



CienciAcierta®

CIENCIA TECNOLOGÍA HUMANIDADES

AÑO 21, NÚMERO 82

ISSN: 2683-1848

ABRIL-JUNIO 2025

Latindex: 30518



DIRECCIÓN DE
INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO

latindex

CC creative commons



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE
COAHUILA

PUBLICADA DESDE 2005

ISSN 2683-1848

CIENCIACIERTA, AÑO 21, No. 82 ABRIL-JUNIO 2025, ES UNA PUBLICACIÓN TRIMESTRAL EDITADA POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA, BOULEVARD VENUSTIANO CARRANZA S/N, COLONIA REPÚBLICA ORIENTE, C.P. 25380, SALTILLO, COAHUILA. EDITOR RESPONSABLE: DRA. ANNA ILINA. RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO No. 04-2019-010914143600-203, ISSN: 2683-1848, AMBOS OTORGADOS POR EL INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR. RESPONSABLE DE LA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE ESTE NÚMERO, DEPARTAMENTO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO UADEC, LIC. LOYDA ESTHER GIL NORIEGA, EDIFICIO D, PLANTA ALTA, UNIDAD CAMPORREDONDO, SALTILLO, COAHUILA, C.P. 25280, FECHA DE ÚLTIMA, ACTUALIZACIÓN 1 DE ABRIL DE 2025.

CIENCIACIERTA ES UNA PUBLICACIÓN CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA Y HUMANÍSTICA, MULTIDISCIPLINARIA CUYO OBJETIVO ES DIVULGAR EL AVANCE DEL CONOCIMIENTO Y SE ENFOCA EN LAS SIGUIENTES ÁREAS: FÍSICO-MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA; BIOLOGÍA Y QUÍMICA; MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD; CIENCIAS DE LA CONDUCTA Y EDUCACIÓN; HUMANIDADES (ARQUITECTURA Y URBANISMO, ARTE Y CULTURA, HISTORIA, LINGÜÍSTICA Y LITERATURA Y FILOLOGÍA Y PSICOLOGÍA); CIENCIAS SOCIALES (ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN EMPRESARIAL, CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN, CIENCIAS ECONÓMICAS, CIENCIAS JURÍDICAS Y DERECHO Y CIENCIAS POLÍTICAS); CIENCIAS DE AGRICULTURA, AGROPECUARIAS, FORESTALES Y DE ECOSISTEMAS; INGENIERÍAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO Y MULTIDISCIPLINARIA.

TODO MATERIAL PUBLICADO CUENTA CON UN REPORTE DE ANÁLISIS DE SIMILITUD FAVORABLE Y HA SIDO SOMETIDO A UN PROCESO DE EVALUACIÓN DE DOBLE CIEGO POR PARES ACADÉMICOS EXTERNOS A LA UADEC.

CONSEJO EJECUTIVO EDITORIAL

Dra. Anna Iliina

EDITOR

annailina@uadec.edu.mx

Dr. Luis Gutiérrez Flores

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y
POSGRADO

luis.gutierrez@uadec.edu.mx

Dr. David Castro Lugo

SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN-DIP

david.castro@uadec.edu.mx

Lic. Loyda E. Gil Noriega

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA-DIP

logiln@uadec.edu.mx

COMITÉ TÉCNICO EDITORIAL NACIONAL E INTERNACIONAL

Dra. Elda Patricia Segura C.
QUÍMICAS
Fac. de Ciencias Químicas-UAdeC
psegura@uadec.edu.mx

Dra. Gabriela de la Peña Astorga
COMUNICACIÓN
Fac. C. de la Comunicación-UAdeC
gabriela.pena@uadec.edu.mx

Dr. Gustavo Félix Verduzco
ECONOMÍA
CISE-UAdeC
gustavo.felix@uadec.edu.mx

Dra. Irma Delia García Calvillo
MATEMÁTICAS
CIMA-UAdeC
irma.garcia@uadec.edu.mx

Dr. Pablo Ruiz Flores
CIENCIAS DE LA SALUD
CIB-UAdeC
pablorig@uadec.edu.mx

Dr. José González Tovar
PSICOLOGÍA
Fac. de Psicología-UAdeC
josegonzaleztovar@uadec.edu.mx

Dr. Manuel Gil Antón
EDUCACIÓN
El Colegio de México
mgil@colmex.mx

Dr. Juan Carlos Centeno
Maldonado
JURISPRUDENCIA
Fac. de Jurisprudencia UAdeC
centenojuan@uadec.edu.mx

Dra. Virginia Nevares Moorillón
MICROBIOLOGÍA Y C. AMBIENTALES
Fac. Ciencias Químicas UACH
vnevare@uach.mx

Dra. Arely Prado Barragán
BIOTECNOLOGÍA Y ALIMENTOS
Universidad Autónoma
Metropolitana
lapb@xanum.uam.mx

Dr. Gerardo Gutiérrez Sánchez
CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS
CCRC-University of Georgia, USA
gerardo@ccrc.uga.edu

Dr. Guillermo Picó
C. BIOQUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS
Universidad Nacional de Rosario,
Argentina
gpico@fbioyf.unr.edu.ar

Dr. Luis Huesca Reynoso
ECONOMÍA
Centro de Investigación
Alimentación y Desarrollo, México
lhuesca@ciad.mx

ÍNDICE

- TRIADA DE RIGLER: UN HALLAZGO POCO USUAL EN UNA RADIOGRAFÍA DE ABDOMEN** **1**
RIGLER'S TRIAD: AN UNUSUAL FINDING ON THE ABDOMINAL X-RAY
Roberto Antonio Alvarado Hernández y Fabiola Álvarez Rosales
- DESAFÍO Y PROPUESTAS DE LA EQUIDAD DE GÉNERO EN HISPANOAMÉRICA Y EL NEARSHORING: ANÁLISIS ESPECÍFICO PARA SALTILLO-RAMOS ARIZPE, COAHUILA.** **11**
CHALLENGES AND PROPOSALS FOR GENDER EQUITY IN LATIN AMERICA AND NEARSHORING: SPECIFIC ANALYSIS FOR SALTILLO-RAMOS ARIZPE
Félix Rubén Lostal Ramírez
- APLICACIÓN DE HIDROGELES EN LA AGRICULTURA** **37**
APPLICATION OF HYDROGELS IN AGRICULTURE
Marcela N. Reta Reyna, Lorena Farías Cepeda, Víctor M. Ovando Medina y Lilia Eugenia Serrato Villegas
- EL ROL DE SER ABUELA CUIDADORA DE NIETOS: PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD Y AMBIENTE FAMILIAR** **49**
THE ROL OF BEING A GRANDMOTHER CARING FOR GRANDCHILDREN: PRECEPTION OF HEALT STATUS AND FAMILY ENVIRONMENT
María Fernanda Alvarado Bautista, Isaí Arturo Medina Fernández y Ana Laura Carrillo Cervantes

**EXTRACCIÓN DE METALES CONTENIDOS EN BATERÍAS LI-ION GASTADAS
MEDIANTE LIXIVIACIÓN ÁCIDA Y ALCALINA** **60**

*EXTRACTION OF METAL CONTAINED IN SPENT LI-ION BATERIES BY ACID AND
ALKALINE LEACHING*

Blanca Rosa González Bonilla, Adrián Amilcare González Ibarra,
Gloria Ivone Dávila Pulido, Armando Salinas Rodríguez y Mitzué
Garza García

**ANÁLISIS DEL FLUJO DE UN DISTRIBUIDOR DE COLADA CONTINUA CON
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES** **73**

*FLOW ANALYSIS OF A CONTINUOUS CASTING DISTRIBUTOR WITH DIGITAL
IMAGE PROCESSING*

María de Lourdes Cerritos Arriaga, María del Carmen Coronado
Rivera, Jafeth Rodríguez Ávila y Rodolfo C. Morales Dávila

**BIORREMEDIACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MEMBRANAL PARA
LA DETECCIÓN DE BLANCOS TERAPÉUTICOS DE CÁNCER DE PÁNCREAS Y
MEDULOBLASTOMA** **86**

*BIOREMEDIATION AND MEMBRANE CHARACTERIZATION FOR DETECTION OF
THERAPEUTIC TARGETS FOR PANCREATIC CANCER AND MEDULLOBLASTOMA*

Marijose Laureano Rivera, Alba Adriana Vallejo Cardona y
Eduardo Guillermo Gómez Rojas

**HÁBITOS ALIMENTARIOS, SOBREPESO Y OBESIDAD EN ESTUDIANTES DE
UNA UNIVERSIDAD DEL NORTE DE MÉXICO** **97**

*EATING HABITS, OVERWEIGHT AND OBESITY IN STUDENTS AT A UNIVERSITY IN
NORTHERN MEXICO*



CienciAcierta

Evelin Elin Medina Martínez, Milagros María de Jesús Méndez Nieto, Ana Laura Tovar Gallegos, María Eugenia Cerevera Baas y Julio Barajas Sánchez

TRATAMIENTO CONSERVADOR Y PRESERVACIÓN DE UN ÓRGANO EN EL TRAUMA RENAL CONTUSO DE ALTO GRADO EN UN PACIENTE PEDIÁTRICO: REPORTE DE CASO **114**

CONSERVATIVE TREATMENT AND PRESERVATION OF AN ORGAN OF HIGH-GRADE BLUNT RENAL TRAUMA IN A PEDIATRIC PATIENT: A CASE REPORT

Roberto Antonio Alvarado Hernández y Fabiola Álvarez Rosales

APLICACIÓN DEL ÓXIDO DE ESTAÑO COMO UN CATALIZADOR EFICIENTE PARA LA FOTODEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES **123**

APPLICATION OF TIN OXIDE AS EFFICIENT CATALYST FOR THE PHOTODEGRADATION OF POLLUTANTS IN WASTEWATER

José Higinio Mayorga Estrada, Víctor Hugo Martínez Landeros, Sergio García Villarreal y Luis Alfonso García Cerda

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DERIVADO DE UN MURO TROMBE PARA CALENTAMIENTO DE CASAS DE INTERÉS SOCIAL **137**

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DERIVATIVE OF A TROMBE WALL FOR HEATING HOUSES OF SOCIAL INTEREST

Alondra Lizeth Cerda Espinoza, Emiliano Galena Hurtado, Andrea Guel Fraire, Edgar Daniel Segovia Álvarez y Ernesto Oyervides Muñoz



CienciAcierta

149

DEPRESIÓN, ANSIEDAD, ESTRÉS Y BIENESTAR PSICOLÓGICO EN ESTUDIANTES DE MEDICINA. ANÁLISIS DE PREVALENCIA A NUEVE MESES DE LA PANDEMIA COVID-19

DEPRESSION, ANXIETY, STRESS AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN MEDICAL STUDENTS. PREVALENCE ANALYSIS NINE MONTHS AFTER COVID-19 PANDEMIC

Alejandro Zapata Ramírez, Jesús A. Morlett Chávez, Ana Cecilia Cepeda Nieto, Gilberto Esquivel Muñoz, Carmen Aleida Flores, José G. Tovar y Eduardo Meneses Sierra

171

USO DEL CELULAR Y SU IMPACTO EN LA VIDA DIARIA

CELL PHONE USE AND ITS IMPACT ON EVERYDAY LIFE

Mariana Betsabé Martínez Sandoval y Elsa Edith Rivera Rosales



CienciAcierta

TRIADA DE RIGLER: UN HALLAZGO POCO USUAL EN UNA RADIOGRAFÍA DE ABDOMEN

RIGLER'S TRIAD: AN UNUSUAL FINDING ON THE ABDOMINAL X-RAY

RESUMEN

El íleo biliar es una complicación rara de la colecistolitiasis, así como una causa poco frecuente de obstrucción intestinal, siendo difícil de diagnosticar antes del tratamiento quirúrgico si es que no se cuenta con una tomografía previa, en la que se puede apreciar la triada de Rigler (neumobilia, distensión de asas intestinales y lito biliar ectópico) en casi la totalidad de los pacientes, caso contrario a la radiografía de abdomen, donde la triada es poco detectada. En el siguiente artículo se presenta un caso de íleo biliar con los tres hallazgos de la triada patognomónica claramente detectados en radiografía de abdomen, corroborados de forma tomográfica, resolviéndose al realizar enterotomía y retirar el lito biliar ectópico causante la obstrucción intestinal.

Palabras clave: triada de Rigler; neumobilia; obstrucción intestinal; lito biliar ectópico.

ABSTRACT

Gallstone ileus is a rare complication of cholecystolithiasis, as well as a rare cause of intestinal obstruction, being difficult to diagnose before surgical treatment if there is no prior a CT scan beforehand, in which Rigler's triad (pneumobilia, smallbowel loops distension and ectopic biliary stone) can be visualized in almost all patients, contrary to the abdominal x-ray, where the triad is rarely detected. The following article

ROBERTO ANTONIO
ALVARADO HERNÁNDEZ ¹,

FABIOLA ÁLVAREZ ROSALES ²

1. Hospital General de Sub-
Zona Núm. 27 Palaú IMSS,
Universidad de Monterrey.

2. Ginecología y Obstetricia
Hospital General
Universitario de Torreón,
UAdeC.

Correspondencia
ra_ah17@hotmail.com

Fecha de recepción
8 de octubre de 2024.

Fecha de aceptación
14 de enero de 2025.

presents a case of gallstone ileus with the three findings of the pathognomonic triad clearly detected in an abdominal X-ray, corroborated by tomography, and being surgically treated by performing an enterotomy and removing the ectopic biliary stone causing the intestinal obstruction.

Keywords: *Rigler´s triad; pneumobilia; bowel obstruction; ectopic biliary stone.*

INTRODUCCIÓN

El término de íleo biliar fue acuñado por primera vez por Bartolin en 1654, refiriéndose a una obstrucción intestinal mecánica que involucra un paro en el flujo del contenido intestinal, desarrollado por un lito de la vesícula biliar que migra al interior del intestino delgado (Fan y col., 2023), representando sólo el 0.5% de las causas de obstrucción intestinal, y siendo una rara complicación de pacientes con litiasis vesicular reportada en un 0.3-0.5% (Matli y col., 2023).

La fisiopatología detrás de este trastorno inicia desde el momento en el que existen adherencias entre la vesícula biliar y el intestino delgado consecuente a una colecistitis crónica, con el paso del tiempo, la presión constante que puede ejercer un lito biliar sobre la pared vesicular ocasionará erosión y necrosis de ésta, desarrollando una fistula bilio-enterica que permitirá la entrada del lito biliar al intestino delgado (Figura 1) (Valgaeren y col., 2023).



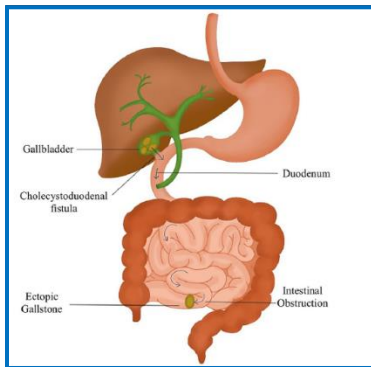


Figura 1. Fisiopatología del íleo biliar (Gaikwad y Marathe, 2023).

El íleo terminal y la válvula ileocecal serán los sitios de mayor impactación del lito biliar (50-90%), debido a que estos son los puntos del intestino con menor diámetro y con menor peristalsis, llamándose síndrome de Barnard al encontrarse en esta

localización (Aporowicz y col., 2023), siendo yeyuno, ligamento de Treitz, estómago, duodeno y colon otros sitios de impactación, aunque poco comunes (Gaikwad y Marathe, 2023), denominándose como síndrome de Bouveret cuando exista obstrucción de la salida gástrica por lito biliar que impacte en el bulbo duodenal (Valgaeren y col., 2023). De forma radiológica estos mecanismos ya mencionados nos permitirán apreciar aerobilia, obstrucción intestinal y lito biliar ectópico en múltiples estudios de imagen, siendo el conjunto de estos hallazgos ampliamente conocido como triada de Rigler (Fernández y col., 2023).

El tratamiento consistirá en la remoción quirúrgica del lito ectópico por medio de una enterotomía proximal, con o sin la resolución de la fístula bilioenterica en el mismo tiempo quirúrgico, esto dependiendo de las condiciones generales del paciente, sin embargo, según la literatura, la enterolitotomía sin resolución de la fístula es el tratamiento más comúnmente realizado, seguido de la colecistectomía en un segundo tiempo, siendo limitados los pacientes candidatos realizarse en el mismo tiempo quirúrgica (Helmy y Riska, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio observacional descriptivo retrospectivo relacionado al diagnóstico radiológico del íleo biliar.



RESULTADOS

Reportamos el caso de un paciente femenino de 65 años que ingresa al servicio de urgencias con diagnóstico de obstrucción intestinal, teniendo como antecedentes de importancia la presencia de hipertiroidismo de 10 años de evolución en tratamiento con tiamazol y propranolol, histerectomía hace 30 años, y alergia al Trimetoprim con sulfametoxazol.

Inicia su padecimiento hace cinco años con la presencia de dolor abdominal tipo cólico en epigastrio e hipocondrio derecho irradiado a espalda, asociado a consumo de colecistoquinéticos e irritantes, así como a la presencia de vómitos de contenido gastralimentario con mejoría del dolor posterior a estos, manejándose con omeprazol, metamizol sódico y butilhioscina con mejoría, exacerbándose en los últimos tres meses. Se agrega ausencia de evacuaciones y canalización de gases diez días antes de ingreso, con posterior intolerancia a la vía oral y múltiples vómitos de características biliares.

A la exploración física cuenta con tensión arterial de 130/60 mmHg, frecuencia cardiaca de 80 lpm, SatO₂ 94%, Temperatura de 37°C, consiente, 15 puntos en la escala de Glasgow, orientada, con marcha antialgica en su ingreso, mucosas secas con palidez de piel y tegumentos, tórax con pulmones con buena entrada y salida de aire, precordio sin alteraciones. Abdomen distendido, doloroso a la palpación superficial y profunda en hemiabdomen superior, rebote negativo, peristalsis ausente, hipertimpanico en abdomen superior y mate en abdomen inferior. Tacto rectal con ámpula vacía.

Como manejo inicial se coloca sonda Foley presentando gasto con orina concentrada, colocación de sonda nasogástrica con gasto inicial de 80 ml de características intestinales, solicitándose laboratorios y estudios de imagen.

Los laboratorios reportan Hb 11.6 g/dL, Hto 35.5 %, Leu 12.4 10³/μL, Neu 70%, Bandas 0%, Pla_q 170 10³/μL, Glucosa 89 mg/dL, Cr 0.7



mg/dL, Urea 17.1 mg/dL, Na 134 Mmol/L, Cl 105 Mmol/L, K 3.2 Mmol/L, BT 0.5 mg/dL, BI 0.3 mg/dL, BD 0.2 mg/dL, Albumina 2.3 g/dL, TGO 32 UI/L, TGP 29 UI/L, GGT 101 UI/L, FA 100 UI/L, DHL 375 UI/L.

En cuanto a los estudios de imagen se logra apreciar en la radiografía de abdomen en decúbito dilatación de asas intestinales con signo en pila de monedas, visualización marcada de la vía biliar (aerobilia) y el aparente lito biliar ectópico en hipogastrio, integrándose la Triada de Rigler en radiografía (Figura 2). El USG solo reporta distensión intestinal, mientras que en la tomografía se reafirma el hallazgo radiográfico al visualizar aire en vía biliar, asas intestinales distendidas y una imagen quística en el interior de las asas intestinales a nivel de hipogastrio (Figura 3 y 4).

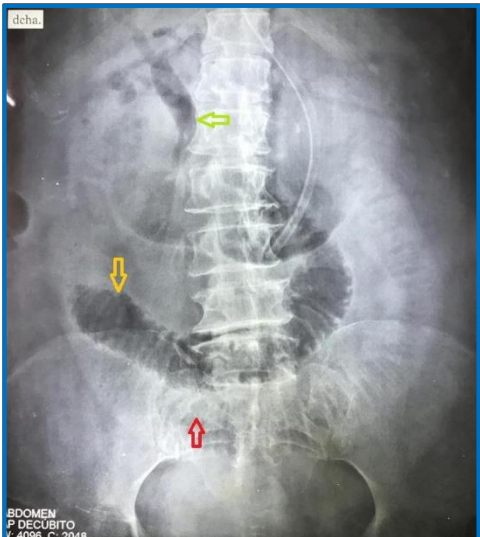


Figura 2. Triada de Rigler en radiografía de abdomen simple: Neumobilia (verde), asas intestinales distendidas (amarillo) y lito biliar ectópico (rojo).

Figura 3. Triada de Rigler en corte coronal de tomografía: Neumoebilia (verde), asas intestinales distendidas (amarillo) y lito biliar ectópico (rojo).

