución a la que pertenece debe procurar su capacitación en estrategias que apoyen a su enseñanza. Para realizar esta capacitación, de acuerdo con diversas investigaciones, existen gran variedad de modelos de cursos y talleres para la formación continua de los profesores en ejercicio, acorde a los objetivos que se quieran alcanzar. Los modelos de formación de Micheli *et al.* (2013) son guía para el diseño y desarrollo de la propuesta del PPFP, ya que destacan una formación del profesorado centrada en propuestas innovadoras a través de la integración de:

- La discusión crítica de las propuestas de enseñanza/aprendizaje.
- El aprendizaje in situ con las mismas estrategias y procesos de enseñanza que se pretende aprendan e implementen posteriormente con sus estudiantes.
- La integración, discusión y socialización de proyectos innovadores implementados o experimentados por los profesores.

En este caso el objetivo del PPFP es que el profesor de ingeniería tenga el conocimiento acerca del ABP como estrategia de enseñanza-aprendizaje, analice propuestas bajo este enfoque, las incorpore en su enseñanza, a fin de formar una red de colaboración para compartirlas. Con respecto al conocimiento del ABP como estrategia, el profesor debe conocer su papel a desempeñar, lo que debe considerar para elegir su material de apoyo y cómo debería ser la organización de su clase con respecto a la misma (Pifarré y Sanuy, 2001; Santos, 2010). Por lo que en lo sucesivo se mostrará un marco referencial acerca de estos aspectos a considerar dentro del PPFP.

Para realizar la enseñanza con un enfoque en ABP como estrategia, siguiendo a Pifarré y Sanuy (2001) se deben considerar ciertos elementos:

- a) El diseño de un material didáctico.
- b) La planificación y utilización por parte del profesor de estrategias de enseñanza de modelaje y de auto interrogación.
- c) El diseño de un contexto de aprendizaje que favorece la resolución de problemas de manera colaborativa.

El papel del profesor como diseñador se vuelve fundamental para llevar a cabo esta estrategia. El diseño del material y la forma de evaluar deben ir en función de los objetivos de aprendizaje y es importante compartirlo con sus colegas que se encuentren próximos a su área de conocimiento para retroalimentar su propuesta (Sierra, 2005).

Para el diseño del material se deben considerar los diferentes procedimientos que puede utilizar el estudiante al resolver los problemas, así como indicaciones y sugerencias para apoyarlos en dicho proceso (Pifarré y Sanuy, 2001). Por lo que es de importancia considerar las características preferentes de los problemas que forman parte de este material. En este sentido, de acuerdo con Arcavi (1999), Pifarré y Sanuy (2001) y Santos (2010) los problemas a elegir o diseñar deben tener características como:

1. Sin ser triviales, deberían ser accesibles a un amplio rango de estudiantes sobre las bases de su conocimiento.
2. Que permitan diferentes métodos (estrategias) de resolución, pero no en formas obvias o rutinarias.
3. Que demanden un plan y una reflexión.
4. Que la respuesta no sea siempre el resultado de una operación, sino la formulación de un argumento, una comparación, una idea, una conexión entre conceptos, una traducción entre diferentes representaciones.
5. Debería servir como primer paso hacia exploraciones matemáticas, deben ser extensibles y generalizables.
6. No siempre haya una respuesta única al problema.

Aunado a esto y considerando que los estudiantes pertenecen a las ciencias de ingeniería, el profesor debe procurar la integración en el material, de problemas que se relacionen e integren con lo que el estudiante sabe y su entorno profesional, con el objetivo de que lo que aprende y el proceso de aprender resulte significativo (Daros, 1992).

En los planes de estudio de cualquier asignatura se exponen los contenidos y fuentes bibliográficas de apoyo, por lo que existe una gran variedad de problemas a elegir que se pueden rediseñar para darle el enfoque del ABP. Por ejemplo, modificar el propósito que persiguen convirtiéndolos de un problema de resultado único a uno de búsqueda de pautas y regularidades o a uno de optimización (Vila y Callejo, 2009).

Con respecto a la forma de organizar el ABP como estrategia didáctica en el salón de clases, aunque no podría estandarizarse dado que hay distintos estilos de enseñanza por parte de los profesores, es posible describir algunas maneras generales de llevarla a cabo. Tomando como referente la experiencia del profesorado de la Universidad de McMaste¹ con respecto a la resolución de problemas, profesores de otras universidades se sumaron a implementarla organizándola de manera muy similar, por ejemplo el

¹ La Universidad McMaster es una universidad de investigación intensiva situada en Hamilton, Ontario, Canadá, con reconocimiento en el área de la salud por iniciar con enseñanzas no tradicionales basadas en problemas: <https://www.mcmaster.ca/>

método de los siete saltos de la Universidad de Lindburg, en Maastricht, Holanda, muy similar al esquema de McMaster; el plan de los nueve eventos del ABP de la Academia de Illinois y el método de las cinco fases de ABP de la Facultad de Medicina de la Universidad de Queen, Canadá (Restrepo, 2005).