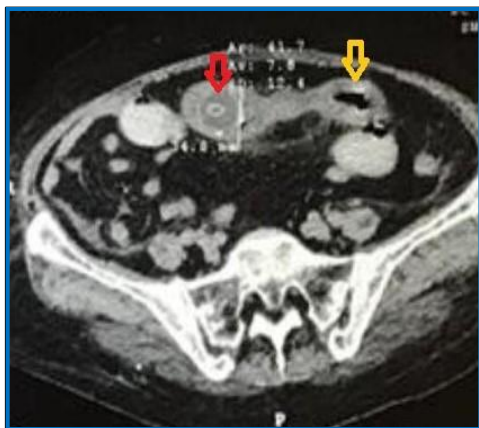
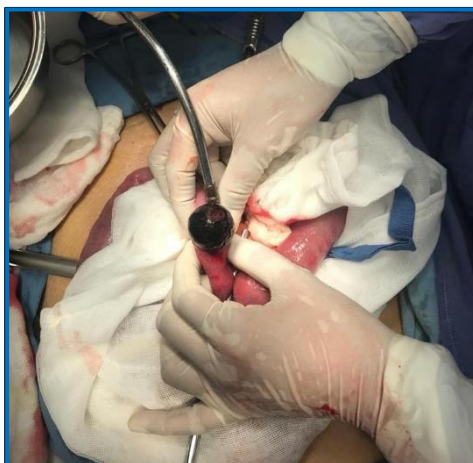


Figura 4. Triada de Rigler en corte axial de tomografía: Asas intestinales distendidas (amarillo) y lito biliar ectópico (rojo).

Figura 5. Laparotomía con enterolitotomía.



Al llegar al diagnóstico de íleo biliar se complementa manejo prequirúrgico con la colocación de catéter venoso central, omeprazol 40 mg cada 24 h, ketorolaco 30 mg cada 8 h, ceftriaxona 1 g cada 12 h y metronidazol

500 mg cada 8 h, ingresando a quirófano para realización de laparotomía exploratoria y enterolitotomía. Durante la cirugía se encuentra distensión de asas intestinales con zona de obstrucción a 160 cm del ligamento de Treitz, palpándose lito en su interior. Se clampea intestino de forma proximal y se realiza enterotomía longitudinal en borde antimesentérico a 10 cm de obstrucción con extracción de lito de aproximadamente 3-4 cm (Figura 5), con posterior cierre de intestinal en dos planos y colocación de drenaje penrose dirigido a hueco pélvico.

La paciente presenta buena evolución con retiro de la sonda nasogástrica al segundo día de postoperatorio, inicio de dieta al tercer día con buena tolerancia y retiro de drenaje Penrose al quinto día, dándose de alta a domicilio, con seguimiento siete días después, encontrándose en buenas condiciones.

DISCUSIÓN

La importancia del caso anteriormente comentado radica en que el íleo biliar es un diagnóstico que se realizara de forma preoperatoria en menos del 50% de los casos, siendo la triada de Rigler patognomónica al encontrarse en los estudios de imagen (Morales-Ortiz y col., 2021), no obstante, debemos recordar que ésta solo se encontrara en un 40-70% de los pacientes (Said-Degerli y col., 2021).

Si bien, para poder llegar al diagnóstico contamos con una amplia gama de estudios complementarios, lo cierto es que la tomografía se posiciona como el estándar de oro al tener una sensibilidad de 93%, especificidad de 100%, y una tasa de precisión del 99%, mientras que el uso de ultrasonido puede encontrarse limitado al ser operador dependiente y presentar dificultades técnicas al coexistir una dilatación de asas intestinales, sin embargo, con una eficiencia reportada del 95%, pudiendo identificar el sitio de fistula, el lito ectópico y colelitiasis (Gungor y col., 2020)



Por otro lado, aunque la radiografía es un estudio disponible en la gran mayoría de las unidades médicas, esta no suele proporcionar los signos radiológicos que conforman a la triada de Rigler, puntualmente debido a que la mayoría de los litos son radiolúcidos, por lo que la detección de estos a la radiografía solo se dará en un 15% (Orellana y col., 2021), esto relacionado a que solo el 10% de los litos ectópicos se encontraran calcificados (Kosco y col., 2023).

CONCLUSIONES

La identificación de la triada de Rigler es difícil y poco frecuente de encontrar en los estudios de imagen, siendo apreciable en la mayoría de las ocasiones con estudios que nos proporcionan una mayor sensibilidad y un mejor panorama anatómico como lo son el ultrasonido y la tomografía abdominal, sin embargo, en pocas ocasiones será posible identificar los hallazgos que nos hagan llegar al diagnóstico de un íleo biliar con una radiografía simple de abdomen antes de la exploración quirúrgica, no obstante, siempre es necesario tomar en cuenta estos hallazgos radiológicos ante un paciente con obstrucción intestinal y antecedentes de colecistitis crónica.

REFERENCIAS

Aporowicz, M., Zrabkowski, M., Sowa, M., Śliwa, A., Czopnik, P., Kaliszewski, K. (2024). Bernard's syndrome with Rigler's triad: a rare cause of bowel obstruction. *Polish Archives of Internal Medicine*, 134(1):16620. doi:10.20452/pamw.16620.

Fan, W., Liu, M., Feng, X. (2023). Endoscopic and surgical treatment of jejunal gallstone ileus caused by cholecystoduodenal fistula: A case report. *World*



Journal of Clinical Cases, 11(17): 4159-4167. DOI: 10.12998/wjcc.v11.i17.4159

Fernández, M., Pérez, I., Ordieres, C., Gejo, Á., Amor, P., Álvarez, M., Fernández, F., Huergo, A. (2023). Upper gastrointestinal bleeding and Rigler triad. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 116(5):286-287. doi: 10.17235/reed.2023.9731/2023

Gaikwad, S., Marathe, M. (2023) Gallstone Ileus: Clinical Presentation and Radiological Diagnosis. *Cureus*, 15(7): e42059. DOI 10.7759/cureus.42059.

Gungor, F., Atalay, Y., Acar, N., Gur, E., Kokulu, I., Acar, T., Karasu, S., Dilekm O. (2020). Clinical outcome of gallstone ileus; a single-centre experience of case series and review of the literature. *Acta Chirurgica Belgica*, 122(1), 7-14. <https://doi.org/10.1080/00015458.2020.1816673>

Helmy, N.A., Ryska, O. (2023) Gallstone Ileus Post-cholecystectomy: A Case Review. *Cureus*, 15(1): e33345. DOI 10.7759/cureus.33345

Kosco, E., Keener, M., Waack, A., et al. (2023) Radiological Diagnosis and Surgical Treatment of Gallstone Ileus. *Cureus*, 15(5): e38481. DOI10.7759/cureus.38481.

Matli, V.V.K., Marler, K.C., Morgan, A., Pujala V., Pandit S., Morris J. (2023) Gallstone Enteropathy: An Unusual Cause of Bowel Obstruction. *Cureus*, 15(9): e44707. doi: 10.7759/cureus.44707.

Morales-Ortiz, J., Cota-Novoa, M., Bernal, G., Salinas-Quintero, X., González-García, A. (2021). Obstrucción intestinal secundaria a íleo biliar: reporte de caso. *Cirugía y Cirujanos*, 89(S2):31-33. DOI: 10.24875/CIRU.21000022.

Orellana, M., Vegas, L., C´aceres, A., Villarroel, M., Soto, P. (2021). Laparoscopic management of gallstone ileus: A case report and literature review. *International Journal of Surgery Case Reports*, 85 (2021): 106171. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2021.106171>.

Said-Degerli, M., Hogir, A., Kandaz, O., Husemoglu, K., Karagoz, O., Altundal, Y., Yildiz, T. (2021). How correct is the postponed cholecystectomy during the coronavirus disease-19 pandemic process? Gallstone ileus is not a myth anymore. *Cirugía y Cirujanos*, 89(3):390-393. DOI: 10.24875/CIRU.21000043



Valgaeren, B., Van Snick, E., Claikens, B. (2023). Gastric Outlet Obstruction Caused by Complicated Cholelithiasis: Bouveret Syndrome. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, 107(1):74. doi: 10.5334/jbsr.3013.

DESAFÍO Y PROPUESTAS DE LA EQUIDAD DE GÉNERO EN HISPANOAMÉRICA Y EL NEARSHORING: ANÁLISIS ESPECÍFICO PARA SALTILLO-RAMOS ARIZPE

CHALLENGES AND PROPOSALS FOR GENDER EQUITY IN LATIN AMERICA AND NEARSHORING: SPECIFIC ANALYSIS FOR SALTILLO-RAMOS ARIZPE

FÉLIX RUBÉN LOSTAL
MARTÍNEZ

HLM Consulting &
Engineering, Saltillo,
Coahuila.

RESUMEN

El artículo examina el impacto potencial del nearshoring en la equidad de género Hispanoamérica y hace un acercamiento al área de Saltillo-Ramos Arizpe (México). El *nearshoring*, que implica la relocalización de operaciones de manufactura y servicios cerca de América del Norte, ofrece oportunidades significativas para el crecimiento económico y la creación de empleo en Hispanoamérica, pero también presenta desafíos importantes en términos de desigualdades de género. A pesar de los avances, las mujeres en Hispanoamérica siguen enfrentando barreras significativas en el mercado laboral. Este artículo analiza tanto los impactos positivos como negativos del nearshoring en la equidad de género y propone estrategias para garantizar que las mujeres se beneficien de este cambio económico. Las recomendaciones incluyen políticas gubernamentales, programas de desarrollo de habilidades, iniciativas en el lugar de trabajo, alianzas público-privadas, campañas de educación y concienciación, y mecanismos de evaluación y monitoreo. Concluye que, mediante la implementación de políticas específicas, el nearshoring puede ser un catalizador para un desarrollo inclusivo y sostenible en Hispanoamérica.

Palabras clave: *nearshore*; equidad de género; Hispanoamérica; desarrollo económico; participación en la fuerza laboral.

Correspondencia
direccion@hlmingeneria.es
ORCID 0000-0001-9689-4456

Fecha de recepción
18 de junio de 2024.

Fecha de aceptación
15 de enero de 2025.

ABSTRACT

This paper examines the potential impact of nearshoring on gender equity in Hispanoamerica and focuses on the area of Saltillo-Ramos Arizpe (Mexico). Nearshoring, which involves relocating manufacturing and service operations closer to North America, offers significant opportunities for economic growth and job creation in Hispanoamerica but also presents important challenges in terms of gender inequalities. Despite advances, women in Hispanoamerica continue to face significant barriers in the labor market. This article analyses both the positive and negative impacts of nearshoring on gender equity and proposes strategies to ensure that women benefit from this economic shift. Recommendations include governmental policies, skill development programs, workplace initiatives, public-private partnerships, education and awareness campaigns, and evaluation and monitoring mechanisms. It concludes that, through the implementation of specific policies, nearshoring can be a catalyst for inclusive and sustainable development in Hispanoamerica.

Keywords: *nearshore; gender equity; Latin America; economic development; labor force participation.*

INTRODUCCIÓN

El fenómeno del *nearshoring* está transformando el panorama económico global. A medida que las empresas buscan diversificar sus cadenas de suministro y reducir la dependencia de ubicaciones distantes como Asia. Hispanoamérica está emergiendo como un destino principal para la inversión. Esta tendencia ofrece un camino prometedor para el crecimiento económico y la creación de empleo en la región. Sin embargo, es crucial abordar los posibles inconvenientes, particularmente en relación con la equidad de género.



El propósito de este artículo es examinar cómo el *nearshoring* podría influir en la equidad de género en Hispanoamérica y proponer estrategias que aseguren que las mujeres no se queden atrás en esta transformación económica. Al comprender las dinámicas actuales de género en la región y los posibles impactos del *nearshoring*, podemos identificar acciones que promuevan un desarrollo más inclusivo y equitativo, teniendo en cuenta que según el Banco Interamericano de Desarrollo informa de continuo crecimiento que se viene para Hispanoamérica (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

Según cálculos del Banco Interamericano de Desarrollo, la ganancia potencial para América Latina y el Caribe de las oportunidades de *nearshoring* en el corto y mediano plazo podrían representar un aumento de hasta US\$78.000 millones en nuevas exportaciones de bienes y servicios, con importantes oportunidades para la región en la industria automotriz, textil, farmacéutica y energías renovables, entre otras.

México y Brasil tendrían las mayores oportunidades, aunque todos los países se beneficiarían, de acuerdo con datos adelantados de un estudio a publicarse pronto. La cifra de US\$78.000 millones se compone de US\$64.000 millones en comercio de bienes y US\$14.000 millones en comercio de servicios.

Para México en particular la inversión extranjera directa en los últimos años ha sido según la Secretaría de Economía de México (2023), tal y como se observa en la siguiente tabla **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se alcanzaron treinta y seis mil cincuenta y ocho millones de dólares.

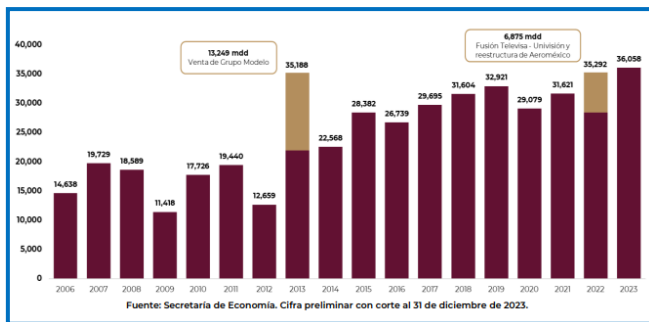


Figura 1. Inversión extranjera directa en México. Fuente: (Secretaría de Economía, 2023).

Y para el 2024 se espera que la inversión extranjera directa (IED) en México alcance los 38 mil millones de dólares, según la Cámara de Diputados (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas 2023)

De acuerdo con la encuesta recabada por el Banco de México en noviembre del presente año, el sector privado estima que la entrada de recursos a México por concepto de IED podría ascender a 36 mil 659 mdd en 2023 y 38 mil 774 mdd para 2024.

ANTECEDENTES

LA BRECHA DE GÉNERO EN HISPANOAMÉRICA

Contexto actual. A pesar de los avances significativos en las últimas décadas, Hispanoamérica sigue enfrentando una brecha de género persistente. Como se puede observar en la Figura 2, las mujeres en Hispanoamérica parten con la desventaja generalizada de tener menor porcentaje de personas con estudios superiores (nivel universitario), con cerca de un 20% inferior al de los hombres.

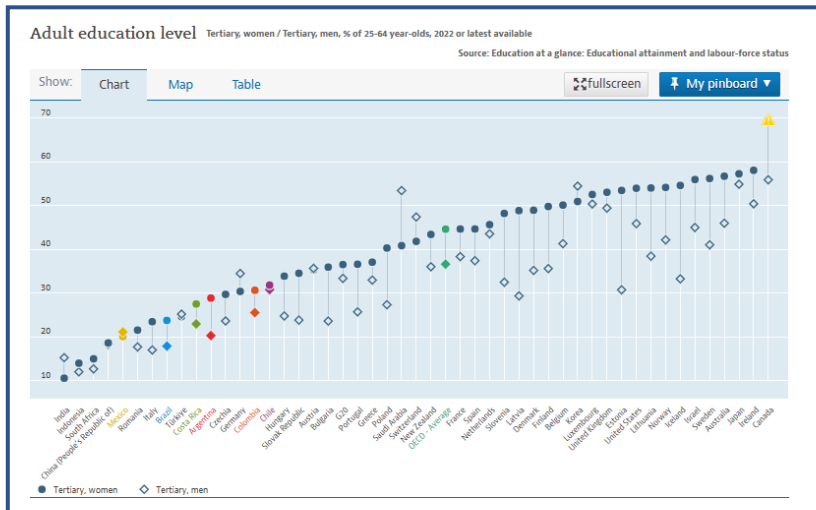


Figura 2. Nivel de educación superior H/M. (OCDE, 2024).

Para niveles de educación secundaria, también según la OCDE, la situación mejora, como se puede observar en la Figura 3, siendo los niveles para hombres y mujeres bastante similares.

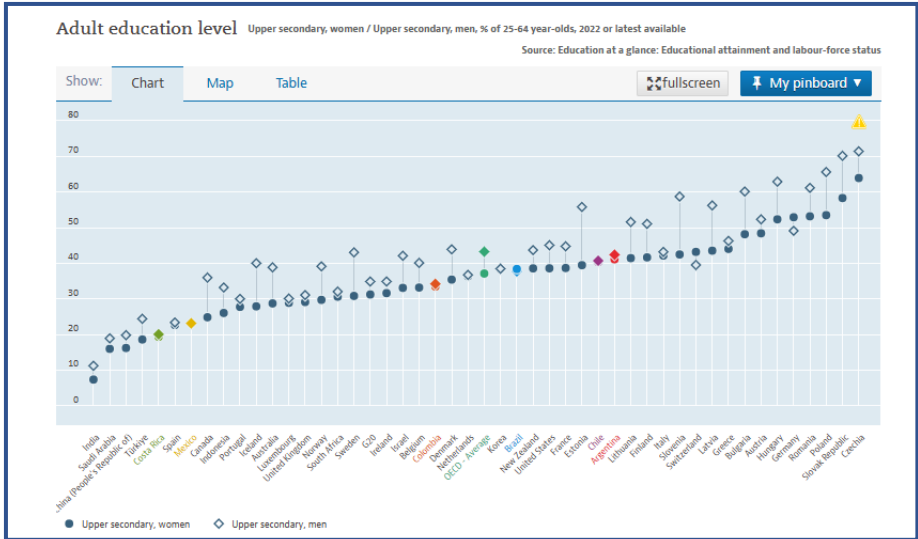


Figura 3. Nivel de educación secundaria H/M. (OCDE, 2024).

Y en el caso especial de las ciudades de Saltillo y de Ramos Arizpe, las personas presentan una gran disparidad en los niveles educativos entre ambas ciudades para ser unas ciudades tan cercanas y que pertenecen al área metropolitana de Saltillo como se observa en las figuras 4 y 5, todo esto según los datos estadísticos del portal del Gobierno de México, Data México, donde si tomamos solo como referencia las personas con licenciatura se observa que la población de Saltillo tiene el 22,3% (De acuerdo con la directiva ISO/IEC, Parte 2 2021 (ISO, 2021) la coma es el único separador decimal en todos los idiomas), de la misma frente al 15,3% en Ramos Arizpe.

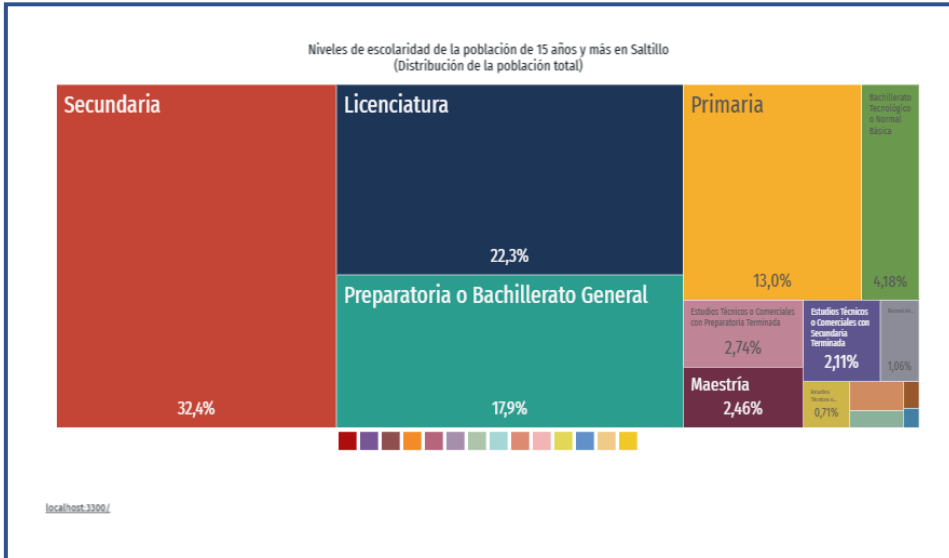


Figura 4. Niveles de escolaridad en Saltillo. (Gobierno de México, 2024).

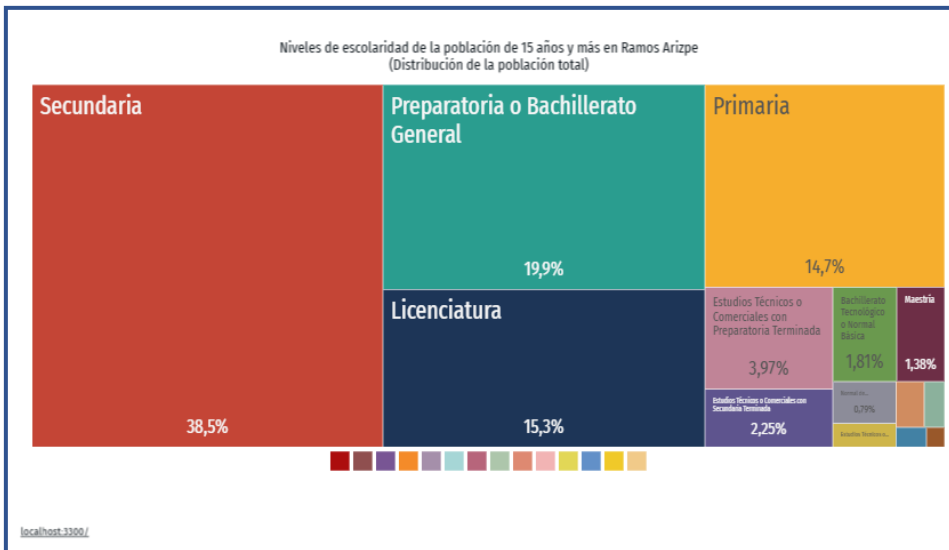


Figura 5. Niveles de escolaridad en Ramos Arizpe. (Gobierno de México, 2024).

Con los datos anteriores se realizó la Tabla 1, donde se observa que entre ambas ciudades ya hay una gran diferencia, siendo la población de Saltillo (Gobierno de México, 2024) la que tiene una mayor preparación académica.

Tabla 1. Comparativa niveles educativos de Saltillo y Ramos Arizpe.

	Saltillo	Ramos Arizpe
Primaria	13,0%	14,7%
Secundaria	32,4%	38,5%
Preparatoria o Bachillerato General	17,9%	19,9%
Licenciatura	22,3%	15,3%

La información presentada de Saltillo y de Ramos Arizpe es sobre población total mayor a 15 años, y sobre esta información base se puede hacer la comparativa por ciudad y sexo, primero para Saltillo, como se puede observar en la Figura 6.

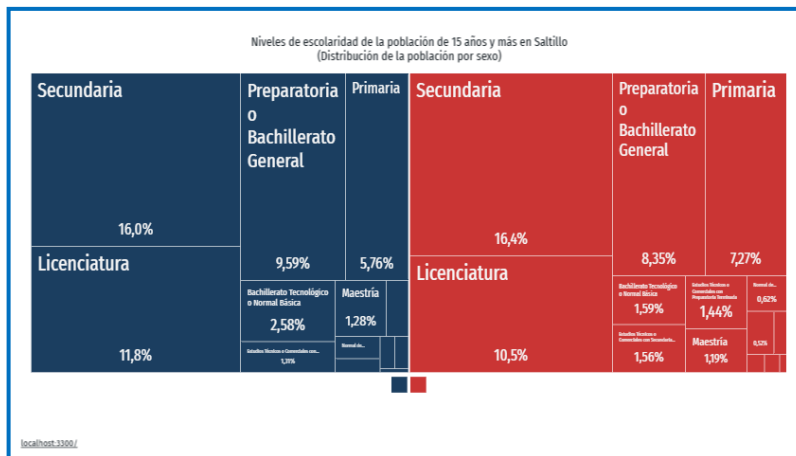


Figura 6. Nivel educativo en Saltillo, por sexo (Gobierno de México, 2024).

Donde los porcentajes de media y superior son mayores en los hombres frente a las mujeres. Tomando el caso de licenciatura los hombres son el 11,8% de la población total frente al 10,5% de las mujeres. Por lo que de entrada ya se encuentra uno de los puntos de partida para las diferencias que afectaran a la equidad laboral en el futuro.

Se hace el mismo análisis para la ciudad de Ramos Arizpe y en la Figura 7 se puede observar de nuevo que las mujeres tienen una preparación inferior que los hombres, mujeres con licenciatura son el 7% de la

población total frente al 8,35% de los hombres, aunado al hándicap de que las personas de Ramos Arizpe tienen menores cualificaciones a nivel educativo que las personas de Saltillo.

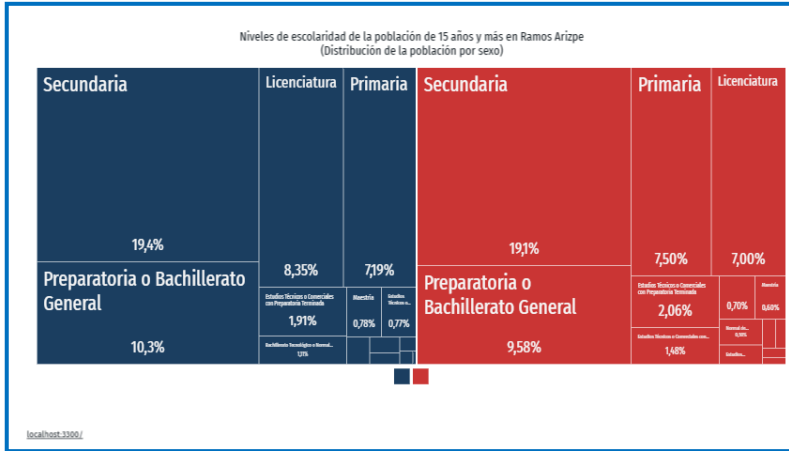


Figura 7. Nivel educativo en Ramos Arizpe, por sexo. (Gobierno de México, 2024),

A nivel de Hispanoamérica, las mujeres están infrarrepresentadas en la fuerza laboral formal, como se puede observar en la Figura 8, donde se ve que los porcentajes de hombres trabajando en edad laboral son por mucho superiores a los de mujeres ocupadas en edad laboral, alcanzando cotas superiores a un 50% más de hombres que mujeres ocupadas.

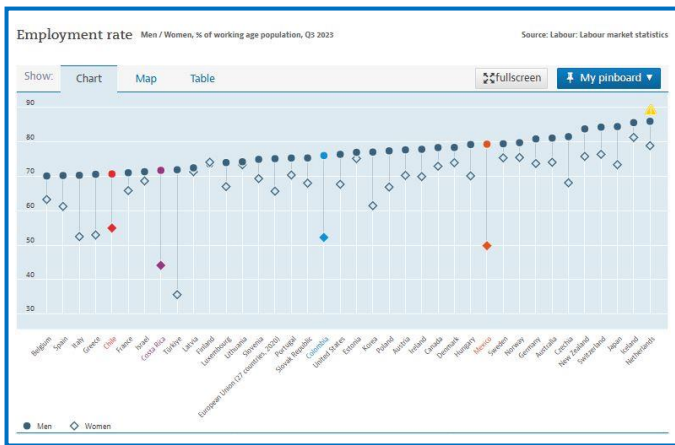


Figura 8. Ratios de empleo por sexo, en los países de la OCDE. (OCDE, 2023).

Las mujeres a menudo son relegadas a trabajos peor remunerados con oportunidades limitadas de avance laboral como se observa en la Figura 9, donde en México es superior al 15%. Además de todo ello, enfrentan barreras culturales y falta de acceso a cuidado infantil y educación como se ha visto anteriormente, lo que obstaculiza su participación económica tal como se ha descrito en este punto previamente.

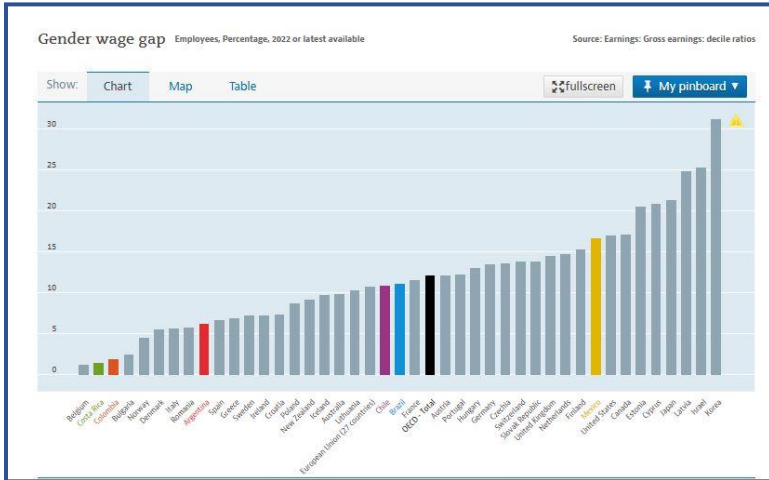


Figura 9. Porcentaje de diferencia salarial entre hombres y mujeres. (OCDE, 2022)

Según el Banco Mundial, las mujeres en Hispanoamérica y el Caribe representan el 41,9% de la fuerza laboral, tal y como se puede observar en la Figura 10, está muy por debajo del 68,1% que representan los hombres, lo que abre de una forma considerable el hueco en equidad entre los hombres y mujeres.

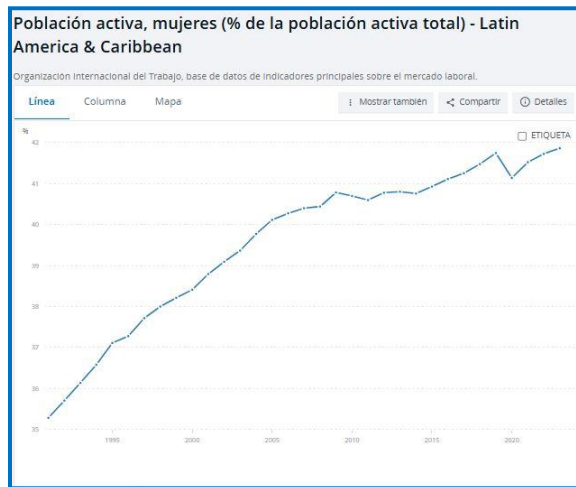


Figura 10. Población activa de mujeres en Hispanoamérica y el Caribe. (Banco Mundial, 2023),

Estas estadísticas reflejan desigualdades sistémicas que limitan las oportunidades de las mujeres en el mercado laboral. Las normas sociales y culturales tradicionales en muchas partes de Hispanoamérica asignan a las mujeres la responsabilidad principal del cuidado del hogar y los hijos, lo que restringe su capacidad para participar plenamente en la fuerza laboral. Además, la falta de políticas de apoyo, como licencias parentales remuneradas y cuidado infantil accesible, agrava estos desafíos.

El acceso limitado a la educación, como ya se ha visto, y a la capacitación perpetúa la brecha de género. Las mujeres tienen menos probabilidades de completar estudios superiores y de recibir formación en campos de alta demanda como la tecnología y la ingeniería. Esta falta de capacitación y educación adecuada restringe sus oportunidades de empleo en sectores emergentes y mejor remunerados, perpetuando así el ciclo de desigualdad.

Haciendo el mismo análisis para las mujeres que residen en Coahuila, podemos ver la evolución de la población económicamente activa, como se aprecia en la Figura 11, donde los hombres alcanzan una tasa de empleabilidad del 76,1% frente al 48,4% de las mujeres.

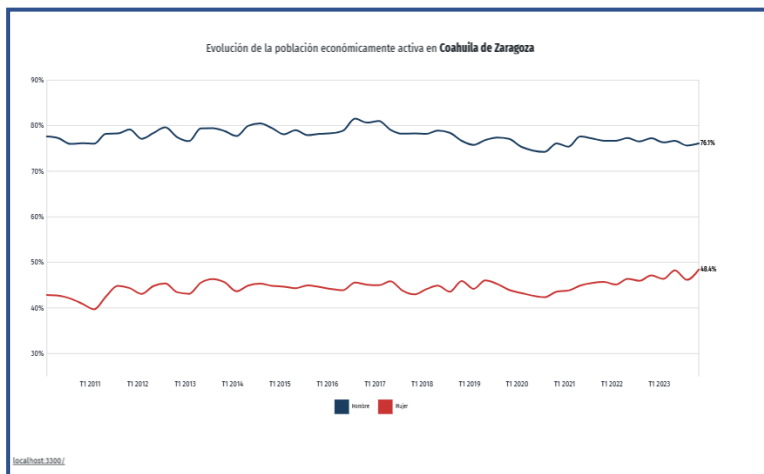


Figura 11. Evolución de la población económicamente activa en Coahuila de Zaragoza. (Gobierno de México, 2024).

En cuanto a los salarios, sigue la misma tendencia que se encuentra en toda Hispanoamérica, podemos observar la evolución del salario

promedio mensual en Coahuila de Zaragoza en la Figura 12; los hombres ganan de promedio 9.590 pesos mensuales frente a los 7.700 pesos mensuales de las mujeres, lo que significa un 19,7% menos que los hombres, estos datos incluyen los trabajos formales e informales donde el salario promedio del trabajo formal es de 10.100 pesos mensuales y el informal es de 6.620 pesos mensuales (Gobierno de México, 2024).

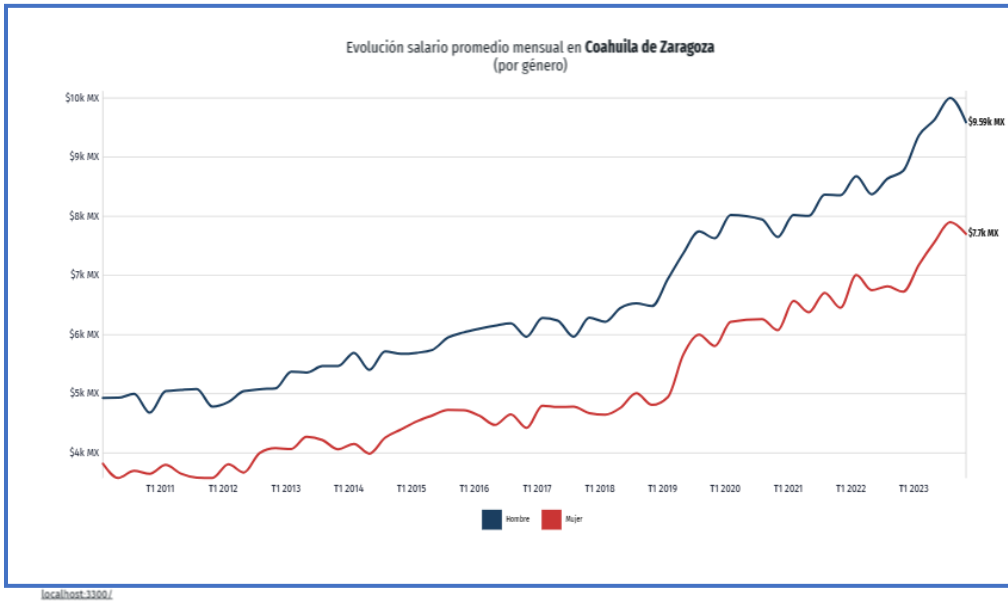


Figura 12. Evolución salario promedio mensual en Coahuila de Zaragoza. (Gobierno de México, 2024).

DESIGUALDADES SISTÉMICAS

Estas estadísticas reflejan desigualdades sistémicas como se ha descrito anteriormente presentando las limitaciones. A continuación, está el claro ejemplo de lo que sucede en México con las tareas de hogar, donde el 74% de las mismas recae en las mujeres (García, 2023), como bien lo explica la Figura 13.



Figura 13. El trabajo en el Hogar

La brecha de género se perpetúa debido al acceso limitado a la educación y la capacitación. Las mujeres tienen menos probabilidades de completar estudios superiores y de recibir formación en áreas de alta demanda como la tecnología y la ingeniería. Esta carencia de capacitación y educación adecuada limita sus oportunidades de empleo en sectores emergentes y mejor remunerados, perpetuando el ciclo de desigualdad.

Para el caso de Saltillo en específico, las mujeres no se decantan por las carreras universitarias STEM (Científicas, tecnológicas, ingenierías y matemáticas) como se observa en la Figura 14, donde las mujeres matriculadas en ingeniería son más de un 50% inferior que los hombres, para una ciudad netamente industrial.

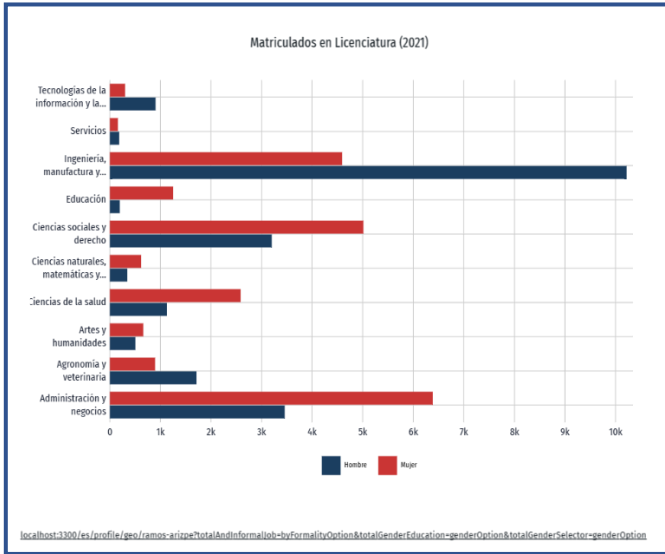


Figura 14. Matriculados en licenciaturas por sexo en Saltillo. (Gobierno de México, 2024).

La situación para Ramos Arizpe es incluso peor en estos rubros, véase la Figura 15, donde los rubros STEM son inferiores a lo que ocurre con los estudiantes en Saltillo, cayendo a cerca del 60% menos que los hombres en las ingenierías, para una ciudad que solo es industrial.

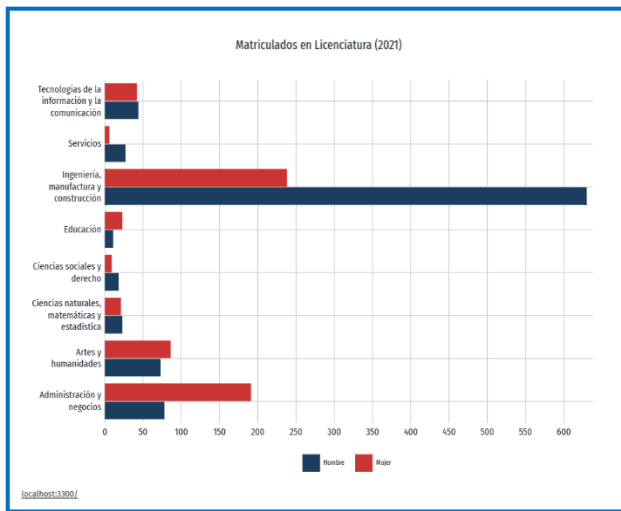


Figura 15. Matriculados en licenciatura por sexo en Ramos Arizpe (Gobierno de México, 2024).

IMPACTO DE LA PANDEMIA DE COVID-19

La pandemia de COVID-19 ha exacerbado muchas de estas desigualdades de género en Hispanoamérica. Las mujeres han sido desproporcionadamente afectadas por la pérdida de empleo y la reducción de ingresos, especialmente en sectores como el comercio minorista, la hostelería y los servicios domésticos, donde la fuerza laboral femenina es predominante. Además, el aumento de las responsabilidades de cuidado debido al cierre de escuelas y guarderías ha aumentado la carga sobre las mujeres, limitando aún más su capacidad para participar en la fuerza laboral.

Un informe del Banco Mundial (Banco Mundial, 2023) destaca que la tasa de participación laboral de las mujeres en la región retrocedió a niveles de hace una década durante la pandemia, como se observa en la Figura 10, en específico para Coahuila la destrucción de trabajo para las mujeres fue más prolongada en el tiempo y con una caída más rápida que la de los hombres y una recuperación más lenta, como se observa en la Figura 11.

Este retroceso pone de manifiesto la vulnerabilidad de los avances en equidad de género y la necesidad de políticas y medidas que no solo aborden la recuperación económica, sino que también promuevan la igualdad de género de manera sostenida.

DESARROLLO

NEARSHORING Y EQUIDAD DE GÉNERO: UNA ESPADA DE DOBLE FILO

El *nearshoring* puede crear nuevas oportunidades de empleo en Hispanoamérica, particularmente en sectores como manufactura y logística. Sin embargo, si estas oportunidades benefician

principalmente a los hombres, podría exacerbar las desigualdades de género existentes. A continuación, se analizan los posibles impactos.

Impactos positivos

- Aumento de la participación femenina en la fuerza laboral: las industrias *nearshore* pueden ofrecer más empleos formales con mejores salarios y beneficios, atrayendo a las mujeres al mercado laboral. Por ejemplo, el aumento de maquiladoras (plantas de manufactura) en México ha incrementado históricamente las tasas de empleo femenino en esas regiones hasta en un 20%.
- Desarrollo de habilidades y capacitación: la inversión en *nearshoring* puede llevar a programas de capacitación de habilidades aumentadas, que pueden beneficiar a las mujeres que buscan ingresar o avanzar en estos sectores. Las empresas están invirtiendo cada vez más en programas de capacitación para desarrollar talento local, y estas iniciativas pueden incluir un enfoque en mujeres.
- Formalización del empleo: el *nearshoring* puede fomentar la formalización del empleo, ofreciendo a las mujeres acceso a beneficios laborales, como seguridad social, pensiones y derechos laborales. Esto es particularmente relevante en un contexto donde muchas mujeres trabajan en la economía informal, sin acceso a estos beneficios.
- Empoderamiento económico: al proporcionar más oportunidades laborales formales, el *nearshoring* puede contribuir al empoderamiento económico de las mujeres. Un empleo formal y bien remunerado les permite tener mayor autonomía financiera y capacidad de decisión, lo que puede mejorar su estatus y poder dentro del hogar y la comunidad.

Impactos negativos

- Sesgo de género en la contratación: los roles de género tradicionales pueden llevar a las empresas a priorizar a los hombres para ciertos trabajos, incluso si las mujeres están igualmente calificadas. Una encuesta de la Organización



Internacional del Trabajo (OIT) encontró que la principal razón de discriminación en el trabajo es el sexo de las personas (Vera Rojas, 2006):

Discriminación por sexo. Las vacantes que registran algún requisito en cuanto al sexo del postulante ascienden a mil 757, lo que representa el 80 por ciento de las vacantes analizadas.