En todos los casos el profesor debe tener diseñado un banco de situaciones problemáticas con objetivos específicos de enseñanza, organizar la resolución de dichas situaciones, de tal manera que logre su comprensión, análisis, generación y evaluación de soluciones, así como realizar discusiones guiadas. A nivel teórico se han encontrado infinidad de caracterizaciones del ABP, ya sea como metodología o como estrategia didáctica, pero ambas enfocadas a la enseñanza-aprendizaje, tal como lo refieren investigadores como Arcavi (1999), Pifarré y Sanuy (2001), Restrepo (2005), Vila y Callejo (2009) y Santos (2010). Para fines de esta investigación se entiende que esta propuesta didáctica tiene como características principales:

1. La organización de la enseñanza alrededor de situaciones diseñadas.
2. La colaboración activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento.
3. El papel de profesor es el de un guía o monitor que apoya en el proceso por medio de cuestionamientos.

Derivado de la implementación de un tema diseñado con el enfoque del ABP se procede a evaluarlo. Para ser coherente con esta perspectiva, se deben buscar instrumentos de evaluación que permitan a los estudiantes autorregular su aprendizaje y una retroalimentación entre el estudiante y el profesor. Uno de estos instrumentos son las rúbricas, en las que se establecen los criterios a utilizar para la evaluación de los resultados de aprendizaje (Delgado, 2005).

2. Métodos

En el presente trabajo se desarrolló una investigación cualitativa, siendo la metodología propuesta un estudio exploratorio (Hernández *et al.*, 2010), respecto a la experiencia del diseño e implementación del PFP, donde se buscó indagar, explorar y analizar los resultados de la capacitación realizada. La recolección de los datos para dicho análisis se realizó a través de las evidencias del trabajo solicitado a los participantes en cada uno de los módulos.

Para determinar la población a intervenir, se realizó una plática a profesores de matemáticas de las ingenierías, de las distintas regiones de la Universidad Veracruzana, donde se reflexionó acerca del ABP como estrategia de enseñanza en ingeniería y se enfatizó en el enfoque de los problemas de manera distinta, como eje organizador en el aula. Se planeó encontrar profesores interesados en implementar actividades innovadoras en el aula, que les guste trabajar de manera colaborativa y que tengan buena comunicación con sus compañeros profesores, de tal forma que después de terminar el PFP, compartieran sus experiencias e invitaran a participar a sus colegas en el diseño de material para alguna experiencia educativa o tema en común que impartan.

2.1. Población

Después de esta intervención, se inscribieron al Programa 19 profesores de la región Xalapa, 18 de Veracruz, 36 de Poza Rica, 25 de Cd. Mendoza-Orizaba y 17 de Coatzacoalcos, es decir, un total de 115 profesores que imparten las asignaturas de matemáticas en las ingenierías de las cinco regiones de la UV. Respecto al tipo de contratación de los profesores, el 34 % eran de tiempo completo y el 66 % tenían contratación por horas.

2.2. Diseño del PFP

El programa se planteó y diseñó en tres módulos:

2.2.1. Módulo 1

El primer módulo tuvo una duración 25 horas de forma presencial. Se realizó la introducción al PFP explicando el objetivo del mismo. La mecánica de introducción al ABP como estrategia didáctica fue vivencial, pues los profesores tomaron el rol de estudiantes y los instructores de monitores. Se les organizó en equipos para la resolución de un problema. Un integrante de cada equipo pasó a exponer las formas diferentes de resolver el problema. Se cerró la actividad explicándoles que todo lo experimentado forma parte del ABP como estrategia de enseñanza con respecto a la elección del problema, la organización para su implementación y el cierre.

Si el problema que resolvieron permitió distintas formas de resolución, ¿qué se debe considerar para elegirlos? Esta fue una manera de llevarlos a la reflexión de las características que deberían tener los problemas preferentemente, para llevarlos a cabo con el enfoque de esta estrategia de enseñanza, priorizando que existen muchos problemas a los cuales se les puede cambiar el propósito y el objetivo.

En este mismo sentido se les proporcionaron lecturas para reflexionar acerca de su papel a desempeñar en el aula con esta estrategia y con respecto a que si el modelo educativo institucional busca el desarrollo de competencias ¿estamos evaluando acorde a ello?

Derivado del análisis de la unidad didáctica de un curso de Cálculo con el enfoque en ABP cargada en la plataforma institucional EMINUS, los profesores diseñaron un nuevo problema o rediseñaron uno de los que se propusieron y lo expusieron a sus demás compañeros. También los cargaron a la plataforma para que fueran visualizados por los participantes de todas las regiones, propiciando el inicio de la red de colaboración para compartir las buenas prácticas.

Al finalizar el módulo y para iniciar el siguiente, los profesores se organizaron en equipos de trabajo teniendo un tema en común de matemáticas, independientemente de la asignatura que impartirían durante el semestre inmediato, de tal forma que dicho tema se abordara de manera transversal en distintos niveles.

Al término del módulo se les aplicó un cuestionario de opinión, para conocer las fortalezas y áreas de oportunidad del PFP desde la perspectiva de los profesores; las preguntas fueron:

1. ¿Cuál fue tu opinión general con respecto al desarrollo del primer módulo del curso?
2. ¿Qué consideras que fue lo más relevante en tu formación en el primer módulo?
3. ¿Cuáles son las áreas de oportunidad que detectaste en el primer módulo?

Para fines de esta investigación, se analizó únicamente la primera pregunta, en la que se categorizaron las respuestas en dos rubros: opinión respecto al diseño del primer módulo de PFP y respecto a la forma en la que se implementó.

2.2.2 Módulo 2

Se llevó a cabo de forma no presencial, en modalidad virtual, durante 4 meses, dándole seguimiento a través de un curso creado en la plataforma EMINUS. Se realizó un registro de la participación de los profesores a través de una lista de cotejo en los siguientes criterios:

1. Diseño de las situaciones problema: revisión de las situaciones problema propuestas por los profesores, retroalimentación por medio de sugerencias a su estructura, contenido y a los cuestionamientos, y seguimiento al rediseño de la propuesta. Las propuestas de situaciones se revisaron de acuerdo con las características preferentes de los problemas expuestas en el primer módulo.
2. Diseño de los instrumentos de evaluación: donde se les indicó que evaluaran cualitativa y cuantitativamente a los estudiantes, después de hacer su intervención con la propuesta de situaciones problemas (evaluación con respecto al contenido de la propuesta).
3. Evidencias de la implementación: de las situaciones problema llevadas a cabo con el enfoque en ABP se les pidieron fotografías, videos y/ o comentarios de los estudiantes de su clase.

2.2.3 Módulo 3

Tuvo una duración de 5 horas presenciales. En este módulo los integrantes de cada equipo expusieron sus experiencias al implementar y evaluar las situaciones problema desarrolladas en el segundo módulo. Las experiencias de los participantes se solicitaron en un documento en formato libre, y se categorizaron en ventajas y desventajas del uso de ABP en el salón de clases, a fin de realizar el análisis de las respuestas.

3. Resultados

Los resultados de la implementación del curso se estructuraron de acuerdo con cada uno de los módulos.

3.1. Módulo 1

Con las propuestas de problemas generadas y expuestas por los profesores en el primer módulo se creó un espacio de debate acerca del planteamiento de estos y al cargarlas en EMINUS, las demás regiones lo visualizaron, propiciándose con ello el inicio de una red de colaboración en la cual compartieron sus propuestas y en algunos casos hicieron comentarios al respecto. En el transcurso del primer módulo se les mostraron a los profesores ejemplos en los cuales los problemas tienen otro enfoque, como un medio para la introducción a un contenido o concepto; en este sentido, algunas propuestas buscaban una reflexión, comparación o estimación de un modelo matemático para la comprensión de un concepto, como se puede ver a continuación:

Las funciones exponenciales tienen la forma matemática siguiente:

$$y = b^c$$

Donde b se conoce como base y c como exponente. Generalmente, la base es un valor constante y el exponente es variable. En diversas aplicaciones de ciencia e ingeniería se pueden obtener conjuntos de datos que se presentan en forma tabular, tales como los siguientes:

Tabla 1
Posición de una partícula en el tiempo

Tiempo	Posición
0	1.09
1	2.76
2	7.41
3	20.12
4	54.61
5	148.46
6	403.45
7	1096.63
8	2981.04
9	8103.16
10	22026.01

Fuente: Elaboración propia.

1. ¿Puedes identificar la variable dependiente y cuál la independiente en el modelo exponencial $y = b^c$?
2. ¿Qué falta conocer del modelo?
3. ¿Puedes calcularlo considerando un par de datos de la **Tabla 1**? En caso de complicaciones ver la Nota al profesor
4. ¿Qué sucede con el cálculo si consideras otros datos de la **Tabla 1**?
5. ¿Te es familiar este valor?

Nota al profesor: Considere que estos datos representan una función exponencial. Para cada par de datos el modelo exponencial se debe satisfacer. Por ejemplo, considerando: $y = \text{posición} = 20.12$ y $c = \text{tiempo} = 3$. Se debe cumplir, para la igualdad: $20.12 = b^3$. ¿En este caso cuanto debe valer b para que

se cumpla la igualdad? Proponga valores de b hasta que se cumpla la igualdad. Utilice otros valores de la tabla y repita el proceso.

Sin embargo, en algunos casos sus propuestas eran problemas en los cuales primero se proporcionaba el concepto y después se realizaban sus aplicaciones, como en el siguiente ejemplo de aplicación de fórmulas trigonométricas:

Don Adolfo es un ejidatario y escuchó comentar a un profesor que todo estudiante egresado de secundaria puede calcular perímetros, áreas y volúmenes de formas geométricas regulares e irregulares. La propiedad del Sr. Adolfo es de 73.5 ha (Hectáreas), siendo el terreno rectangular y en la escritura aparece un croquis con la siguiente información, la diagonal del terreno mide 1300 m, el ángulo que se forma con la diagonal y el eje X es de 30° y los linderos coinciden con los ejes X, Y. De tal forma que el hijo de don Adolfo acaba de terminar sus estudios de secundaria, por lo tanto le pide que calcule el área para verificar si efectivamente es la cantidad de terreno que aparece en la escritura.