- Falta de ambientes laborales favorables para las mujeres: La ausencia de instalaciones de cuidado infantil, arreglos laborales flexibles podría disuadir a las mujeres de participar. Las mujeres participan menos que los hombres en la vida laboral cuando tienen hijos a cargo, como lo describe la Organización Internacional del Trabajo (Carrillo, 2024) y se observa en la Figura 16, donde las mujeres a cargo de hijos tienen una menor participación de la vida laboral.

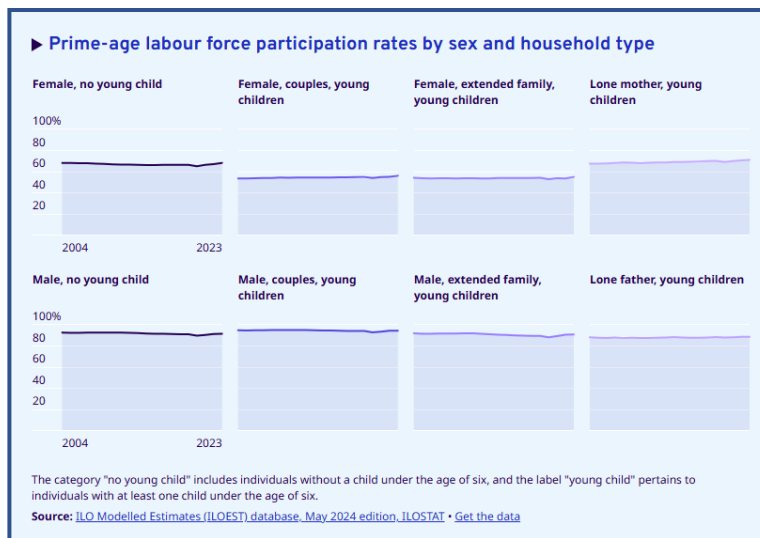


Figura 16. Participación de las mujeres en el trabajo.

- Exclusión de sectores estratégicos: las mujeres pueden ser excluidas de sectores estratégicos y mejor remunerados dentro del nearshoring, como la tecnología y la ingeniería, debido a la falta de formación y capacitación adecuada. Esto podría limitar su capacidad para aprovechar plenamente las oportunidades económicas que ofrece el nearshoring, se ha visto en el caso específico del tándem Saltillo-Ramos Arizpe que

las mujeres se decantan al menos un 50% menos que los hombres por la cualificación técnica.

- Doble carga de trabajo: si bien el nearshoring puede crear oportunidades de empleo, también existe el riesgo de que las mujeres enfrenten una doble carga de trabajo, al tener que equilibrar sus responsabilidades laborales con las responsabilidades del cuidado del hogar. Sin un apoyo adecuado, esto podría resultar en estrés y agotamiento, afectando negativamente su bienestar y productividad.

ESTRATEGIAS PARA PROMOVER LA EQUIDAD DE GÉNERO EN EL DESARROLLO NEARSHORE

Para garantizar que el *nearshoring* beneficie igualmente a las mujeres, es necesario un enfoque multifacético que contemple los siguientes puntos.

- Políticas gubernamentales: los gobiernos pueden implementar políticas que incentiven a las empresas a contratar y promover a las mujeres. Esto puede incluir exenciones fiscales para empresas con fuerzas laborales diversas y regulaciones que exijan igualdad de remuneración por trabajo igual.
- Programas de desarrollo de habilidades: programas específicamente dirigidos a mujeres en campos STEM y habilidades técnicas relevantes para las industrias *nearshore* pueden capacitarlas para estos trabajos. Por ejemplo, la iniciativa "Women in Tech" busca (Women in Tech, 2023):

To empower 5 MILLION WOMEN AND GIRLS in STEAM by 2030 through impactful action in four core areas: Education, Business, Digital Inclusion, and Advocacy. We build skills and confidence; ensuring women are primed for success in the ever-evolving tech landscape.

(Empoderar a 5 MILLONES DE MUJERES Y NIÑAS en CTEM para 2030 a través de acciones impactantes en cuatro áreas centrales: Educación, Negocios, Inclusión Digital y Defensa. Desarrollamos

habilidades y confianza, asegurando que las mujeres estén preparadas para el éxito en el panorama tecnológico en constante evolución.)

Los programas de desarrollo de habilidades también pueden incluir formación en liderazgo y gestión, preparando a las mujeres para ocupar roles de mayor responsabilidad y toma de decisiones dentro de las empresas. Esto no solo mejora sus perspectivas de carrera, sino que también contribuye a una mayor diversidad en los niveles de liderazgo, lo que puede tener un impacto positivo en la cultura organizacional y las políticas empresariales.

- **Iniciativas en el lugar de trabajo:** las empresas que operan en zonas nearshore deben implementar iniciativas como cuidado infantil en el lugar, arreglos laborales flexibles y políticas robustas contra la discriminación. Además, las empresas pueden desarrollar políticas de diversidad e inclusión que promuevan un ambiente laboral inclusivo y equitativo. Esto incluye la capacitación en sensibilización de género para todos los empleados, la creación de comités de diversidad y la implementación de mecanismos de reporte y manejo de casos de discriminación y acoso.
- **Alianzas público-privadas:** las colaboraciones entre gobiernos, sector privado y ONG pueden conducir a soluciones más integrales y sostenibles. Las alianzas público-privadas pueden también enfocarse en el desarrollo de infraestructura que apoye la participación femenina en la fuerza laboral, como la construcción de guarderías y centros de cuidado infantil, la mejora del transporte público seguro y accesible, y la implementación de servicios de salud y bienestar en las comunidades nearshore.
- **Campañas de educación y concienciación:** aumentar la concienciación sobre la importancia de la equidad de género y proporcionar educación sobre el sesgo de género puede cambiar las percepciones culturales y reducir las prácticas discriminatorias. Campañas como "HeForShe" (He for Her,



2022) se enfocan en:

Engaging young people is crucial to achieving gender equality and ensuring that it becomes an embedded principle of society. The next generation will inherit a world with many complex, interrelated challenges and it's the duty of people in positions of responsibility to help them address these challenges.

Involucrar a los jóvenes es crucial para lograr la igualdad de género y asegurar que se convierta en un principio arraigado en la sociedad. La próxima generación heredará un mundo con muchos desafíos complejos e interrelacionados, y es el deber de las personas en posiciones de responsabilidad ayudarlos a enfrentar estos desafíos.

Las campañas de educación y concienciación pueden ser realizadas a través de diversos medios, incluyendo programas educativos en escuelas y universidades, campañas en medios de comunicación, talleres comunitarios y eventos públicos. Al involucrar a toda la comunidad, estas iniciativas pueden contribuir a un cambio cultural más amplio que apoye la equidad de género en todos los aspectos de la vida social y económica.

EVALUACIÓN Y MONITOREO

Es esencial que las políticas y programas dirigidos a promover la equidad de género en el *nearshoring* sean evaluados y monitoreados regularmente para asegurar su efectividad. Esto incluye la recolección y análisis de datos desagregados por género, la realización de encuestas y entrevistas con empleados, y la revisión de prácticas y políticas empresariales.

Los gobiernos y las empresas pueden establecer comités de supervisión que incluyan a representantes de diferentes grupos de interés, como empleados, sindicatos, ONG y expertos en género, para garantizar una evaluación imparcial y completa. Estos comités pueden proporcionar recomendaciones para mejorar las iniciativas existentes y desarrollar nuevas estrategias para abordar los desafíos emergentes.



CienciAcierta

INVERSIONES EN TECNOLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN

La inversión en tecnología y automatización en las operaciones nearshore puede tener un impacto significativo en la equidad de género. Las tecnologías avanzadas pueden reducir la necesidad de trabajo manual intensivo, que a menudo es menos atractivo para las mujeres debido a sus responsabilidades domésticas. Además, la automatización puede crear nuevas oportunidades de empleo en áreas técnicas y de gestión que pueden ser accesibles para las mujeres con la formación adecuada.

Sin embargo, es importante asegurar que las mujeres tengan acceso igualitario a la capacitación y educación necesarias para aprovechar estas oportunidades. Esto incluye programas de reentrenamiento y desarrollo de habilidades que estén específicamente diseñados para mujeres y que aborden las barreras que enfrentan, como la falta de tiempo debido a las responsabilidades de cuidado y la falta de confianza en sus habilidades tecnológicas.

PROMOCIÓN DEL EMPRENDIMIENTO FEMENINO

El *nearshoring* también puede ofrecer oportunidades para promover el emprendimiento femenino en Hispanoamérica. Las políticas y programas que apoyan a las mujeres emprendedoras pueden incluir acceso a financiamiento, mentoría, redes de apoyo y capacitación en habilidades empresariales. Estos recursos pueden ayudar a las mujeres a iniciar y expandir sus propios negocios, creando empleo no solo para ellas mismas sino también para otras mujeres en sus comunidades.

INTEGRACIÓN DE LA EQUIDAD DE GÉNERO EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Las empresas nearshore pueden integrar la equidad de género en sus cadenas de suministro al elegir proveedores que promuevan prácticas

laborales justas y equitativas. Esto puede incluir la selección de proveedores que tengan políticas de igualdad de género, que ofrezcan salarios justos y que proporcionen un ambiente de trabajo seguro y respetuoso para las mujeres.

Además, las empresas pueden desarrollar programas de certificación y auditoría para evaluar las prácticas de género de sus proveedores y trabajar con ellos para mejorar sus políticas y prácticas. Al hacerlo, pueden promover la equidad de género no solo dentro de sus propias operaciones sino a lo largo de toda la cadena de suministro.

FOMENTO DE LA PARTICIPACIÓN MASCULINA

La promoción de la equidad de género en el nearshoring no es solo responsabilidad de las mujeres; los hombres también tienen un papel crucial que desempeñar. Las iniciativas que fomentan la participación activa de los hombres en la promoción de la igualdad de género pueden ser muy efectivas. Esto incluye programas que sensibilizan a los hombres sobre los beneficios de la equidad de género, tanto en el lugar de trabajo como en el hogar, y que los alientan a compartir equitativamente las responsabilidades domésticas y de cuidado.

APOYO PSICOSOCIAL Y BIENESTAR

El bienestar emocional y psicosocial de las mujeres en el lugar de trabajo es fundamental para su participación efectiva y su éxito. Las empresas pueden ofrecer servicios de apoyo psicosocial, como asesoramiento y programas de bienestar, que ayuden a las mujeres a manejar el estrés y los desafíos asociados con la doble carga de trabajo y las responsabilidades domésticas. Estos servicios pueden contribuir a un ambiente laboral más saludable y productivo.

POLÍTICAS DE INCLUSIÓN PARA MUJERES EN SITUACIONES VULNERABLES

Las políticas y programas de nearshoring deben también considerar a las mujeres en situaciones de vulnerabilidad, como las mujeres indígenas, afrodescendientes, migrantes y aquellas con discapacidades. Es esencial desarrollar iniciativas inclusivas que aborden las necesidades y desafíos específicos de estos grupos y que promuevan su plena integración en el mercado laboral.

CONCLUSIONES

La “Declaración universal de los derechos humanos” (ONU, 1948) dice claramente en el Artículo 23:

1. Toda persona tiene derecho al trabajo, a la libre elección de su trabajo, a condiciones equitativas y satisfactorias de trabajo y a la protección contra el desempleo.
2. Toda persona tiene derecho, sin discriminación alguna, a igual salario por trabajo igual.
3. Toda persona que trabaja tiene derecho a una remuneración equitativa y satisfactoria, que le asegure, así como a su familia, una existencia conforme a la dignidad humana y que será completada, en caso necesario, por cualesquiera otros medios de protección social.
4. Toda persona tiene derecho a fundar sindicatos y a sindicarse para la defensa de sus intereses.

El *nearshoring* presenta una oportunidad significativa para el crecimiento económico en Hispanoamérica. Sin embargo, es crucial aprovechar este potencial mientras se fomenta la equidad de género. Mediante la implementación de políticas e iniciativas específicas, los gobiernos, empresas y ONG pueden asegurar que las mujeres no queden atrás en esta transformación económica. Al promover oportunidades equitativas para las mujeres, el *nearshoring* puede ser



un catalizador para un desarrollo inclusivo y sostenible en Hispanoamérica.

El avance hacia una mayor equidad de género en el contexto del nearshoring no es solo una cuestión de justicia social, sino también una estrategia económica inteligente. Las investigaciones (World Economic Forum, 2017) han demostrado que las empresas y economías que promueven la igualdad de género tienden a ser más productivas, innovadoras y resilientes. Por lo tanto, invertir en la equidad de género no solo beneficia a las mujeres, sino que también impulsa el crecimiento y la prosperidad a nivel regional. Este concepto de equidad no es nuevo, ya Platón en su "Republica" decía: Las mujeres tendrán idénticas funciones y educación que los hombres" (Platón, Siglo IV a. de C.).

INVESTIGACIÓN FUTURA

Este artículo proporciona un punto de partida para una exploración más profunda de la intersección entre el nearshoring y la equidad de género en Hispanoamérica. Se necesita más investigación para:

- Analizar el impacto específico del nearshoring en el empleo femenino en diferentes sectores y países.
- Identificar modelos exitosos para promover la equidad de género en zonas nearshore.
- Desarrollar mejores prácticas para que las empresas que operan en ubicaciones nearshore aseguren una fuerza laboral inclusiva en términos de género.

Al abordar estos temas, las partes interesadas pueden asegurar que el *nearshoring* contribuya a un futuro más próspero y equitativo para toda Hispanoamérica.

IMPLICACIONES PARA LA POLÍTICA Y LA PRÁCTICA

Las investigaciones futuras deben considerar las implicaciones de las políticas y prácticas actuales y proponer recomendaciones basadas en la evidencia para mejorar la equidad de género en el nearshoring. Esto puede incluir estudios de caso de iniciativas exitosas en diferentes países y sectores, así como análisis comparativos de políticas y prácticas a nivel regional e internacional.

COLABORACIÓN INTERDISCIPLINARIA

La investigación sobre nearshoring y equidad de género debe ser interdisciplinaria, involucrando a expertos en economía, sociología, estudios de género, política pública y otros campos relevantes. Esta colaboración interdisciplinaria puede proporcionar una comprensión más completa y matizada de los desafíos y oportunidades en esta área.

ENFOQUE PARTICIPATIVO

Es esencial que las investigaciones incluyan la voz y la experiencia de las mujeres afectadas por el nearshoring. Los enfoques participativos que involucren a las trabajadoras, líderes comunitarias y representantes de organizaciones de mujeres pueden asegurar que las investigaciones reflejen las realidades y necesidades de las mujeres en el terreno.

EVALUACIÓN DE IMPACTO

Finalmente, es importante desarrollar metodologías robustas para evaluar el impacto de las políticas y programas de nearshoring en la equidad de género. Esto incluye la implementación de indicadores de género específicos y la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos para medir el progreso y los resultados a lo largo del tiempo.

Al avanzar en estas áreas de investigación, podemos contribuir a un entendimiento más profundo y a la implementación efectiva de estrategias que promuevan la equidad de género en el contexto del nearshoring en Hispanoamérica. De esta manera, podemos trabajar

juntos para construir un futuro donde el crecimiento económico y la justicia social vayan de la mano.

REFERENCIAS

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Nearshoring agregaría US\$78.000 millones en exportaciones de América Latina y Caribe*. Reporte de prensa, Los Ángeles. Recuperado el 5 de junio de 2024, de <https://www.iadb.org/es/noticias/nearshoring-agregaria-us78000-millones-en-exportaciones-de-america-latina-y-caribe>
- Banco Mundial. (2023). *Población activa, mujeres (% de la población activa total) - Latin America & Caribbean*. Recuperado el 3 de junio de 2024, de Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.TLF.TOTL.FE.ZS?contextual=max&end=2023&locations=ZJ&start=1991&view=chart>
- Carrillo, P. (2024). *Women with young children have much lower labour force participation rates*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. Recuperado el 5 de junio de 2024, de <https://ilostat.ilo.org/blog/women-with-young-children-have-much-lower-labour-force-participation-rates/>
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. (2023). *Comentarios al Informe Estadístico sobre el Comportamiento de la Inversión Extranjera Directa en México (enero-septiembre de 2023)*. Ciudad de México: Cámara de Diputados. Recuperado el 4 de junio de 2024, de <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/documento/2023/cefp0452023.pdf>
- García, A. K. (8 de marzo de 2023). 10 gráficos sobre la participación de las mujeres en la economía de México. *Eleconomista*. Recuperado el 2 de junio de 2024, de <https://www.eleconomista.com.mx/economia/10-graficos-sobre-la-participacion-de-las-mujeres-en-la-economia-de-Mexico-20230308-0043.html>
- Gobierno de México. (4 de junio de 2024). *Ramos Arizpe, Empleo y Educación*. Recuperado el 4 de junio de 2024, de Data México: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/ramos-arizpe#education-and-employment>
- Gobierno de México. (4 de junio de 2024). *Saltillo, Empleo y Educación*. Recuperado el 4 de junio de 2024, de Data México: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/salttillo#education-and-employment>



- He for Her. (2022). *2021 Proven Solutions. He for She*. Recuperado el 1 de junio de 2024, de https://www.heforshe.org/sites/default/files/2021-07/hfs_proven_solutions.pdf
- ISO. (2021). ISO/IEC, Parte 2 2021. Ginebra, Suiza. Obtenido de https://www.iso.org/sites/directives/current/part2/index.xhtml#_idTextAnchor113
- OCDE. (2022). *Gender wage gap Employees, Percentage, 2022 or latest available*. Recuperado el 3 de junio de 2024, de OECD Data: <https://data.oecd.org/earnwage/gender-wage-gap.htm>
- OCDE. (Q3 de 2023). *Employment rate Men / Women, % of working age population, Q3 2023*. Recuperado el 3 de junio de 2024, de OECD Data: <https://data.oecd.org/emp/employment-rate.htm>
- OCDE. (4 de junio de 2024). *Adult education level*. Recuperado el 4 de junio de 2024, de OECD Data: <https://data.oecd.org/eduatt/adult-education-level.htm#indicator-chart>
- ONU. (1948). *Declaración universal de los derechos humanos*. Nueva York: ONU. Recuperado el 1 de junio de 2024, de https://www.ohchr.org/sites/default/files/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf
- Platón. (Siglo IV a. de C.). *La República* (año 2007 ed.). (B. v. universal, Ed.) Atenas. Recuperado el 6 de junio de 2024
- Secretaría de Economía. (2023). *Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras 2023*. Ciudad de México: Secretaría de Economía. Recuperado el 5 de junio de 2024, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/915793/Informe_Congreso_2023-4T.pdf
- Vera Rojas, P. (2006). *La discriminación en los procesos de selección de personal*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. Recuperado el 2 de junio de 2024, de <https://www.ilo.org/es/media/322366/download>
- Women in Tech. (2023). *Who are we?* Recuperado el 1 de junio de 2024, de Women in Tech: <https://women-in-tech.org/who-are-we/>
- World Economic Forum. (2017). *The Global Gender Gap Report 2017*. World Economic Forum. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://www.weforum.org/publications/the-global-gender-gap-report-2017/>

APLICACIÓN DE HIDROGELES EN LA AGRICULTURA

APPLICATION OF HYDROGELS IN AGRICULTURE

MARCELA N. RETA REYNA ¹

LORENA FARIÁS CEPEDA ¹

VÍCTOR M. OVANDO
MEDINA ²

LILIA EUGENIA SERRATO
VILLEGAS ¹

RESUMEN

Actualmente, la agricultura enfrenta importantes desafíos causados por fenómenos como la degradación del suelo, la erosión, la disminución de la disponibilidad de agua para el uso de riego y la pérdida de nutrientes; esto ha impulsado la búsqueda de alternativas a la agricultura tradicional que permitan plantear soluciones a estas problemáticas. En este contexto, se presenta un panorama general del uso de hidrogeles en la agricultura como una estrategia innovadora y sostenible para enfrentar algunos de los desafíos actuales.

Una de las características de los hidrogeles es su capacidad de absorber agua y liberarla de manera gradual. Esta propiedad resulta especialmente beneficiosa en regiones con escasez de agua o en cultivos que requieren un riego intensivo. Además, los hidrogeles pueden ser utilizados para encapsular fertilizantes, permitiendo su liberación controlada. Esto no solo evita cambios drásticos en la composición química del suelo, sino que también satisface los requisitos nutricionales de los cultivos de manera más eficiente. De este modo, se optimiza el uso de recursos y se promueve una agricultura más sostenible. En el presente trabajo no solo aborda las aplicaciones prácticas de los hidrogeles en la agricultura, sino que también presenta las diferentes técnicas disponibles para su síntesis y como se lleva a cabo su proceso de absorción que estos materiales experimentan.

En conclusión, los hidrogeles son una herramienta valiosa para la agricultura del futuro, con el potencial de eficientizar el uso del agua de riego y optimizar la fertilización de los cultivos.

Palabras clave: hidrogel; agricultura; riego; agua; fertilizantes.

1. Facultad de Ciencias
Químicas, Unidad Sureste,
UAdeC.

2. Unidad Académica
Multidisciplinaria Región
Altiplano, Universidad
Autónoma de San Luis
Potosí.

Correspondencia
lorenafarias@uadec.edu.mx
ORCID: 0000-0001-7835-9628

Fecha de recepción
5 de diciembre de 2024.