Por otro lado, en la primera pregunta del cuestionario de opinión, acerca de la percepción de los profesores con respecto al primer módulo, es observable su apertura para implementar esta estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas, que se vio fortalecida por el diseño de las actividades con respecto a la estrategia y al enfoque en su área (ingeniería), tal como se muestra en la **Tabla 2**:

Tabla 2

Resumen de las opiniones de los participantes respecto al módulo 1 del PFPP

Opinión primer módulo	
Diseño	Considero que lo realizado en el primer módulo me da un panorama acerca del ABP y motiva a continuar participando.
	Fue bastante adecuado para conocer las tendencias que se están desarrollando en el área de aprendizaje de las matemáticas y también para empezar con el manejo de la técnica del ABP.
	El primer módulo estuvo muy interesante ya que se nos mostraron problemas ya diseñados para tomar como base e implementarlos en el aula.
Implementación	Es una herramienta para la enseñanza que podría funcionar para el área de ingeniería. La enseñanza fue a base de ejemplos.
	Muy útil y agradecí que fuera una persona del área técnica la que impartiera el curso.
	Este primer módulo fue muy interesante, pues no fue impartido de forma tradicional, sino que vivimos la estrategia que vamos a aprender.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Módulo 2

A continuación, se describen los resultados con respecto a los criterios establecidos para monitorear el avance de los profesores en el transcurso de este módulo.

3.2.1. Diseño de situaciones problema

Las propuestas de los equipos fueron desde distintos enfoques y planteamientos, en general prevalecieron conjuntos de problemas secuenciales con cuestionamientos para llegar a la reflexión de un tema y por otro lado, el planteamiento de una situación abierta para la introducción a un tema. Tal es el caso de la propuesta del paracaídas, en la cual cada equipo de estudiantes debería elaborar un paracaídas que durara el mayor tiempo posible en el aire, de cualquier dimensión o material, con el único requerimiento de incluir una pelota de esponja de tamaño mediano.

Una vez realizado el paracaídas, todos los equipos participarían en una competencia y después de ello argumentarían de acuerdo con la física, las razones por las cuales su paracaídas duró menos o más tiempo en el aire; de esta forma a través de un problema real se buscaría que los estudiantes comprendieran conceptos de fuerzas de acción y reacción para establecer la Tercera Ley de Newton.

Para los problemas secuenciales con cuestionamientos, se realizó un cotejo de acuerdo con las características preferentes del enfoque de ABP, por lo cual se les sugiere a los equipos de profesores su rediseño, en caso de ser necesario, como se puede observar en los ejemplos de la **Tabla 3**, en donde se muestran tres propuestas de situaciones problema, su retroalimentación y la propuesta rediseñada.

En la primera se observa que no se establecen los objetivos de aprendizaje y se hacen preguntas direccionadas, en la segunda se establecen claramente los objetivos de aprendizaje, pero con el planteamiento no se lleva al estudiante a lograrlo y en la tercera no se establece el objetivo de enseñanza y contiene una pregunta direccionada, y en todos los casos se atienden las sugerencias en el rediseño.

Tabla 3

Propuestas de situaciones y rediseño de acuerdo con observaciones

Propuesta de situación problema	Retroalimentación	Rediseño de la propuesta
Curso: Probabilidad y Estadística Unidad I: Estadística Descriptiva Tema: <i>conceptos básicos</i> Situación 1. Descripción: La estadística es la ciencia que utiliza teorías y métodos para recopilar, organizar, analizar e interpretar información para hacer inferencias. Esta información o datos pueden ser: cualitativos (cualidades o categorías) o cuantitativos (valores numéricos). Determina si la siguiente información es cualitativa o cuantitativa y por qué a) PAN, PRI, PRD, Convergencia, MORENA b) Las edades de un grupo de niños del kínder Juárez c) Los tiempos de reacción de una mezcla de combustión del metano d) Los colores de las lunetas en un paquete de chocolates M&M	Se sugiere que antes de dar los conceptos, los estudiantes analicen la información. Por ejemplo, darles esa lista de datos cualitativos y cuantitativos, los estudiantes en equipos discutirán qué datos se pueden obtener de cada inciso y si distinguen tipos de datos diferentes. Finalmente, con el apoyo del profesor cerrar el problema confirmando que unos son de tipo numérico y otras cualidades o categorías, y dar el nombre formal de cada uno. Es importante agregar el objetivo y las respuestas de lo que se espera que el estudiante conteste y agregar las notas al profesor (un ejemplo de una nota sería el cierre que hace el docente para dar el nombre a los dos tipos de datos).	Objetivo: Analizar los diferentes tipos de datos que se presentan en la estadística descriptiva Situación 1. Lee la siguiente información a) PAN, PRI, PRD, Convergencia, MORENA b) Las edades de un grupo de niños del kínder Juárez c) Los tiempos de reacción de una mezcla de combustión del metano d) Los colores de las lunetas en un paquete de chocolates M&M e) Las tallas: CH, M, G, EX en que vienen las camisetas que vende don José f) Las temperaturas en que una sustancia se evapora <i>Con base en ella contesta:</i> 1. ¿Cuáles son tus variables? 2. ¿Qué diferencias observas entre ellas?

- e) Las tallas: CH, M, G, EX en que vienen las camisetas que vende don José
 f) Las temperaturas en que una sustancia se evapora

3. ¿Qué características tienen los datos que observas?

Respuestas:

- 1.- partidos políticos, edades, tiempos de reacción, colores, tallas, temperaturas.
- 2.- que algunos representan cualidades y otras cantidades.
- 3.- los datos cualitativos representan cantidades que se expresan mediante cualidades o categorías, en tanto que los datos cuantitativos representan valores numéricos.

Notas al profesor: Los incisos a), d) y e) representan datos cualitativos, que son datos que representan cualidades o categorías; en tanto que los incisos b), c) y f) representan datos cuantitativos, que son datos que representan cantidades numéricas.

Propuesta: Situaciones Modeladas mediante un Sistema de Ecuaciones Lineales 2x2.

Objetivo. Que el estudiante sea capaz de modelar cada una de las situaciones propuestas mediante un sistema de dos ecuaciones lineales en dos variables, y lo resuelva por alguno de los métodos básicos como sustitución, suma y resta ó igualación. Con la finalidad de introducirlo al tema "Sistemas de Ecuaciones Lineales".

Situación 1: Un zoológico tiene aves (bípedos) y bestias (cuadrúpedos). Si el zoológico tiene 60 cabezas y 200 patas, ¿cuántas aves y cuántas bestias viven allí?

-Agregar preguntas que lleven al estudiante al planteamiento de la expresión algebraica

-Buscar la reflexión de lo que implica la resolución de un sistema de ecuaciones, que es a lo que se desea llegar.

-Una vez que se plantee el sistema de ecuaciones que las preguntas lleven al estudiante a un proceso de resolución.

-Agregar las respuestas esperadas y notas al profesor.

Rediseño de la Situación 1: Un zoológico tiene aves (bípedos) y bestias (cuadrúpedos). Considerando que en el zoológico se cuentan 60 cabezas y 200 patas, realiza lo que se te pide a continuación.

(a) ¿Cómo puedes modelar matemáticamente el hecho de que el número total de cabezas en el zoológico es 60?

(b) ¿Cómo puedes modelar matemáticamente el hecho de que el número total de patas en el zoológico es 200?

(c) ¿Cuántas aves y cuántas bestias viven en el zoológico? Comenta cómo obtuviste la respuesta.

Respuestas:

(a) x =número de aves, y =número de bestias. (b) $x+y=60$.

(c) $2x+4y=200$.

(d) Formar con las expresiones obtenidas en los incisos (b) y (c) un sistema de dos ecuaciones lineales en las dos variables " x " y " y " y resolverlo por alguno de los métodos antes mencionados, para obtener que $x=20$ y $y=40$; es decir, 20 aves y 40 bestias.

Nota al profesor: Se espera que en este inciso los estudiantes utilicen, de un equipo a otro, los diferentes métodos de resolución de sistemas de ecuaciones lineales 2x2, con el entendido de que los métodos ya fueron estudiados con anterioridad en secundaria y bachillerato.

¿Qué le sucede a $f(x) = x^2 + 3$ cuando x se acerca a 3?

1. Tabular en tablas por separado los valores obtenidos en la evaluación de la función.
2. Hacia qué valor tiende el rango, o recorrido de la función, con valores próximos a 3 por la izquierda, y por la derecha, aun considerando los siguientes:

2.9	3.1
2.99	3.01
2.999	3.001
2.9999	3.0001

3. Por más valores que se acerquen a 3 por izquierda y derecha, ¿a qué valor se acerca el rango?
4. ¿Podemos obtener un valor diferente?
5. ¿Cómo podemos llamar a ese valor del rango?

-Establecer el objetivo de la secuencia didáctica para el tema, por ejemplo, qué tipos de límites se verán o sus propiedades.

-Replantear la pregunta 4 de tal forma que la respuesta no sea un "sí o no".

-Enriquecer la secuencia didáctica con más problemas y/o el uso de las TIC para una mejor visualización.

Objetivo: El estudiante reconocerá y aprenderá lo que le sucede a una función (llegar a una solución) cuando la variable x se acerque al límite otorgado a la misma.

¿Qué le sucede a $f(x) = x^2 + 3$ cuando x se acerca a 3?

1. Tabular en tablas por separado los valores obtenidos en la evaluación de la función.
2. Hacia qué valor tiende el rango, o recorrido de la función, con valores próximos a 3 por la izquierda, y por la derecha, aun considerando los siguientes:

2.9	3.1
2.99	3.01
2.999	3.001
2.9999	3.0001

3. Por más valores que se acerquen a 3 por izquierda y derecha, ¿a qué valor se acerca el rango?
4. ¿Qué podemos obtener si se continua acercando a 3 por la derecha y también por la izquierda?
5. ¿Cómo podemos llamar a ese valor del rango?