Fecha de aceptación
10 de febrero de 2025.

ABSTRACT

Currently, agriculture faces significant challenges caused by phenomena such as soil degradation, erosion, decreased availability of water for irrigation use, and nutrient loss; this has driven the search for alternatives to traditional agriculture to address these issues. In this context, a general overview of the use of hydrogels in agriculture is presented as an innovative and sustainable strategy to face some of the current challenges.

One of the characteristics of hydrogels is their ability to absorb water and release it gradually. This property is especially beneficial in regions with water scarcity or in crops that require intensive irrigation. Additionally, hydrogels can be used to encapsulate fertilizers, allowing for controlled release. This not only prevents drastic changes in the soil's chemical composition but also meets the nutritional requirements of crops more efficiently. Thus, resource use is optimized, and more sustainable agriculture is promoted. This work not only addresses the practical applications of hydrogels in agriculture but also presents the different techniques available for their synthesis and the absorption process these materials undergo.

In conclusion, hydrogels are a valuable tool for the future of agriculture, with the potential to make irrigation water use more efficient and optimize crop fertilization.

Keywords: hydrogel; agriculture; irrigation; water; fertilizers.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la humanidad enfrenta grandes problemáticas causadas por el cambio climático, la erosión del suelo y la demanda descontrolada de productos, lo que ocasiona un gran reto para la agricultura, por lo que se buscan alternativas para eficientizar los



procesos de obtención de los alimentos. En este sentido es tarea de los investigadores buscar opciones para atender estos problemas.

El crecimiento de la población ha incrementado la demanda de varios productos como los alimentos, lo que ha generado diversos problemas ambientales, como la alteración de los ciclos biogeoquímicos y el cambio en el uso de la tierra. Esto incluye la conversión de pastizales y bosques en tierras agrícolas, provocando deforestación, drenaje de suelos y modificaciones en su composición química, entre otros impactos. También se ha visto afectada la biodiversidad de los ecosistemas. Asimismo, ha aumentado el uso de pesticidas, fertilizantes y el consumo de agua (De La Fuente & Suárez, 2008).

Como resultado de estos problemas y aumentos en la demanda de alimentos, es crucial buscar alternativas que ofrezcan una solución a esta situación. Los hidrogeles, materiales poliméricos con una estructura tridimensional entrelazada de cadenas flexibles, se destacan por su capacidad para absorber y liberar grandes cantidades de soluciones acuosas manteniendo su estructura tridimensional. Estos sólidos granulares se expanden a medida que las soluciones acuosas penetran en su interior, incrementando su tamaño (Barón Cortés y col., 2007).

En la agricultura se pueden utilizar los hidrogeles para absorber el agua del riego y así brindarle periódicamente el agua necesaria a las plantas y una liberación lenta de nutrientes para ser aprovechados completamente por las plantas, reduciendo el consumo de ambos (Rizwan y col., 2021). La finalidad de esta revisión es dar a conocer un panorama general sobre las aplicaciones de los hidrogeles en la agricultura.

1. CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROGELES

Los hidrogeles se pueden clasificar con base en su naturaleza, estructura o síntesis como se muestra en la Figura 1 (González Hurtado y col., 2007). Según su naturaleza se pueden clasificar como naturales, sintéticos e híbridos, en cuanto a su estructura se clasifican como amorfos, cristalinos y semi-cristalinos (Tariq y col., 2023). Debido al

avance científico los hidrogeles sintéticos y los compuestos por una combinación de polímeros naturales y sintéticos son los más utilizados ya que tienen una mayor capacidad de absorber el agua, una vida útil más larga y pueden ser modificados para disminuir su tiempo de degradación (Rizwan y col., 2021).

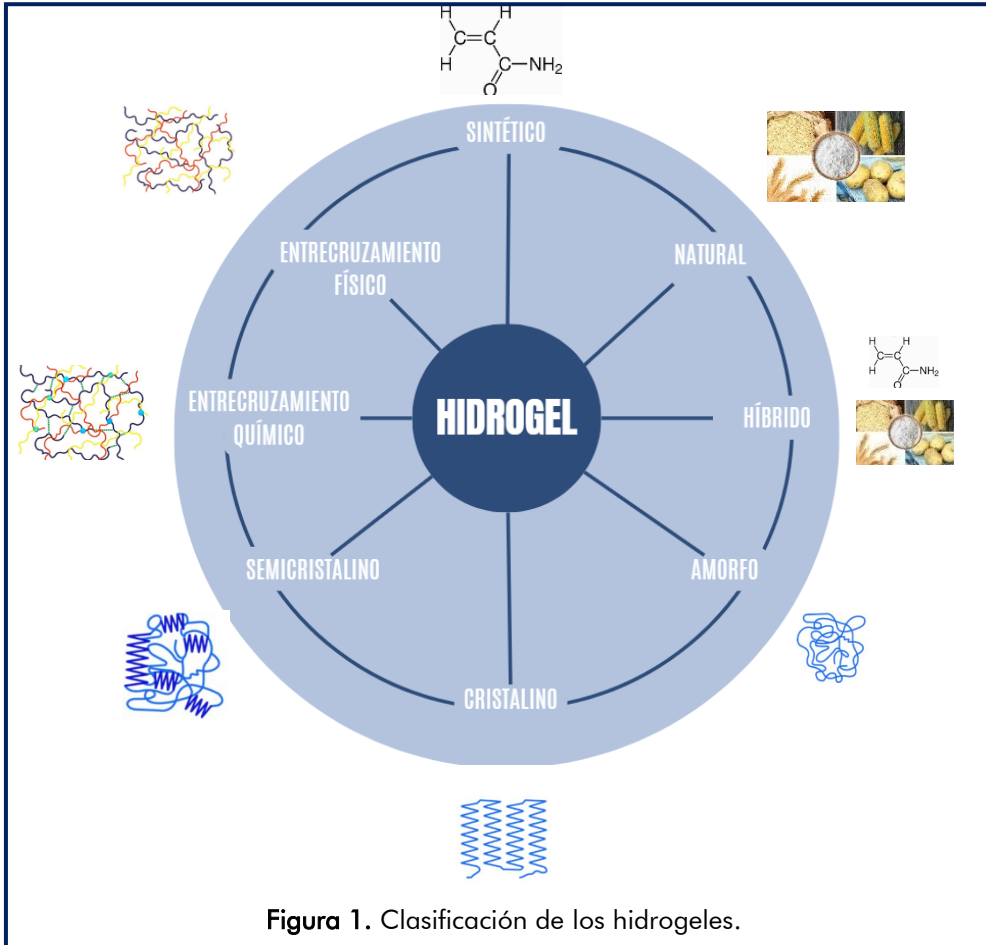


Figura 1. Clasificación de los hidrogeles.

2. SÍNTESIS DE HIDROGELES

Los hidrogeles se sintetizan comúnmente por entrecruzamiento ya sea físico (por interacción iónica, puentes de hidrógeno, interacción hidrófoba o cristalización) o químico (por enlaces covalentes entre las cadenas poliméricas) (Parro Serrano, 2019). La Figura 2 muestra la representación gráfica de los diferentes tipos de entrecruzamiento.

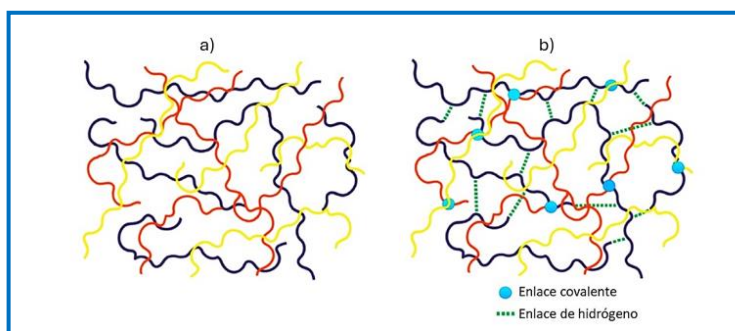


Figura 2. Representación de entrecruzamiento en un hidrogel a) entrecruzamiento físico de distintos polímeros b) entrecruzamiento químico por enlaces covalentes y de hidrógeno.

En el entrecruzamiento químico, Rizwan y col. (2021) describe este proceso como el de polimerización vía radicales libres ya que tiene etapas de iniciación, propagación y terminación (Figura 3), y que, al llegar a la gelificación, la polimerización se divide en tres categorías: polimerización en solución, polimerización en suspensión y fotopolimerización.

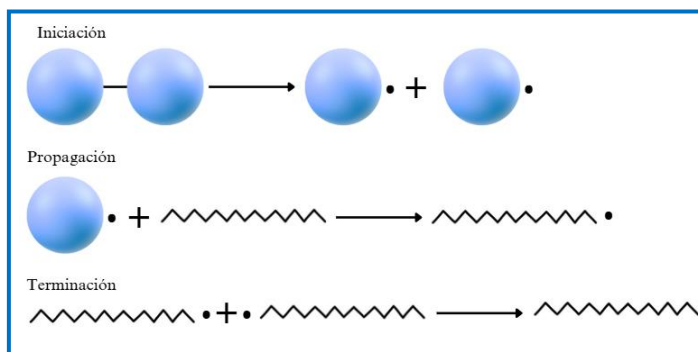


Figura 3. Representación grafica de polimerización vía radicales libres con terminación por combinación.

En la polimerización en solución los monómeros (moléculas pequeñas que se unen con otras para formar moléculas de mayor tamaño llamadas polímeros) se encuentran disueltos en un disolvente y los agentes entrecruzantes se polimerizan por luz UV o vía redox. Este proceso presenta una alta conversión por la baja viscosidad y la reacción se puede dar a temperatura ambiente. La polimerización en suspensión involucra monómeros y disolventes insolubles dispersos en



un medio acuoso con ayuda de un agente de suspensión (Sikdar y col., 2021). En la fotopolimerización la iniciación se da por radicales en presencia de radiación de alta energía (por ejemplo, radiación gamma) que incide en los monómeros, después se da la propagación y la terminación (Rizwan y col., 2021).

Los precursores más utilizados para la síntesis de hidrogeles naturales según Rizwan y col. (2021) son los polisacáridos, quitosano, el almidón, subproductos de la agricultura, el alginato y la goma guar, mientras que los hidrogeles sintéticos suelen estar compuestos por ácido acrílico, acrilamida, acrilato de sodio, alcohol polivinílico, entre otros.

3. HINCHAMIENTO DEL HIDROGEL

El hinchamiento es el fenómeno que se da cuando el hidrogel entra en contacto con el agua, aumentando su tamaño, véase la Figura 4. Las moléculas del medio acuoso penetran la red tridimensional debido a las alteraciones en los enlaces de hidrogeno que permiten a las moléculas de agua difundirse dentro de los poros de la estructura del hidrogel (Benítez y col., 2013; Tariq y col., 2023).



Figura 4. Hidrogel hinchado con agua e hidrogel seco (xerogel).

El comportamiento de hinchamiento del hidrogel también está directamente relacionado con la composición y concentración del monómero y del agente entrecruzante. Un factor importante para el comportamiento del hidrogel es su temperatura, ya que tiene un efecto sobre el hinchamiento del hidrogel, este puede ser una ventaja o desventaja, dependiendo del objetivo que se tenga con el hidrogel. Este

comportamiento está relacionado con el monómero (Rizwan y col., 2021).

Otro factor que interviene en el desempeño de un hidrogel puede ser el tipo de suelo en el que se aplicarán. Existen diferentes tipos de suelos y estos los podemos distinguir a partir de su tamaño de partícula (Figura 5). Los suelos que tienen una mayor capacidad de absorber agua son los que tienen menor tamaño de partícula, ya que las partículas están más juntas unas de otras lo que deja menos espacios vacíos por los que el agua se queda retenida, mientras que, en los suelos con mayor tamaño de partícula, estas se encuentran más alejadas una de otra por lo que hay una menor retención de agua (Rizwan y col., 2021).

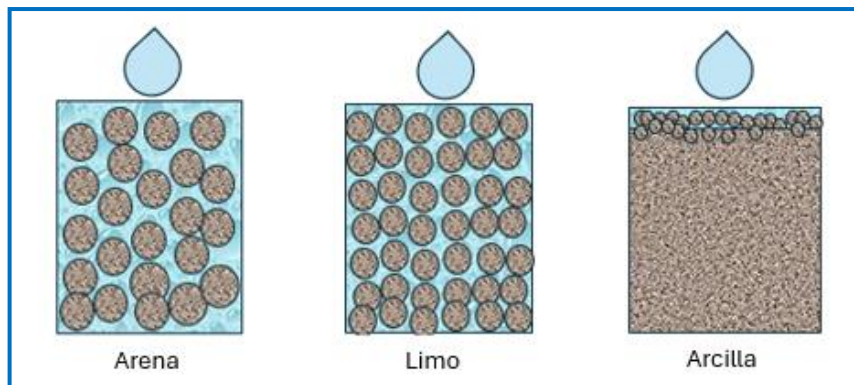


Figura 5. Retención de agua por tamaño de partícula.

4. APLICACIÓN DE HIDROGELES EN LA AGRICULTURA

Barón Cortés y col. (2007) compararon el hinchamiento de un hidrogel variando las concentraciones del agente entrecruzante, el iniciador y de los monómeros en suelos franco-arcillosos con hidrogeles sintetizados mediante suspensión inversa con acrilamida y acrilato de potasio. El hidrogel disminuyó el marchitamiento de las especies forestales hasta un 400% y las especies marchitas hasta un 250% para sequías, así mismo la modificación en los hidrogeles presentaron grandes diferencias en cuanto a la disminución del agua que se usa para la irrigación siendo el hidrogel con mayor concentración de monómero el que presentó mejores resultados con una disminución de en la cantidad de agua de riego del 34.5% para acacias y 46.7% para rábanos.



En 2010, Idrobo y col., demostraron que el empleo de hidrogeles con mayor concentración de polímero incrementa el rendimiento en el cultivo y disminuye la pérdida de humedad, además de que, a mayor cantidad de hidrogel en el suelo, mayor es la retención de humedad en un suelo arenoso.

Así mismo, Rivera Fernández y Mesías Gallo (2016) evaluaron el porcentaje de absorción y humectación de un hidrogel a base de acrilamina de potasio en suelo arenoso, limoso y arcilloso. El hidrogel se comportó diferente de acuerdo con la textura del suelo aumentando la humedad en suelos secos cediendo el agua contenida al suelo mientras que en los saturados permanecía sin grandes modificaciones.

Recientemente, Sorze y col (2024), desarrollaron un nuevo hidrogel biodegradable a base de goma xatana reforzada con fibras de madera mediante reticulación con ácido cítrico, trimetafosfato de sodio o ácido tánico a distintas concentraciones donde los hidrogeles con ácido cítrico y tánico demostraron mayor estabilidad dimensional y capacidad de absorción de agua. Por otra parte, la presencia de fibras proporciono mayor estabilidad y una biodegradabilidad del 60% después de 7 meses.

En el 2007, González Hurtado y col., sintetizaron un hidrogel a base de urea-formaldehído en el que encapsularon un fertilizante para la liberación controlada de nutrientes, los estudios *in vitro* demostraron que el fertilizante obtenido permitía a la planta obtener nutrientes por un tiempo mayor en comparación con los fertilizantes convencionales, por lo que se reduciría las aplicaciones de fertilizante y el gasto económico.

Se han sintetizado hidrogeles compuestos basados en celulosa bacteriana para la encapsulación de fertilizantes directamente en las redes poliméricas entrecruzadas del hidrogel, Zaharia y col. (2018) demostraron que la adición celulosa bacteriana presenta una liberación más controlada de fertilizante y un material más rígido, optimizando este tipo de hidrogeles para la aplicación agrícola.

Recientemente, Iqbal y col. (2024), sintetizaron un hidrogel a base de almidón y quitosano utilizando ácido cítrico como reticulante, además se desarrollaron compuestos de hidrogel incorporando cenizas de madera, nanocelulosa y fertilizante para mejorar las propiedades del hidrogel. El hidrogel presentó un hinchamiento de entre 200 y 420% en la muestra con nanocelulosa, ya que aumenta la densidad del hidrogel y lo hace más cristalino. La ceniza de madera al hidrogel aumento el grado de reticulación en el hidrogel. La adición del fertilizante aumentó el crecimiento de las plantas.

El uso de fertilizantes químicos ha traído consigo varios problemas ambientales, ocasionados por la lixiviación de iones de nutrientes que provoca una alteración a la composición química del suelo, quema de nutrientes y contaminación ambiental. La liberación lenta de nutrientes ataca estas problemáticas, además de que le permite a la planta absorber los nutrientes necesarios y prevenir la pérdida de éstos. Por lo anterior Gogoi y col. (2022) modificaron un hidrogel con *Azospirillum brasilense* (bacteria fijadora de nitrógeno) para llevar a cabo la liberación controlada de un fertilizante a base de nitrógeno y zinc. La adición de *Azospirillum brasilense* aumentó la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, por lo que puede usarse como una alternativa a los fertilizantes químicos, incrementa la fertilidad del suelo con la adición de zinc y mejora la microbiota.

5. DESVENTAJAS DE LOS HIDROGELES

Los hidrogeles presentan un potencial para la liberación controlada de agua y fertilizantes en la agricultura, sin embargo, aun presentan ciertos desafíos hacia el medio ambiente. El principal problema de los hidrogeles sintéticos es su toxicidad, además de que debido al no ser solubles en agua y que algunos no son biodegradables, causan efectos perjudiciales al medio ambiente. Por otra parte, los hidrogeles naturales pueden solucionar este problema por su biodegradabilidad, no toxicidad o biodisponibilidad, pero poseen poca resistencia mecánica. El costo de dichos materiales presenta un desafío, ya que el aumento

de la complejidad de estos elevará los precios y se verá afectado en su aplicación (Singh *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

Gracias a su estructura los hidrogeles pueden absorber y liberar de manera controlada agua, lo que disminuye el consumo de ésta, reduciendo costos y permitiendo que la planta absorba solo las cantidades necesarias, disminuyendo el estrés energético. También, aumentan el rendimiento del cultivo, disminuyen los marchitamientos, y en suelos con tamaño de partícula grande, permiten retener más agua. Además, se pueden emplear en recubrimientos de fertilizantes para la liberación lenta de nutrientes para sean aprovechados completamente por la planta. Los hidrogeles también pueden ser modificados para remplazar a los fertilizantes químicos y mejorar la fertilidad, esta aplicación de los hidrogeles es beneficiosa para disminuir la degradación del suelo y la contaminación del agua causada por los fertilizantes y reduce el costo. Incluso los hidrogeles pueden ser modificados para que sean biodegradables y reducir su toxicidad. Por todo lo anterior, se puede decir que los hidrogeles son una gran alternativa para enfrentar las problemáticas causadas por la agricultura como la desertificación, el aumento de consumo de agua y fertilizantes.

AGRADECIMIENTOS

El autor Marcela N., Reta-Reyna agradece a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila y al programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales por su apoyo otorgado

en la formación de profesionistas. También agradece al CONAHCYT por la beca de maestría número 2061682.