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Diseño de los instrumentos de evaluación

Con respecto a este criterio, las propuestas de los instrumentos de evaluación del tema desarrollado e implementado con los estudiantes fueron variadas; las que predominaron fueron las que evalúan la situación problema que los estudiantes resolvieron en clase, las que evalúan a los equipos de estudiantes (**Tabla 4**) y las de coevaluación entre los equipos de estudiantes, en todos los casos con sus respectivas puntuaciones y niveles de desempeño (**Tabla 5**).

Tabla 4

Rúbrica de evaluación de desempeño de los equipos de estudiantes

Competencia	Evaluación del equipo: Integrantes	Nivel de desempeño				Puntaje obtenido
		Bueno (4)	Regular (3)	Deficiente (2)	Malo (1)	
Saber	Identifican las variables físicas involucradas en la actividad					
	Reconocen leyes físicas al explicar la actividad					
	Formulan hipótesis fundamentadas					
Saber- hacer	Todos los integrantes explican de manera clara lo que hicieron en la actividad					
	Argumentan la elección de los materiales de acuerdo					

	<p>con los elementos que intervienen en la actividad</p> <p>Realizan la construcción del paracaídas apoyados en leyes de la física</p> <p>Realizan conclusiones pertinentes de acuerdo con la observación y análisis</p>
Saber -ser	<p>Entregan de manera clara y puntual su informe</p> <p>Todos los integrantes colaboraron para realizar su actividad</p> <p>Se organizan de manera ordenada para realizar su actividad</p> <p>El prototipo presentado tiene originalidad</p>
Calificación de la actividad	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5
Puntuaciones y nivel de desempeño

Total de puntaje	Nivel de desempeño
34 - 44	Bueno
23 - 33	Regular
12 - 22	Deficiente
0 - 11	Malo

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Evidencias de implementación

Las evidencias de implementación de las situaciones problema consistieron en fotografías, videos, concentrado de resoluciones de las situaciones y de instrumentos de evaluación; y en algunos casos reporte por parte de los estudiantes participantes. De acuerdo con algunos videos, se observó que los profesores organizaron a sus estudiantes en equipos, los guiaron en la resolución de las situaciones y al final los exhortaron a exponer sus resultados. Los siguientes tres fragmentos muestran la reflexión de algunos estudiantes después de la intervención del profesor con respecto a la estrategia de enseñanza, lo cual es una evidencia que con el ABP los estudiantes se sienten motivados al resolver problemas cuando se les proporcionan herramientas de resolución como lo son las estrategias, en este caso la de desglosar las variables del problema, esto propiciando su confianza para intentar solucionar problemas futuros de su área.

1. La experiencia que me dejó esta actividad fue agradable y satisfactoria, la cual me gustó mucho en la manera que se propuso el problema, la orientación que se dio para su resolución y el apoyo que se nos brindó durante el proceso del análisis, de lo aprendido puedo decir que el trabajo en

equipo me gustó mucho como también el objetivo principal que fue el de resolver un problema desglosando todas sus variables, me gustaría que estas experiencias se repitieran a menudo para desarrollar más nuestro aprendizaje.

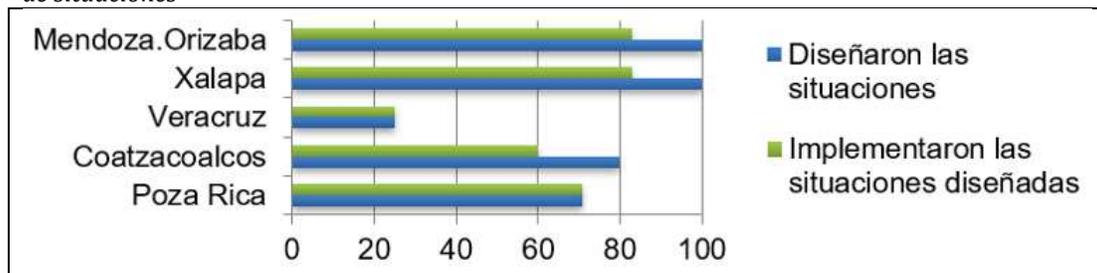
2. Personalmente pienso que la propuesta da paso a un aprendizaje más razonado ya que con esto, no sólo damos solución matemática de un problema en la vida cotidiana, si no que damos soluciones más elaboradas de acuerdo con las condiciones del espacio.

3. La actividad fue muy acertada puesto que realmente nos estamos preparando para proponer soluciones en el campo laboral empleando técnicas y métodos matemáticos y para esto estamos adquiriendo conocimientos en las distintas experiencias educativas. Con esta técnica de enseñanza nos enfrentamos a situaciones a las que estaremos expuestos una vez que ya seamos profesionistas; y de manera autónoma procesamos los datos para buscar la manera más conveniente de solucionar una determinada problemática.

En general, de acuerdo con la lista de cotejo de la participación de los profesores (con respecto a los criterios 1, 2 y 3) en el módulo 2, la mayoría de las regiones participaron activamente en las actividades propuestas. En la **Figura 1** se muestran los equipos de profesores que diseñaron las situaciones problema y los que llegaron a implementarlas con sus estudiantes, algunos hicieron su diseño de problema pero carecieron de seguimiento en la etapa de rediseño, por lo que no avanzaron hacia la implementación.