REFERENCIAS

- Barón Cortés, A., Barrera Ramírez, I. X., Boada Eslava, L. F., & Rodríguez Niño, G. (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. *Ingeniería e Investigación*, 27(3): 35-44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327305>
- Benítez, J. L., Lárez Velásquez, C., & Rojas de Gáscue, B. (2013). Cinética de absorción y transporte del agua en hidrogeles sintetizados a partir de acrilamida y anhídrido maleico. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 35(2): 242-253. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522015000200010
- De La Fuente, E. B., & Suárez, S. A. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral*, 18(3): 239-252. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667782X2008000300001&script=sci_arttext
- Gogoi, R., Borgohain, A., Baruah, M., Karak, T., & Saikia, J. (2022). Boosting nitrogen fertilization by a slow releasing nitrate-intercalated biocompatible layered double hydroxide–hydrogel composite loaded with *Azospirillum brasilense*. *RSC Advances*, 12(11) 6704-6714. <https://doi.org/10.1039/d1ra08759b>
- González Hurtado, M., Hernández Díaz, M. I., Dupeyrón Martell, D., Rieumont Briones, J., Rodríguez Acosta, C., Cuesta, E., & Sardiña, C. (2007). Síntesis y comportamiento de un material polimérico aplicado como recubrimiento en un fertilizante de liberación controlada. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 8(4): 275-286. <https://reviberpol.org/wp-content/uploads/2019/08/2007-gonzalez.pdf>
- Idrobo, H. J., Rodríguez, A. M., & Díaz Ortiz, J. E. (2010). Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 9: 33-37. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116434004>
- Iqbal, D. N., Tariq, Z., Philips, B., Sadiqa, A., Ahmad, M., Al-Ahmary, K. M., Ali, I., & Ahmed, M. (2024). Nanocellulose/wood ash-reinforced starch–chitosan hydrogel composites for soil conditioning and their impact on pea plant



growth. *RSC Advances*, 14(13): 8652-8664. <https://doi.org/10.1039/d3ra08725e>

Parro Serrano, I. (2019). Hidrogeles sintéticos con propiedades mecánicas controladas [Trabajo fin de grado, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/85277/files/TAZ-TFG-2019-2516.pdf>

Rivera Fernández, R. D., & Mesías Gallo, F. (2016). Absorción de agua de hidrogel de uso agrícola y su humedecimiento de tres tipos de suelo. *FCA UNCUYO*, 50(2): 15-21. <https://www.scielo.org/ar/pdf/refca/v50n2/v50n2a02.pdf>

Rizwan, M., Gilani, S. R., Durani, A. I., & Naseem, S. (2021). Materials diversity of hydrogel: Synthesis, polymerization process and soil conditioning properties in agricultural field. *Journal of Advanced Research*, 33: 15-40. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.03.007>

Singh, N., Agarwal, S., Jain, A., & Khan, S. (2021). 3-Dimensional cross linked hydrophilic polymeric network "hydrogels": An agriculture boom. *Agricultural Water Management*, 253: 106939. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106939>

Sikdar, P., Uddin, M. M., Dip, T. M., Islam, S., Hoque, M. S., Dhar, A. K., & Wu, S. (2021). Recent advances in the synthesis of smart hydrogels. *Materials Advances*, 2(14): 4532-4573. <https://doi.org/10.1039/d1ma00193k>

Sorze, A., Valentini, F., Mucignat, M. B., Pegoretti, A., & Dorigato, A. (2024). Multifunctional xanthan gum/wood fibers based hydrogels as novel topsoil covers for forestry and agricultural applications. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 7: 100520. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100520>

Tariq, Z., Iqbal, D. N., Rizwan, M., Ahmad, M., Faheem, M., & Ahmed, M. (2023). Significance of biopolymer-based hydrogels and their applications in agriculture: a review in perspective of synthesis and their degree of swelling for water holding. *RSC Advances*, 13(35): 24731-24754. <https://doi.org/10.1039/d3ra03472k>

Zaharia, A., Radu, A., Iancu, S., Florea, A., Sandu, T., Minca, I., Fruth-Oprisan, V., Teodorescu, M., Sarbu, A., & Iordache, T. (2018). Bacterial cellulose-poly(acrylic acid-co-N,N'-methylene-bis-acrylamide) interpenetrated networks for the controlled release of fertilizers. *RSC Advances*, 8(32): 17635-17644. <https://doi.org/10.1039/c8ra01733f>



EL ROL DE SER ABUELA CUIDADORA DE NIETOS: PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD Y AMBIENTE FAMILIAR

*THE ROL OF BEING A GRANDMOTHER CARING FOR GRANDCHILDREN:
PRECEPTION OF HEALT STATUS AND FAMILY ENVIRONMENT*

MARÍA FERNANDA ALVARADO
BAUTISTA¹

ISAÍ ARTURO MEDINA
FERNÁNDEZ²

ANA LAURA CARRILLO
CERVANTES²

RESUMEN

Los cambios sociodemográficos han transformado los roles familiares, destacando el cuidado familiar de nietos, principalmente por mujeres de 40-70 años. Este fenómeno refleja desigualdades de género, doble jornada laboral y renuncias al empleo formal. Es así que, en Latinoamérica, la crianza colectiva beneficia a parientes involucrados, pero también genera tensiones y afecta la percepción de salud en las abuelas cuidadoras de nietos. El objetivo es describir las vivencias de ser abuela cuidadora de nietos desde una perspectiva fenomenológica. Se utilizó una metodología cualitativa, específicamente un estudio de caso único con enfoque fenomenológico, en el cual se entrevistó a una mujer de 53 años, con diabetes tipo II, quien cuida a dos nietos. La información fue recolectada mediante una entrevista a profundidad y analizada con unidades de significación. Se encontró dos análisis de significación, la primera es la percepción de salud donde se identifica cuáles son los efectos en su salud, ya sea de bienestar o deterioro, que ha tenido al desempeñarse como abuela cuidadora y la segunda son los ambientes familiares, esta representa la cercanía y el bienestar que la abuela le brinda la convivencia y cuidados que comparte con sus nietos y familia. Se concluye que ser abuela cuidadora puede ser una experiencia enriquecedora afectivamente y beneficiosa para la salud, aunque también conlleva desafíos emocionales y físicos.

Palabras clave: cuidadores; relaciones familiares; estado de salud.

1. Facultad de Psicología,
Universidad Autónoma de
Aguascalientes.

2. Facultad de Enfermería,
Unidad Sureste, UAdeC.

Correspondencia
isaimedina@uadec.edu.mx
ORCID:0000-0003-2845-4648

Fecha de recepción
5 de diciembre de 2024.

Fecha de aceptación
10 de febrero de 2025.

ABSTRACT

Sociodemographic changes have transformed family roles, highlighting the family care of grandchildren, primarily by women aged 40-70. This phenomenon reflects gender inequalities, double workloads, and resignations from formal employment. In Latin America, collective caregiving benefits involved relatives but also generates tensions and impacts health perceptions in grandmothers who care for grandchildren. *Objective:* To describe the experiences of being a grandmother caregiver of grandchildren from a phenomenological perspective. *Methodology:* A qualitative methodology was used, specifically a single case study with a phenomenological approach. A 53-year-old woman with type II diabetes, who cares for two grandchildren, was interviewed. Data was collected through an in-depth interview and analyzed using meaning units. *Results:* Two significant findings emerged: the first relates to health perception, identifying the effects on her health—either well-being or deterioration—associated with being a grandmother caregiver. The second relates to family environments, reflecting the closeness and well-being that caregiving and shared moments with her grandchildren and family bring. *Conclusion:* Being a grandmother caregiver can be an emotionally enriching and health-beneficial experience, though it also involves emotional and physical challenges.

Keywords: caregivers; family relationships; health status.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el mundo ha experimentado cambios a nivel sociodemográfico y social, lo cual ha traído transformaciones en la familia y sus relaciones, incluida la reestructuración de los cuidados familiares. Lo anterior ha hecho que surjan nuevos roles de transiciones y relaciones intergeneracionales entre ellos, el cuidado informal de las y los nietos, así como la inserción de las mujeres al ámbito laboral,



asociadas por las dinámicas y estructuras familiares (García y Alfageme, 2016).

Las mujeres entre 40 y 70 años son las que suelen desempeñarse como cuidadoras, estos grupos poblacionales forman parte de la adultez media y la adultez tardía, etapas del ciclo vital que incluyen típicamente, de los 40 a los 59 años, y de los 60 en adelante. El género es un punto importante en el cuidado de las y los nietos, ya que este es un determinante transversal del envejecimiento y refleja enormes desventajas y opresiones en las mujeres, entre ellas el desarrollo de enfermedades crónicas, autoeficacia en su capacidad para ejercer el control de su vida, sentido de autorrealización y trascendencia, prácticas de autocuidado y ejercer el cuidado en el ámbito doméstico (Muñoz y Espinosa, 2008).

Este fenómeno es similar al de otros países de Latinoamérica, teniendo como característica común la práctica de la crianza, es decir, el cuidado de un menor de edad puede ser compartido por sus padres biológicos a otro miembro de la familia o conocido significativo, y residir intermitentemente en distintos hogares a lo largo de su niñez y juventud, con un eventual retorno al hogar inicial (Rodríguez y Peralta Gladic, 2014). Estas transiciones forman parte de una práctica de crianza múltiple o colectiva que resalta los beneficios mutuos para los parientes involucrados y tiende a ocultar los intereses y las tensiones inmersas (Mummert, 2019). Algunas de las causas de esta práctica son la necesidad de tener a una persona de confianza en el cuidado debido a que sea una familia monoparental; que ambos tengan horarios extenuantes; o por el flujo migratorio de la población latinoamericana, en el que uno o ambos progenitores se marchan.

Las cuidadoras “informales” son aquellas personas que brindan cuidado, pero no disponen de una capacitación previa, no son remuneradas, tienen un alto grado de compromiso y son caracterizados por el afecto y una atención sin límites de horarios, fungiendo en dicho rol los familiares, amistades o vecinos de la persona que requiere cuidado (Instituto Nacional de las personas Mayores INAPAM, 2020). Las abuelas cuidadoras reúnen estas características, por lo que se



pueden clasificar como cuidadoras (es) informales, aunado a esto Schmidt y col. (2016) postulan que el hecho de que las abuelas cuidadoras de nietos padezcan alguna enfermedad no implica que no provean cuidados a las y los nietos, mientras puedan hacerlo.

El deber de cuidar de otros ha sido históricamente normalizado hacia el rol de las mujeres y asignado a las abuelas, madres, hermanas, tías e hijas. Las abuelas cuidadoras por lo general, son amas de casa, muchas de ellas debieron de acelerar su proceso de retiro laboral debido al requerimiento para cuidar a sus nietos, otras más desempeñan aún un empleo remunerado y también son cuidadoras informales, teniendo doble jornada de trabajo, también coinciden en que la tarea de cuidado es predominante en las mujeres y que además realizan labores domésticas, lo que ocasiona que aquellas que eran empleadas asalariadas, tengan que renunciar a su trabajo o no busquen ocupar puestos laborales. (Garcías y col., 2015); Soria Trujano & Manuel García, 2021; Zamarripa Esparza y col., 2017).

Por otra parte, en las concepciones hegemónicas de las masculinidades, los hombres han sido generalmente aislados de las tareas consideradas como no productivas, como lo son el trabajo doméstico, las tareas de cuidado y crianza, usualmente llevados a cabo en la llamada esfera doméstica (Mummert, 2019). Se percibe como trabajo productivo sólo al que directamente se convierte en capital y crea mercancía, es decir, que genera plusvalía; por tanto, se considera como trabajo improductivo al trabajo doméstico y de cuidados, ya que es útil y tiene un valor de uso pero solo produce servicios personales (Girón, 2018).

Estas son condiciones personales y del entorno relacional generadas por las circunstancias de la vida que pueden generar afectaciones en la percepción de salud como relaciones estresantes, ansiedad y falta apoyo de sus redes sociales (De la Guardia & Ruvalcaba, 2020; Vicente & López-Guillén, 2018).

El objetivo del presente estudio fue describir las vivencias del ser abuela cuidadora de nietos desde una mirada fenomenológica.



MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de caso único, con un abordaje fenomenológico descriptivo, debido a que se centra su interés en lo que experimentan las personas acerca de algún fenómeno, que, a través de la reflexión, se puede descubrir aquello invariable que está presente en las vivencias del ser humano (Ramírez Perdomo, 2016). El objetivo del acercamiento fenomenológico es adquirir una comprensión de las estructuras esenciales de estos fenómenos sobre la base de ejemplos mentales proporcionados por la experiencia o la imaginación (Martínez, 2004).

El estudio se realizó en el domicilio del participante ubicado en Saltillo, Coahuila, México. Los criterios de inclusión que se consideraron para la selección del caso fueron: mujer adulta en etapa de adultez media o mayor, que viva con una condición crónica con un periodo mayor a cinco años, activa laboralmente, desempeñarse como cuidadora de sus nietos con al menos un año de vigencia y con un tiempo cuidado a la semana de 25 horas como mínimo. Al momento de asistir a la casa de la entrevistada en la fecha programada se informó sobre la confidencialidad de la información y la modificación de su nombre en los resultados.

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de entrevista a profundidad, estuvo constituida por los datos sociodemográficos y una pregunta generadora: ¿Cómo ha sido su vida al desempeñar el rol de abuela cuidadora de nietos? El análisis de la información se basó en la "Propuesta de Análisis Fenomenológico de los Datos Obtenidos en la Entrevista", el cual consiste en la transcripción de la entrevista, seguido de la definición de las categorías y subcategorías que engloben la experiencia vivida de la entrevistada para facilitar su análisis, tratando de integrar los datos tal cual fueron expresados, respetando su lenguaje, opiniones y creencias. Teniendo en cuenta que las unidades de significancia son descripciones corresponden a las maneras diferentes de entender y la relación lógica que puede establecerse entre ellas, lo cual constituye el principal resultado de un estudio fenomenológico.



RESULTADOS

La mujer entrevistada tiene 53 años, es originaria de Saltillo, Coahuila, y se desempeña laboralmente como operaria de acero inoxidable en una empresa privada. Actualmente es casada y tiene dos hijas adultas, cuida a su nieta 3 años, así mismo refiere el vivir con diabetes tipo II desde hace 8 años. De acuerdo con el discurso de la entrevistada se identificaron dos unidades de significación: Percepción del estado de salud y ambientes familiares, las cuales se describen a continuación.

PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD

Esta unidad de significación explora cuáles son los efectos en su salud, ya sea de bienestar o deterioro, que ha tenido al desempeñarse como abuela cuidadora. Los *beneficios a la salud* son referidos por la participante como el control de salud, así como de la diabetes, ya que ha sido una motivación para la misma, además el cuidar ocasiona que se despeje de la mente el vivir con una enfermedad crónica, además asiste a sus consultas médicas y tiene adherencia al tratamiento.

En cuanto a los *aspectos negativos del cuidado*, refiere que tenía episodios de hiperglucemia asociados a situaciones de estrés, debido a confrontaciones con su hija menor por forma en la que ejerce su cuidado como madre.

[...]Nada más los problemas son los que me hacen descontrolarme a veces.... me enoja y se me sube la azúcar, ahorita tengo como tres meses que estoy tranquila pero antes terminaba en el hospital [...]

AMBIENTE FAMILIAR

Esta unidad de significación representa la cercanía y significación que la abuela le da a la convivencia y cuidados que comparte con sus nietos y familia. De primera instancia clarifica *la relación afectiva con sus nietos* como demostrar amor mediante los cuidados, entre las actividades que desempeña son jugar, platicar, les enseña a cambiarse, darles el almuerzo, insistirles para comer y tareas de higiene personal.



Las características referidas es ser cariñosa, comprensiva y atenta, generando bienestar con el brindar cuidados.

[...]Yo los quiero de más, soy muy feliz con ellos, mientras más los tengo aquí hago mis cosas más a gusto. Me voy a mi trabajo más contenta, me dan mucha energía. Siempre he sido bien cariñosa y contenta. Los niños son el motor de mi vida, me he puesto bien mala del azúcar y ellos son los que me levantan, más que mis hijas son ellos [...]

Por otra parte, la participante refiere el *equilibrar el trabajo con el cuidado de los nietos* como una situación estresante y agobiante, dado que lleva 20 años como operadora y del esfuerzo realizado por ser madre jefa de familia en su momento, esta situación limitó el compartir mucho tiempo con las hijas, haciendo las cosas diferentes con los nietos. Así mismo, comparte sus aspiraciones laborales a corto plazo que serían dejar su puesto actual y poder pasar ese tiempo con su familia. Por otra parte, el lograr equilibrar la vida laboral con ser abuela cuidadora de nietos genera estrés y cansancio, además que es consciente que sustituye funciones de las madres para que no pasen por lo mismo que vivió.

[...]Quiero salirme de trabajar porque mi esposo es un señor adulto y está enfermo, y quiero cuidar a mis nietos, a lo mejor hago mal, mis hijas me necesitan y yo estoy cansada de trabajar, a veces tengo un cansancio muy fuerte...es mi deseo [...]

DISCUSIÓN

Este estudio permitió el describir las vivencias de ser abuela cuidadora de nietos. Los resultados plasman las tareas de crianza y cuidado, las preocupaciones familiares y los factores desarrollan alteraciones en la salud física o psicológica. La función de cuidado a lo largo de la vida supone un alto coste de tiempo, el cual se resta al de su propia formación profesional, intelectual y recreativa (Luna y col., 2016)



A través de las categorías de análisis se encontró en la abuela que el desempeñarse como cuidadora de nietos ha favorecido en su autopercepción, el cuidado de su salud y a establecer con determinación sus aspiraciones de vida. Lo anterior coincide con lo señalado por Soria y García en el 2022, ya que refirió que la función de cuidadora pudiese incrementar la autoestima de las y los abuelos. Las abuelas cuidadoras se siguen sintiendo útiles al cuidar a otra generación más y al ser apoyo para sus hijas/os para así afrontar presiones familiares y laborales.

En el anterior estudio, se señaló que las abuelas no activas laboralmente, fueron las que principalmente reportaron sintomatología depresiva, lo que guarda relación con los resultados. La experiencia fenomenológica identificada se diferencia de aquellos hallazgos en el cual su foco de atención recae en la incidencia de deterioro físico y psicológico en las cuidadoras (Gazques y col., 2015).

En cuanto a la presencia de estrés y alteraciones en el bienestar de la cuidadora, se encuentra que se orientan a un cansancio por una trayectoria laboral extensa, que se acompañan de cuestionamientos que se hace a sí misma sobre el tipo de madre que fue con ambas hijas. Como refieren Rodríguez y Peralta (2017) la mayoría de las abuelas presentan conflictos con sus hijos/as respecto a sus roles como abuela y como padres, debido a que estos no están claramente definidos, lo que conlleva a disconformidades relacionadas con la forma de crianza, hábitos alimenticios, salud y disciplina de los nietos/as.

Por su parte, Mosquera y col. (2019) argumentan que existe una distribución desigual en las responsabilidades implicadas, entre hombres y mujeres, que proporcionan datos que indican que ellas proveen más frecuentemente atención personal y más horas de cuidado, mostrando peor estado de salud, principalmente problemas para conciliar el sueño, niveles altos de depresión e ingesta de fármacos.



CONCLUSIONES

La significación que la abuela le da a su experiencia de vida en función de su rol como cuidadora es de bienestar, enriquecimiento afectivo y de salud física, sin embargo, reconoce que conlleva cierto nivel de estrés y desacuerdos con sus hijas sobre su dinámica y relaciones familiares. Para futuras trabajos en la misma línea de investigación se sugiere una selección de casos mayor, sirviendo como punto de comparación y abriendo el panorama sobre lo encontrado en este estudio de caso único, lo anterior permitirá a los profesionales de la salud seguir profundizando en la temática de abuelas cuidadoras.

REFERENCIAS

- De la Guardia, M., & Ruvalcaba, J. (2020). La salud y sus determinantes, promoción de la salud y educación sanitaria. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(1): 81–90. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3215>
- Díaz Gutiérrez, R., & Saavedra García, K. E. (2020). *Análisis de la salud en abuelos que cuidan nietos*. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de La Laguna]. Repositorio Institucional de la Universidad de La Laguna. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/19936>
- García, E., & Alfageme, A. (2016). *Abuelas cuidadoras: percepciones y desigualdad de género*. 1–23. <https://repositori.uji.es/server/api/core/bitstreams/f500ba40-37b7-4422-ac12-b567a8b505ae/content>
- Gázquez Linares, J. J., Pérez-Fuentes, M. C., Molero Jurado, M. M., Barragán Martín, A. B., Martos Martínez, Á., & Cardila Fernández, F. (Comps.). (2015). *Cuidados, aspectos psicológicos y actividad física en relación con la salud del mayor. Volumen I*. ASUNIVEP. <https://formacionasunivep.com/files/publicaciones/actividad-fisica.pdf>
- Girón, A., (2018). Trabajo doméstico y de cuidado no remunerado. ¿Quién asume el costo de la reproducción social?. [https://ru.iiec.unam.mx/4443/1/2018.%20Art.%20ILCEA.%20Girón.%20Trabajo%20doméstico%20y%20de%](https://ru.iiec.unam.mx/4443/1/2018.%20Art.%20ILCEA.%20Girón.%20Trabajo%20doméstico%20y%20de%20)

20cuidado.pdf <https://www.revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/82920>

Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores (2020) *Cuidadores y cuidadoras de personas mayores*. <https://www.gob.mx/inapam/es/articulos/cuidadores-y-cuidadoras-de-personas-mayores?idiom=es>

Luna, S., Rivera, F., & Ramos, P. (2017). *Ajuste psicológico y clasificación de mujeres cuidadoras de nietos y nietas y/o ascendientes en función de su inteligencia emocional*. *Apuntes de Psicología*, 34(2-3), 161–169. <https://doi.org/10.55414/ap.v34i2-3.607>

Martínez, M. (2004). *La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual Teórico Práctico*. Buenos Aires. Editorial Trillas.

Mosquera Metcalfe, I., Larrañaga Padilla, I., Del Río Lozano, M., Calderón Gómez, C., Machón Sobrado, M., & García Calvente, M. M. (2019). *Desigualdades de género en los impactos del cuidado informal de mayores dependientes en Gipuzkoa: Estudio CUIDAR-SE*. *Revista Española de Salud Pública*, 93, e201901002. <https://www.redalyc.org/journal/170/17066277002/17066277002.pdf>

Mummert, G. (2019) "The second mother": Naturalization of care circulation among grandmothers and grandchildren in latin american transnational families. *AIBR Revista de Antropología Iberoamericana*, 14(3): 515–540. <https://doi.org/10.11156/aibr.140308>

Muñoz, F., & Espinosa, J. (2008). *Envejecimiento activo y desigualdades de género. Atención Primaria*, 40(6): 305–309. <https://doi.org/10.1157/13123684>

Ramírez Perdomo, C. A. (2016). *Fenomenología hermenéutica y sus implicaciones en enfermería. Index de Enfermería*, 25(1-2): 82-85

Rodríguez Bustamante, C. y Peralta Gladic, C. (2017) *Aspectos del cuidado asociados al bienestar subjetivo de abuelas que cuidan a sus nietos*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile] <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/174164/Aspectos%20del%20cuidado%20asociados%20al%20BS%20de%20abuelas%20que%20cuidan%20a%20sus%20nietos.pdf?sequence=1>.