Figura 1

Porcentaje de participación de los equipos profesores por región en el diseño e implementación de situaciones



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Tercer módulo

Con las exposiciones de los profesores se compartieron las buenas prácticas al haber implementado la estrategia de ABP en el salón de clases. Los profesores mencionaron en sus exposiciones que observaron más ventajas que desventajas. Los resultados de sus experiencias documentadas se muestran en la **Tabla 6**.

Finalmente, respecto a la cantidad de participantes que culminaron el PPFPP por región se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 6
Ventajas y desventajas de la implementación de ABP

Experiencia obtenida	
Ventajas	Se propicia el interés en los estudiantes
	Se incita la creatividad.
	Se promueve un aprendizaje colaborativo.
	Hay más reflexión.
	Se resuelven problemas de aplicación.
Desventajas	Se tiene un aprendizaje más vivo y cercano a la realidad.
	Hay temas complicados para implementar ABP.
	El tiempo que lleva su implementación es mayor.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7
Porcentaje de participación de los profesores por región

Región	Participación
Cd. Mendoza-Orizaba	82 %
Xalapa	82 %
Veracruz	25 %
Coatzacoalcos	60 %
Poza Rica	70 %

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

De acuerdo con los comentarios de los profesores en el primer módulo, es observable que el modelo mediante el cual se llevó a cabo el diseño del PFP, en especial el hacer vivencial la estrategia de ABP, fue un hecho que propició el interés para su implementación, tal como lo refieren Micheli *et al.* (2013) con respecto a la planeación del PFP.

Sin embargo, un cambio de paradigma con respecto al enfoque de los problemas es un tema en el cual todavía queda mucho por hacer en futuros PFP de ABP, de acuerdo con Cohen (1990) y O'Shea y Leavy (2013). En este sentido, Fernandes y Vale (1994) exponen el comportamiento práctico de dos profesores noveles que habían participado en el mismo programa de formación en torno al ABP como estrategia de enseñanza, pero a la hora de llevarla a la práctica, en el caso de uno de ellos, se antepusieron las concepciones arraigadas durante su formación anterior, por encima de lo aprendido en el curso sobre ABP.

No obstante, una vez finalizado el PFP los profesores se sintieron motivados para continuar implementando esta estrategia de enseñanza en el salón de clases, observaron que se propició interés en los estudiantes, su creatividad, un trabajo colaborativo, la reflexión, entre otras. Resultados concordantes con Vila y Callejo (2009) con respecto al cambio en la disposición de los estudiantes para la resolución de problemas, cuando se implementan estas estrategias.

Este tipo de ventajas observables por profesores que han implementado ABP se describen en la investigación de Perdomo y Felmer (2017), quienes exponen que produjo cambios en su manera de ver la matemática y en su manera de concebir un

problema matemático, que sus estudiantes ahora tienen mayor motivación para la matemática, están más interesados, que aprendieron a discutir en grupo, que buscan explicaciones a lo que hacen, que se atreven con los desafíos, e incluso un profesor manifiesta que sus estudiantes han mejorado sus evaluaciones.

5. Conclusión

Cuando los profesores, así como los estudiantes, son agentes activos en la construcción de conocimiento se generan aprendizajes significativos, es importante que los profesores reflexionen sobre este tema cuando se integran a un programa de formación del profesorado, en este Programa Piloto llegaron a la conclusión que deben seguir capacitándose en otras estrategias de enseñanza, que al igual que el ABP, contribuyan a un aprendizaje cercano a la realidad para el desarrollo de las competencias indispensables del perfil de egreso del estudiante de ingeniería.

Los problemas siguen siendo un foco de importancia en la formación de ingenieros, si se logra mantener la red de colaboración con los profesores para que compartan sus diseños de problemas y los resultados de su implementación, se tendría suficiente material para ir incorporando esta estrategia de manera paulatina en distintos programas educativos de ingeniería. En este PFP se generaron problemas que fueron visualizados por todos los profesores, retroalimentándolos con sus sugerencias y siendo un referente para la construcción de sus propuestas. Este intercambio de experiencias entre pares contribuye a una mejora continua en el proceso de enseñanza, ya que es una manera de compartir las buenas prácticas y fomentar la innovación educativa.

Los tipos de estudiantes a nivel generacional son diferentes de acuerdo a los cambios en la sociedad, esto conlleva a una búsqueda constante de estrategias innovadoras de la enseñanza para alcanzar los objetivos planteados, por ejemplo, los objetivos planteados en el perfil del egresado del plan de estudios, que requieren los organismos acreditadores y que se asientan en el Modelo de Formación para Ingenieros, los cuales se enfocan en ciertas competencias y atributo que debe de tener cualquier egresado de ingeniería para su inserción en el campo laboral. En este sentido, se debe transitar por diferentes formas de evaluación, para aportar evidencias del desarrollo de estas competencias y atributos. La evaluación es un tema que debe profundizarse en otros PFP, pues es emergente y con muchas áreas de oportunidad para futuras investigaciones.

Finalmente, una propuesta de mejora del PFP con respecto al diseño de las situaciones problema, podría ser que los profesores desarrollen en el primer módulo, un tema del área de ingeniería con sus objetivos, situaciones problemáticas, posibles respuestas y con sugerencias al profesor, y su evaluación. Con ello tendrían un ejemplo concreto para realizar posteriormente sus diseños en el tema que elijan.

Referencias

- Arcavi, A.** (1999). Y en matemáticas, los que instruimos ¿qué construimos? *Revista números de la didáctica de las matemáticas*, 38, 39-56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2343631>
- Baptiste, S.** (2003). *Problem-Based Learning: A Self-Directed Journey*. Slak.
- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería [CACEI].** (2018). *Marco de Referencia 2018 para la acreditación de programas de ingeniería: Criterios e indicadores*. CACEI. http://cacei.org.mx/nv/nvdocs/marco_ing_2018.pdf
- Cohen, D.** (1990). A revolution in one classroom: the case of Mrs. Oubier. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 12(3), 311-329. <https://doi.org/10.2307/1164355>
- Daros, W.** (1992). *Teoría del aprendizaje reflexivo*. Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación. UNR-CONICET. <https://tinyurl.com/yyfff8k9>
- Delgado, I.** (2005). *Aprendizaje basado en problemas: un reto para la evaluación*. En C. Sola (Ed.), *Aprendizaje Basado en Problemas: De la teoría a la práctica* (pp. 159-172). Trillas.
- Fernandes, D. y Vale, I.** (1994). Two young teachers conceptions and practices about problem solving. *In proceedings on the 18th international conference for the psychology of mathematics education*, (2), 328-335.
- Fernández, F. y Duarte, J.** (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación universitaria*, 6(5), 29-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062013000500005>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M.** (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- López, M.** (2008). El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta en el contexto de la educación superior en México. *Tiempo de Educar (en línea)*, 9(18), 199-232. <http://www.redalyc.org/pdf/311/31111811003.pdf>
- Michelini, M., Santi, L. y Stefanel, A.** (2013) La formación docente: un reto para la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 846-870. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92028937024>
- Ortiz, J. y Cutimbo, G.** (2022). Aprendizaje basado en problemas: una metodología aplicada a la asignatura universitaria Matemática Básica. *Revista Tecnología, Ciencia Y Educación*, (22), 155-172. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.820>
- O'Shea, J. y Leavy, A.** (2013). Teaching mathematical problem-solving from an emergent constructivist perspective: the experiences of Irish primary teachers. *Journal Math Teacher Education*, 16, 293-318. <https://doi.org/10.1007/s10857-013-9235-6>
- Perdomo, J. y Felmer, P.** (2017). El taller RPAula: activando la resolución de problemas en las aulas. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 21(2), 425-444. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56752038023>
- Pifarré, M., y Sanuy, J.** (2001). La enseñanza de estrategias de resolución de problemas matemáticos en la ESO: Un ejemplo concreto. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 297-308. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21745>.

- Universidad Veracruzana [UV].** (2024). *Programa de Formación de Académicos (ProFA)*. UV. <https://tinyurl.com/ycxv6drb>
- Secretaría de Educación Pública [SEP].** (2015). *Propuesta del Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos*. SEP. <https://tinyurl.com/2s3n3dn7>
- Shulman, L.** (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.2307/1175860>
- Restrepo, B.** (2005). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Revista Educación y educadores: Colombia*, 8, 9-19. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83400803>
- Santos, L.** (2010). *La resolución de problemas matemáticos: fundamentos cognitivos*. México: Trillas: Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas.
- Sierra, F.** (2005). Una visión de los roles en una actividad ABP. En C. Sola (Ed.), *Aprendizaje Basado en Problemas: De la teoría a la práctica* (pp. 105-116). Trillas.
- UNESCO** (2009). La nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo. *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior*. París, 5-8 de julio de 2009.
- UNESCO** (2010). *Engineering Report United Nations Educational*. UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf>
- Vila, A. y Callejo M.** (2009). *Matemáticas para aprender a pensar: el papel de las creencias en la resolución de problemas*. Narcea.

Directorio

Dr. Martín Gerardo Aguilar Sánchez

Rector

Dr. Juan Ortiz Escamilla

Secretario Académico

Mtra. Lizbeth Margarita Viveros Cancino

Secretaria de Administración y Finanzas

Dra. Jaqueline del Carmen Jongitud Zamora

Secretaria de Desarrollo Institucional

Dra. Marisol Luna Leal

Oficina de la Abogada General

Mtro. Agustín del Moral Tejeda

Dirección General Editorial

Mtro. José Othón Flores Consejo

Coordinador Universitario de Observatorios UV

David Iván Vicente García

Editor responsable

Jazmín Josefina García Méndez

Administradora página web

Mauricio Abel Carmona Muñoz

Marcación formato XML-JATS

Guadalupe del Carmen Guillén Trejo

Prestadora de Servicio Social

Víctor Soto

Fotografía de portada