Schmidt, A. E., Ilinca, S., Schulmann, K., Rodrigues, R., Principi, A., Barbabella, F., ... & Galenkamp, H. (2016). *Fit for caring: factors associated with informal care provision by older caregivers with and without multimorbidity. European Journal of Ageing*, 13(2): 103-113.



- Soria Trujano, M. R., & Manuel García, A. C. (2022). Depresión en abuelas/os cuidadores informales de sus nietos/as. *Revista Electrónica De Psicología Iztacala*, 25(2). <https://www.revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/82920>
- Vicente, J., & López-Guillén, A. (2018). Los factores psicosociales como predictores pronósticos de difícil retorno laboral tras incapacidad. *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, 64(250): 50–74.
- Zamarripa Esparza, E. A., Tamez Valdez, B. M., & Ribeiro Ferreira, M. (2017). Repercusiones del cuidado informal en la vida laboral y personal de las mujeres cuidadoras. *AZARBE, Revista Internacional de Trabajo Social y Bienestar*, 6: 47–56. <https://revistas.um.es/azarbe/article/view/273401>

EXTRACCIÓN DE METALES CONTENIDOS EN BATERÍAS LI-ION GASTADAS MEDIANTE LIXIVIACIÓN ÁCIDA Y ALCALINA

EXTRACTION OF METAL CONTAINED IN SPENT LI-ION BATERIES BY
ACID AND ALKALINE LEACHING

BLANCA ROSA GONZÁLEZ
BONILLA ¹⁻²

ADRIÁN AMILCARE
GONZÁLEZ IBARRA ¹

GLORIA IVONE DÁVILA
PULIDO ¹

ARMANDO SALINAS
RODRÍGUEZ ²

MITZUÉ GARZA GARCÍA ¹

1. Escuela Superior de
Ingeniería, Unidad Norte,
UAdeC.

2. CINVESTAV, Unidad
Saltillo.

Correspondencia
blancagonzalez@uadec.edu.mx
ORCID: 0009-0006-1812-8346

RESUMEN

El auge de las tecnologías verdes y el almacenamiento de energía renovable ha impulsado la demanda de baterías Li-ion. Sin embargo, el desecho inadecuado de estas baterías al final de su vida útil es un problema ambiental y económico, ya que contienen elementos como el cobalto (Co), litio (Li), cobre (Cu), aluminio (Al), entre otros. En el presente trabajo se evaluó la extracción de metales a partir de baterías Li-ion en desuso mediante lixiviación ácida y alcalina. Las pruebas de lixiviación se realizaron utilizando peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como agente oxidante y ácido sulfúrico (H_2SO_4) e hidróxido de amonio (NH_4OH) como agentes lixiviantes. Se utilizó una relación sólida/líquido de 1:10 y la temperatura se evaluó en 60 y 70 °C. El contenido metálico del compuesto fue de 23.9 % Co, 13.8 % Cu, 4.4 % Al y 2.2 % Li. Mediante lixiviación ácida con H_2SO_4 2M, las extracciones de Al, Li y Co fueron mayor al 90 %, mientras que para el Cu la extracción más alta fue de 69.4 %. Se concluye que la lixiviación alcalina fue selectiva; las extracciones más altas de Cu y Al fueron de 48.8 y 19.6 %, respectivamente, mientras que las de Li y Co fueron inferiores al 1 %, sin importar las condiciones evaluadas.

Palabras clave: baterías Li-ion; reciclaje; lixiviación; metales.

Fecha de recepción
5 de diciembre de 2024.

Fecha de aceptación
15 de enero de 2025.

ABSTRACT

The rise of green technologies and renewable energy storage has driven the demand for Li-ion batteries. However, the improper disposal of these batteries at the end of their life cycle poses environmental and economic challenges, as they contain elements such as cobalt (Co), lithium (Li), copper (Cu), aluminum (Al), among others. In this study, the extraction of metals from spent Li-ion batteries was evaluated through acidic and alkaline leaching. Leaching tests were conducted using hydrogen peroxide (H₂O₂) as an oxidizing agent and sulfuric acid (H₂SO₄) and ammonium hydroxide (NH₄OH) as leaching agents. A solid/liquid ratio of 1:10 was employed, and temperatures of 60 and 70 °C were assessed. The metallic content of the composite was 23.9% Co, 13.8% Cu, 4.4% Al, and 2.2% Li. Using acidic leaching with 2M H₂SO₄, the extraction rates of Al, Li, and Co exceeded 90%, while the highest Cu extraction was 69.4%. It was concluded that alkaline leaching exhibited selectivity; the highest extractions of Cu and Al were 48.8% and 19.6%, respectively, while the extractions of Li and Co were below 1%, regardless of the evaluated conditions.

Keywords: Li-ion batteries; recycling; leaching; metals.

INTRODUCCIÓN

La adopción de nuevas tecnologías de vanguardia ha desempeñado un papel fundamental en el aumento constante del uso de baterías para los dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos (Shaqsi y col., 2020). Entre las más comunes se encuentran las de níquel-hidruro metálico (NiMH), iones de litio (LIB), plomo-ácido (Pb-ácido) y níquel-cadmio (Ni-Cd). Sin embargo, debido a su rendimiento, las baterías de iones de litio son actualmente las más utilizadas y consumidas a nivel mundial (Tawonezvi y col., 2023).



Las LIBs están compuestas por metales como el cobre (Cu), aluminio (Al), litio (Li), cobalto (Co), manganeso (Mn) y níquel (Ni) (Ordóñez y col., 2016). En este sentido, las baterías gastadas representan una fuente de metales críticos y de alto valor económico. No obstante, su descarte inadecuado se convierte en un problema para el ecosistema y la salud pública (Hannis, 2009). Se estima que para el año 2030, la producción anual de LIBs alcanzará los 2 millones de toneladas a nivel global (Jacoby M, 2019). Sin embargo, en la actualidad, menos del 5 % de estas baterías son recicladas, lo que significa que el resto termina en vertederos (Heelan y col., 2016). Dicho esto, el reciclaje y la extracción de metales valiosos de las baterías gastadas puede contribuir a reducir la contaminación ambiental y a la economía circular (Zheng y col., 2018).

Los procesos para el reciclaje de baterías se centran en el uso de métodos pirometalúrgicos o hidrometalúrgicos (Harper y col., 2019). Los procesos pirometalúrgicos incluyen el pretratamiento, la tostación y la fundición. El pretratamiento del material se realiza antes de tostarlo para obtener el material del cátodo. Las tendencias actuales en el reciclaje de baterías de iones de litio gastadas apuntan a utilizar métodos de pretratamiento térmico como la incineración y pirólisis (Makuza y col., 2021). Sin embargo, requiere de un alto capital debido al consumo energético y a los complicados mecanismos de tratamiento de los gases residuales (Friedrich y col., 2017).

Por otro lado, la hidrometalurgia abarca el pretratamiento para la recuperación del cátodo, seguido de la lixiviación, purificación y técnicas de recuperación como la precipitación selectiva, el intercambio iónico o la extracción con solventes. Aunque se han obtenido resultados prometedores con estos métodos, aún es necesario llevar a cabo investigaciones adicionales para desarrollar estrategias de reciclaje eficientes a gran escala. La optimización de estos procesos es crucial para mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad del reciclaje de baterías Li-ion (Shi y col., 2019).



En esta investigación se proporciona una revisión actualizada sobre la demanda y los precios de metales críticos como el cobre, aluminio, litio y cobalto. Por otra parte, el objetivo principal consiste en evaluar un proceso hidrometalúrgico mediante pruebas de lixiviación en medio ácido y alcalino para la extracción de metales contenidos en las baterías Li-ion en desuso.

Demanda y precio de los metales: cobre, aluminio, litio y cobalto

Según la literatura (Cruz-Rivera, 2007; Vargas-Hernández y Noruzi, 2010; Mainali y col., 2021b), el reciclaje de baterías de Li-ion representa una industria emergente con un potencial significativo para contribuir a la sostenibilidad ambiental y económica. Además, la adopción de fuentes de almacenamiento de energía y tecnologías limpias está impulsando la demanda de diversos metales (Kamran y col., 2023).

En los últimos años, la demanda de metales como Co, Li, Cu y Al para las baterías ha crecido significativamente (ver Figura 1). En 2010, el 14 % de la producción de litio (medido en carbonato de litio, LCE) se destinaba a la fabricación de baterías. Sin embargo, esta demanda aumentó a 41 % en 2017 y se espera que alcance el 76 % en 2025. De manera similar, la demanda de cobalto incrementó del 25 % en 2010 al 30 % en 2017 y se espera que alcance el 53 % en 2025. El cobre y el aluminio, si bien no experimentan un crecimiento tan abrupto, también muestran una tendencia al alza.

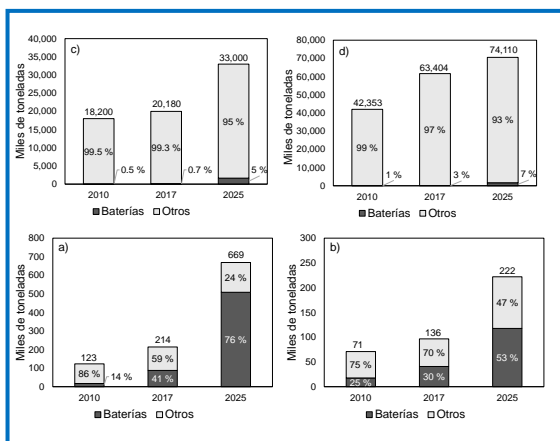


Figura 1. Producción y demanda proyectada al año 2025 de a) litio (LCE), b) cobalto, c) cobre y d) aluminio por tipo de uso (Azevedo y col., 2018; Wu, 2022; International Copper Association, 2024).

La Figura 2 muestra el comportamiento de los precios del cobalto, litio, cobre y aluminio durante el período 2015-2023, según datos del Fondo Monetario Internacional (FMI). En los últimos 8 años, se han observado variaciones importantes en el precio del litio y el cobalto en comparación con el precio del cobre y aluminio, los cuales no presentaron cambios importantes durante este periodo. Desde el 2015 hasta el 2018, los precios del cobalto y el litio (LCE) experimentaron un crecimiento importante. El precio del cobalto por tonelada aumentó de U\$28,451.6 a U\$72,911.2, mientras que el precio del LCE pasó de U\$6,500 a U\$16,000 al final de este período. El pico más alto para el precio del LCE se registró en 2022, llegando a U\$41,695 mientras que el precio del cobalto descendió a U\$63,764.7. En 2023, los precios del litio y el cobalto disminuyeron aproximadamente un 32.8 % y un 46.2 %, respectivamente, con respecto al año anterior. Si bien, los precios de los metales han experimentado fluctuaciones recientemente, el reciclaje de baterías de Li-ion (LIB) es una oportunidad de inversión atractiva y duradera, ya que la demanda constante de metales críticos para las diferentes industrias garantiza un mercado estable a largo plazo.

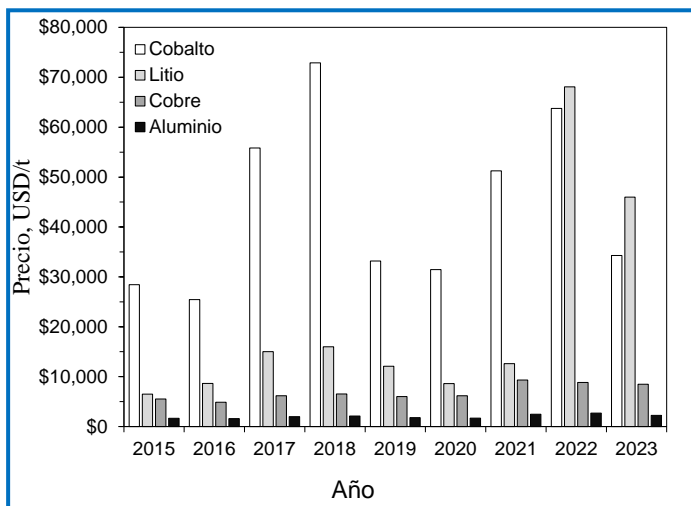


Figura 2. Precios del cobalto, litio, cobre y aluminio 2015-2023 (Fondo Monetario Internacional [FMI], 2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

En este trabajo se emplearon baterías Li-ion en desuso provenientes de teléfonos celulares como materia prima. Se utilizó cloruro de sodio (NaCl) de grado comercial para llevar a cabo el proceso de descarga de las baterías. Los experimentos de lixiviación se llevaron a cabo utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) e hidróxido de amonio (NH_4OH) grado reactivo. En todos los experimentos se utilizó agua desionizada.

MÉTODOS

Preparación y caracterización de la muestra

Las baterías se sometieron a un proceso de descarga en una solución de NaCl al 5 % durante 48 horas. Tras completar la descarga, el material se secó durante 48 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, se llevaron a cabo operaciones mecánicas para dismantelar y separar los componentes de interés (i.e., óxido de litio cobalto, grafito, láminas de cobre y aluminio). La molienda de los componentes se llevó a cabo en una licuadora de laboratorio (Waring, modelo WF-2211212) para obtener una fracción de tamaño < 1 mm, el cual se clasificó granulométricamente utilizando la serie Tyler de malla N° 25, 60, 80, 100 y 140. El contenido de Cu, Al, Co y Li en cada fracción se obtuvo mediante espectrometría de absorción atómica (Perkin Elmer, modelo AAnalyst 200).

Pruebas de lixiviación

Se evaluaron dos métodos de lixiviación: (1) lixiviación en medio ácido con H_2SO_4 a 70 °C y (2) lixiviación alcalina utilizando NH_4OH a 60 °C. Las pruebas se llevaron a cabo en un reactor de vidrio de 250 mL sobre una parrilla eléctrica para el control de la temperatura y la agitación magnética de la suspensión se mantuvo constante en 250 rpm. En todas las pruebas se mantuvo una relación sólido-líquido de 1:10 y el tiempo de reacción fue de tres horas.



Al término de la prueba experimental, los sólidos resultantes fueron secados a temperatura ambiente y se analizaron mediante un espectrómetro portátil de fluorescencia de rayos-X (Olympus X, modelo DPO2000-cc) para la determinación semicuantitativa de los elementos que permanecieron en el residuo sólido y determinar el porcentaje de extracción. Todas las pruebas se realizaron por duplicado y se reporta el valor promedio, así como su desviación estándar (σ).

En las Tablas 2 y 3 se muestran las condiciones experimentales empleadas durante las pruebas de lixiviación en medio ácido y alcalino, respectivamente.

Tabla 2. Condiciones experimentales para las pruebas de lixiviación en medio ácido.

Prueba	H ₂ SO ₄ , mol/L	H ₂ O ₂ , % en peso
1	2	2
2	1	-
3	2	-
4	3	-

Tabla 3. Condiciones experimentales para las pruebas de lixiviación en medio alcalino.

Prueba	NH ₄ OH, mol/L	H ₂ O ₂ , % en peso
1	4	-
2	4	2
3	4	4
4	4	6

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Caracterización de la muestra de estudio

En la Tabla 4 se presentan los contenidos metálicos (porcentaje en peso, wt %) de los elementos de interés en cada fracción de tamaño, así como en el compósito del material. Se puede ver que el contenido de aluminio y cobre más alto se situó en las fracciones de tamaño +710 μm y -710/+250, respectivamente (i.e., 29.8 y 70.6 %). Asimismo, la fracción de tamaño que mostró el contenido más alto de cobalto y litio (35.4 y 3.3 %, respectivamente) fue de -173/+150 μm . Por otra parte, el compósito de baterías presentó en promedio un contenido de Cu, Al, Co y Li de 13.8, 4.4, 23.9 y 2.2 %, respectivamente. Estos resultados resaltan el potencial de las baterías como una fuente de materia prima para la obtención de metales.

Tabla 4. Contenido de los elementos de interés en baterías Li-ion (wt %).

Tamaño de partícula, μm	Cobre	Aluminio	Cobalto	Litio
+710	8.7	29.8	17.2	1.4
-710/+250	70.6	12.9	9.9	0.9
-250/+177	11.9	1.2	28.9	2.7
-177/+150	2.1	0.5	35.4	3.3
-150/+106	6.1	0.3	25.9	2.4
-106	0.6	0.2	11.2	1.4
Compósito	13.8	4.4	23.9	2.2

Lixiviación en medio ácido

La Tabla 5 muestra los resultados de la extracción de Cu, Al, Co y Li mediante lixiviación ácida. En general, la extracción de los elementos Al, Co y Li fue superior al 90 %. Las condiciones óptimas de lixiviación se observaron cuando se utilizó una concentración de H_2SO_4 de 2 M, en la que también se logró la mayor extracción de Cu, es decir, 69.4 %. Si bien la lixiviación ácida demostró ser efectiva, es importante resaltar la falta de selectividad del método. Para abordar este problema, se propone la implementación de un proceso de



recuperación posterior a la lixiviación, mediante técnicas como la precipitación selectiva mediante la variación del pH. Esta técnica permitiría separar los diferentes metales disueltos en función de su solubilidad a diferentes niveles de pH, mejorando así la pureza de los metales recuperados. Adicionalmente, se presenta la desviación estándar para cada uno de los elementos determinados, corroborando la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados.

Tabla 5. Extracción de Cu, Al, Co y Li mediante lixiviación ácida.

Condiciones	2M H ₂ SO ₄ / 2 % H ₂ O ₂		1M H ₂ SO ₄		2M H ₂ SO ₄		3M H ₂ SO ₄	
	% ^a	σ ^b	% ^a	σ ^b	% ^a	σ ^b	% ^a	σ ^b
Cobre	22.65	0.64	7.50	0.14	69.41	0.42	42.20	0.85
Aluminio	90.52	0.27	75.85	0.49	91.60	0.57	93.40	0.99
Cobalto	99.79	0.13	96.25	0.21	99.22	0.57	98.35	0.64
Litio	99.68	0.11	96.29	0.28	99.21	0.85	98.20	0.99

^aExtracción promedio de metal, %

^bDesviación estándar, n=2

Lixiviación en medio alcalino

La Tabla 6 muestra los resultados de la extracción de cada elemento mediante lixiviación alcalina, utilizando diferentes concentraciones de H₂O₂. Se puede observar que el aumento de la concentración del agente oxidante tiene un efecto en la extracción de cobre y aluminio. Al utilizar 4 M de NH₄OH y H₂O₂ al 4 %, se alcanzó una extracción de Cu y Al de 48.7 y 8.2 %, respectivamente. Sin embargo, aumentar la concentración de H₂O₂ al 6 %, resultó en una disminución del 10.4 % en la extracción de Cu (i.e., 48.8 % al 37.4 %), mientras que la extracción de Al aumento hasta 19.6 %. Por otra parte, la extracción de Co y Li fue insignificante (< 1 %) para todas las condiciones estudiadas. Este método resultó ser selectivo, permitiendo disolver una buena proporción del Cu y Al del material, lo cual permite que los compuestos en el residuo sólido (p. ej., LiCoO₂) puedan ser recuperados en una etapa posterior como la lixiviación ácida. Asimismo, se proporciona la



desviación estándar de cada uno de los elementos analizados, destacando su importancia como indicador estadístico para garantizar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 6. Extracción de Cu, Al, Co y Li mediante lixiviación alcalina.

Condiciones	4M NH ₄ OH		4M NH ₄ OH/ 2 % H ₂ O ₂		4M NH ₄ OH/ 4 % H ₂ O ₂		4M NH ₄ OH/ 6 % H ₂ O ₂	
	% ^a	σ ^b	% ^a	σ ^b	% ^a	σ ^b	% ^a	σ ^b
Elemento								
Cobre	7.80	0.42	41.65	1.48	48.75	1.06	37.40	0.42
Aluminio	3.91	0.85	4.89	0.99	8.28	0.93	19.60	1.13
Cobalto	0.20	0.02	0.53	0.16	0.39	0.12	0.84	0.11
Litio	0.19	0.06	0.40	0.02	0.42	0.01	0.81	0.12

^aExtracción promedio de metal, %

^bDesviación estándar, n=2

CONCLUSIONES

La industria del reciclaje de baterías de iones de litio (LIB) representa una oportunidad significativa debido al crecimiento constante de la electromovilidad. Además, existen oportunidades de inversión en el mercado del reciclaje de LIBs, dado su potencial de rentabilidad y beneficio económico respaldado por la creciente demanda y precios de los metales contenidos en estas baterías.

La investigación realizada permitió evaluar un tratamiento de lixiviación para la extracción de metales valiosos contenidos en las baterías Li-ion. Este enfoque ofrece una estrategia prometedora para el reciclaje de LIBs, maximizando la recuperación de los metales contenidos en estos dispositivos.

Los resultados indican que el material compuesto de las baterías presentó contenidos significativos de Cu (13.8 %), Al (4.4 %), Co (23.9

%) y Li (2.2 %). Se observó que la lixiviación ácida de baterías Li-ion con 2 M de H_2SO_4 a 70 °C, sin la adición de un agente oxidante (H_2O_2) fue eficaz para la extracción de Li y Co, alcanzando valores del 99 %. Mientras que las extracciones de Cu y Al se situaron en 69.4 y 91.6 %, respectivamente. Por otro lado, la lixiviación en medio alcalino con NH_4OH y H_2O_2 resultó ser un método selectivo para la extracción de Cu y Al sobre el resto del contenido metálico. Esto es importante, ya que podría implementarse en la ruta de procesamiento de las LIBs gastadas, seguida de una etapa de lixiviación ácida para la recuperación selectiva de los elementos de Li y Co.

REFERENCIAS

- International Copper Association. (2024). Annual reports - International Copper Association. [En línea]. Disponible en: <https://internationalcopper.org/annual-reports/>. Fecha de consulta: 14 de mayo de 2024.
- Azevedo, M., Campagnol, N., Hagenbruch, T., Hoffman, K., Lala, A., & Ramsbottom, O. (2018). Lithium and cobalt: A tale of two commodities. New York, McKinsey & Company.
- Cruz-Rivera, R. (2007). Implementation of end-of-life vehicle's recycling for developing countries: Case study, Mexico (Tesis doctoral). Brandenburg Technical University, Brandenburg, Germany.
- Friedrich, B., Peters, L. (2017). Status and trends of industrialized Li-ion battery recycling processes with qualitative comparison of economic and environmental impacts, Proc. 22nd ICBR-International Congr. Batter. Recycl. Lisbon, Port: 20–22.
- Hannis, S., & Bide, T. (2009). Cobalt. Commodity Profile. British Geological Survey.
- Harper G, Sommerville R, Kendrick E, et al. Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*. 2019, 575(7781): 75-86. DOI: 10.1038/s41586-019-1682-5
- Heelan, J., Gratz, E., Zheng, Z., Wang, Q., Chen, M., Apelian, D., & Wang, Y. (2016). Current and Prospective Li-Ion Battery Recycling and Recovery Processes. *JOM*, 68(10): 2632-2638. DOI: 10.1007/s11837-016-1994-y



- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2023). *Primary commodity prices*. [En línea]. Disponible en: <https://data.imf.org/?sk=471ddd8-d8a7-499a-81ba-5b332c01f8b9>. Fecha de consulta: 11 de mayo de 2024.
- Jacoby, M., (2019). It's Time to Get Serious about Recycling Lithium-Ion Batteries. [En línea]. Disponible online: <https://cen.acs.org/materials/energy-storage/time-serious-recycling-lithium/97/i28>. Fecha de consulta: 15 de mayo de 2024.
- Kamran, M., Raugei, M., & Hutchinson, A. R. (2023). Critical elements for a successful energy transition: A systematic review. *Renewable And Sustainable Energy Transition*, 4: 100068. DOI: 10.1016/j.rset.2023.100068
- Mainali B, Mahapatra K, & Pardalis G. (2020). Strategies for deep renovation market of detached houses. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138: 110659. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110659
- Makuza, B., Tian, Q., Guo, X., Chattopadhyay, K., & Yu, D. (2021). Pyrometallurgical options for recycling spent lithium-ion batteries: A comprehensive review. *Journal Of Power Sources*, 491: 229622. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2021.229622
- Ordóñez, J., Gago, E. J., & Girard, A. (2016). Processes and technologies for the recycling and recovery of spent lithium-ion batteries. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 60: 195-205. DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.363
- Shaqsi, A. Z. A., Sopian, K., & Al-Hinai, A. (2020). Review of energy storage services, applications, limitations, and benefits. *Energy Reports*, 6: 288-306. DOI: 10.1016/j.egy.2020.07.028
- Shi, J., Peng, C., Chen, M., Li, Y., Eriç, H., Klemettinen, L., Lundström, M., Taskinen, P., & Jokilaakso, A. (2019). Sulfation Roasting Mechanism for Spent Lithium-Ion Battery Metal Oxides Under SO₂-O₂-Ar Atmosphere. *JOM*, 71(12): 4473-4482. DOI: 10.1007/s11837-019-03800-5
- Tawonezvi, T., Nomnqa, M., Petrik, L., & Bladergroen, B. J. (2023). Recovery and Recycling of Valuable Metals from Spent Lithium-Ion Batteries: A Comprehensive Review and Analysis. *Energies*, 16(3): 1365. DOI: 10.3390/en16031365
- Vargas-Hernández, J. G., & Noruzi, M. R. (2010). An analytic study of Mexico in economics, social, political, environmental, and sustainable development trends by the year 2030. [En línea]. DOAJ (Directory of Open Access Journals). Disponible en:



<https://doaj.org/article/d2cf536f668841fbab99f5df7316c7c7>. Fecha de consulta: 20 de mayo de 2024.

Wu, L. (2022). *Primary Aluminium Production - International Aluminium Institute*. International Aluminium Institute - Through The IAI. [En línea]. Disponible en: <https://international-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/>. Fecha de consulta: 20 de mayo de 2024.

Zheng, X., Zhu, Z., Lin, X., Zhang, Y., He, Y., Cao, H., & Sun, Z. (2018). A Mini-Review on Metal Recycling from Spent Lithium-Ion Batteries. *Engineering*, 4(3): 361-370. DOI: 10.1016/j.eng.2018.05.018

ANÁLISIS DEL FLUJO DE UN DISTRIBUIDOR DE COLADA CONTINUA CON PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES

FLOW ANALYSIS OF A CONTINUOUS CASTING DISTRIBUTOR WITH DIGITAL IMAGE PROCESSING

RESUMEN

En la producción del acero, el distribuidor es una etapa importante para la calidad del producto terminado. El esfuerzo de los investigadores se ha centrado, en ver el distribuidor como reactor o una caja negra, con los parámetros de entrada y salida, generando una caracterización del flujo. De esta manera se obtiene el flujo pistón, el flujo mezcla y el flujo muerto. El estudio del vídeo en un experimento de inyección de pulso de trazador o colorante y analizarlo con técnicas de procesamiento de imágenes, es el objetivo del presente trabajo. El flujo pistón, es proporcional al lapso entre la inyección y el momento en que empieza a salir el trazador del distribuidor, conocido como Mínimo Tiempo de Residencia (MTR). Durante el MTR ocurren los dos fenómenos considerados: el flujo del fluido y la difusión. Técnicas de segmentación y de dimensionamiento del área de trazador, permiten cuantificar el avance del área proyectada en la imagen tomada por el video, en función del tiempo.

La cuantificación del área acumulada permite observar el avance hasta cubrir el total del área proyectada. El análisis con esta metodología desarrollada permite ver desde una perspectiva diferente, problemas que están siendo causados por un mal diseño de distribuidores o modificadores de flujo. La velocidad con que avanza el área proyectada de trazador y su derivada representa la aceleración o frenado. Al inicio, debido al flujo turbulento, avanza rápidamente y tiempo después se va frenando. Del comportamiento del fluido, del MTR y la turbulencia, depende el arrastre de impurezas a la salida del distribuidor, y en consecuencia la limpieza y calidad del acero.

MARÍA DE LOURDES CERRITOS
ARRIAGA¹

MARÍA DEL CARMEN
CORONADO RIVERA²

JAFETH RODRÍGUEZ ÁVILA¹

RODOLFO C. MORALES
DÁVILA³

1. Facultad de Ingeniería,
Unidad Sureste, UAdeC.

2. Facultad de Sistemas,
Unidad Sureste, UAdeC.

3. Escuela Superior de
Química e Industrias
Extractivas, Unidad
Profesional "Adolfo López
Mateos", Instituto Politécnico
Nacional

Correspondencia
jafethrodriguez @uadec.edu.mx
ORCID: 0000-0002-8873-5882

Fecha de recepción
5 de diciembre de 2024.

Fecha de aceptación
15 de enero de 2025.

Palabras clave: colada continua; distribuidor; procesamiento y segmentación de imagen; producción de acero; tiempo de residencia.

ABSTRACT

In steel production, the passage through the tundish is an important stage for the quality of the finished product. Researchers have focused their efforts on viewing a tundish as a reactor or black box, with the input and output parameters, generating a characterization of the flow. In this way, the plug flow, the mixture flow, and the dead flow are obtained. The objective of this work is to study the video of the pulse injection experiment with tracer and its analysis with image processing techniques. The piston flow is proportional to the time between injection and the moment when the tracer begins to exit the distributor, known as Minimum Residence Time (MTR). During the MTR two phenomena considered occur: fluid flow and diffusion. Segmentation techniques and sizing of the tracer areas allow us to quantify the advance of the area projected in the image, as a function of time. The analysis of these tests will enable us to see from a distinct perspective that problems are being caused by a poor design of tundish or flow modifiers. The change in the projected area allows the advance of a mass of fluid to be seen graphically over time, which represents the speed at which the projected area of tracer advances.

The analysis developed with this methodology allows it to see from a different perspective problem that are being caused by bad design of distributors or flow modifiers. The speed at which the projected area of the tracer advances and its derivative represents acceleration or braking. In the beginning, due to the turbulent flow, it advances quickly and after a while, it slows down. The drag of impurities at the outlet of the distributor depends on the behavior of the fluid, the MTR and the turbulence, and consequently the cleanliness and quality of the steel.



Keywords: *continuous casting, tundish, image processing and segmentation, steelmaking, residence time.*

INTRODUCCIÓN

En la fabricación del acero comienza con la fusión de chatarra y arrabio, aproximadamente a 1600 °C, en un horno de arco eléctrico. Posteriormente, el acero líquido pasa a una olla de refinación secundaria, donde se ajusta su composición química, mediante la adición de ferroaleaciones, antes de ser transportado al distribuidor. Después del distribuidor, pasa al molde, en el que iniciará la solidificación del producto terminado.

Con la creciente demanda de acero limpio de alta calidad, la limpieza es de suma importancia en la producción y fundición de acero. El distribuidor juega un papel importante en el control de la calidad del acero fundido, ya que conecta un recipiente y un horno olla a un molde de fundición continua (Sahai y Emi, 2016). Para controlar la calidad del acero, el control del flujo y la temperatura de la masa fundida son fundamentales. (Harnsihacacha y col., 2018)

En la etapa del distribuidor, se tiene una reserva de acero líquido previa al molde, con flujos multifásicos turbulentos, enfriamiento, reacciones químicas y difusión (Wang y col., 2022). Situación que hace un proceso sumamente complejo. Debido a esto, los esfuerzos por parte los investigadores, se centran en realizar modelos físicos en acrílico que muestren el comportamiento de los flujos y difusión, realizando un escalamiento en base a criterios de similitud de Froude y utilizando agua en lugar de acero líquido.

El acero a 1600 °C tiene una viscosidad cinemática de 1×10^{-6} que es aproximadamente igual a la del agua a 20 °C es 0.913×10^{-6} , lo que hace que su comportamiento como fluido sea prácticamente igual



(Harnsihacacha y col., 2018). Debido a esto, es posible realizar modelos físicos que representan el flujo de los distribuidores en la planta industrial y analizar su comportamiento que no sería posible, en planta, debido a las temperaturas, a la naturaleza del acero y a los distribuidores de refractario.

Las técnicas utilizadas a la fecha se centran en las curvas de Distribución de Tiempos de Residencia (DTR), como lo muestra la Figura 1, para determinar la caracterización del flujo. En el experimento de inyección de pulsos del trazador en la entrada, permite ver en la salida el efecto de la inyección en un flujo estacionario (Tkadlečková y col., 2020). La medición en la salida de la absorbancia representa la curva de la concentración con respecto del tiempo. Al hacer el área bajo la curva igual a 1 con un procedimiento matemático de adimensionalizar la concentración y el tiempo, se obtiene la DTR, que permite cuantificar al flujo pistón, flujo mezcla y flujo muerto (Aguilar y col., 2018).

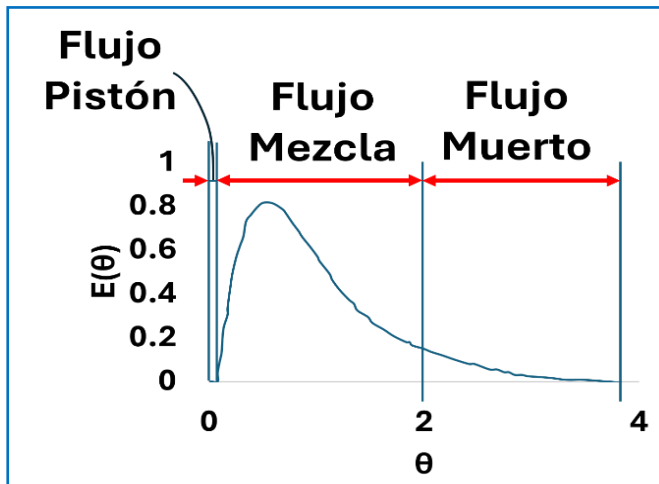


Figura 1. Curva de Distribución de tiempos de residencia.

Tal como están divididos los flujos, en el lapso del flujo pistón, es el intervalo inicial en el que el gráfico es $E(\theta)=0$. El área bajo la curva, desde $\theta=0$ hasta $\theta=2$, representa el volumen mezcla. Y el área bajo la curva desde 2 hasta ∞ , representa el flujo muerto (Chattopadhyay y col., 2010).

Para ver el comportamiento del avance del trazador se utilizan las herramientas en el procesamiento de imágenes, que permite realizar mediciones comparativas del fenómeno físico, discretizando el tiempo y permitiendo la segmentación de imágenes, para un análisis más detallado en el lapso del MTR, que actualmente no es tomado en cuenta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento para calcular las DTR que permiten mostrar el comportamiento del trazador inyectado por pulsos en el distribuidor. El modelo físico utilizado es un distribuidor a escala 1:1/3 fabricado en acrílico, con una salida de flujo estacionario de 31 L/min, basado en los criterios de Froude (Cwudziński, 2014). Para el procesamiento de imágenes, los parámetros están descritos en la Tabla 1.

El modelo es mostrado en la Figura 2 y su comportamiento determina que tan rápido sale el trazador del distribuidor y cuál es la intensidad del color en la salida del modelo físico. Sin embargo, el análisis durante el lapso del flujo pistón no proporciona más información durante el mínimo tiempo de residencia. MTR.

Tabla 1. Parámetros de experimentación

Parámetro	Valor
Caudal del distribuidor	31 L/min
Escala	1:1/3
Lapso estudiado	0-35 s
MTR	23 s
Concentración inicial del trazador	78 g/lit
Cámara de video	UHD, 30 a (FPS)

En el MTR se puede observar como se mueve el flujo y un parámetro para medir de forma indirecta su comportamiento, es el cuantificar el área proyectada que avanza el trazador. El video tomado de frente al experimento, durante el tiempo de avance de la mancha de trazador, muestra el área proyectada sobre la cámara. El video está grabado a 30 Fotogramas Por Segundo (FPS) y se mide el color en las imágenes RGB con escala de 0 a 256, o en escala de grises con el mismo rango para obtener el vector de color en valores numéricos en función del tiempo (Kour y col., 2013).

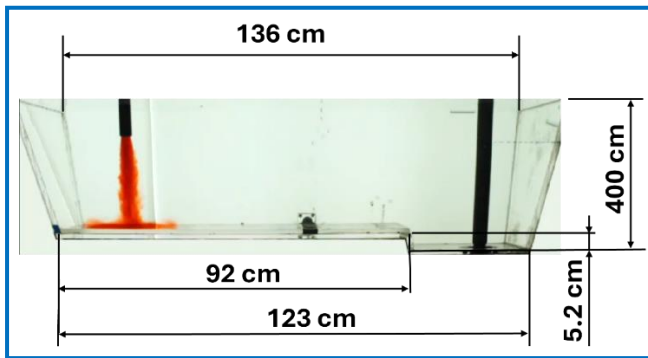


Figura 2. Modelo en acrílico con flujo estacionario escala a 1/3.

En la segmentación y procesamiento de imagen consiste en separar las capas de color y solo dejar el color rojo, para obtener la zona donde está el trazador a cada segundo. Se separan estos fotogramas con Matlab versión 2024a para realizar el procesamiento de imágenes. Cada capa representa una matriz de color con m filas por n columnas.

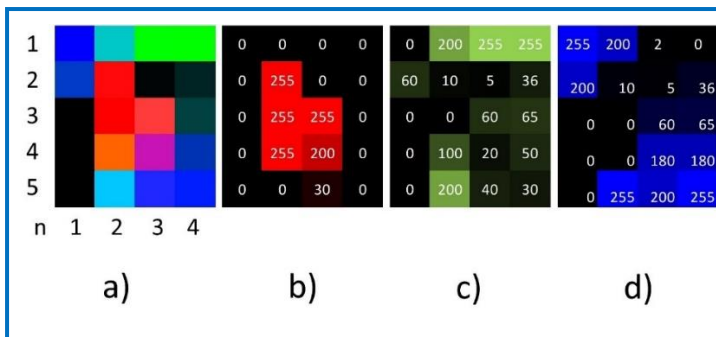


Figura 3. Imagen en color, a) Colores RGB, b) Capa de color rojo, c) Capa de color verde, d) Capa de color azul.

Cada pixel está ubicado en la intersección de una fila con una columna y tiene valores de color de 0-255 para cada capa. La combinación de estas capas da como resultado la imagen original (Durdu, 2021). Como lo muestra la Figura 3 a), que al descomponerse en sus capas RGB da como resultado las capas de rojo Figura 3 b) rojo, Figura 3 c) verde, y Figura 3 d) azul. Un valor de 0 es negro o sin color y un valor de 255 el máximo color RGB. El blanco es el resultado de que las tres capas tengan valor de 255 en un determinado pixel.

Se obtiene cada segundo una imagen del video y se descompone en sus capas de color RGB, como lo muestra la 4. Este ejemplo, es el caso de un distribuidor con inhibidor de turbulencia a un tiempo de 10 s, la imagen original Figura 4. a), muestra las capas de color rojo en la Figura 4 b), verde en la Figura 4 c) y azul en la Figura 4 d). La capa de color rojo se obtiene restando a la imagen original las capas verde y azul, (RGB).

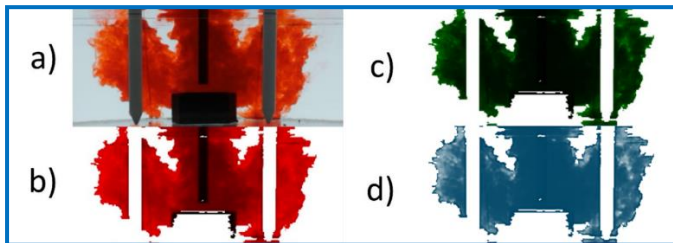


Figura 4. Separación de la imagen original RGB a) Imagen original, b) Capa de la imagen en rojo, c) Capa de la imagen en verde y d) Capa de la imagen en azul.

Una máscara es una zona que se sobrepone a la imagen con un color determinado. La máscara para este caso se obtuvo al substrair de la imagen original las capas de color verde y azul, además, de tomar los valores mayores que 30 para el color rojo. El resultado de aplicar esta máscara a la imagen original, se muestra en Figura 4 a). Una vez separado este color, se realiza un tratamiento de binarización. Es decir, en la zona que contiene algún tono de rojo, como lo muestra la Figura 4 b), los píxeles tomarán el valor de 1 (negro) y el resto los píxeles serán 0 (blanco). Se obtiene la suma total de la matriz resultante, da el número de píxeles que contienen trazador rojo.

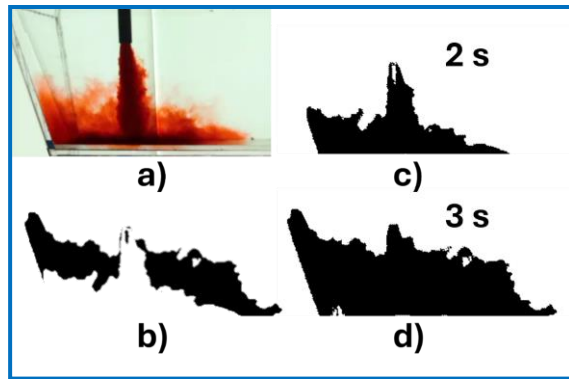


Figura 5. Binarización de imagen, a) Imagen original, b) Diferencia entre la imagen binarizada de 3s y 2s, c) la imagen binarizada de 3 s, d) la imagen binarizada de 2. s.

La Figura 5 a) muestra la imagen original a 2 segundos de la inyección. Se calculo, el área (A) en el segundo próximo (3 s) Figura 5 d) y se resta el área del segundo corriente (2 s) Figura 5 c). La diferencia entre el área a 3 s menos el área a 2 s, se muestra en la Figura 5 b), que representa el avance del trazador en un segundo. Se realiza de forma iterativa para determinar el avance para cada segundo i y de esta manera se obtiene las áreas por unidad de tiempo V_A . De acuerdo, con la ecuación 1.

$$V_A = \frac{dA}{dt} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{A_{i+1} - A_i}{t_{i+1} - t_i} \quad (1)$$

El cambio en la velocidad de avance del área proyectada por unidad de tiempo a_A , representa la aceleración con que avanza el trazador, mostrado en la siguiente ecuación 2.

$$a_A = \frac{dV_A}{dt} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_A}{\Delta t} = \frac{V_{A_{i+1}} - V_{A_i}}{t_{i+1} - t_i} \quad (2)$$

Basado en la segunda ley de newton la fuerza es la masa por aceleración, por lo que obtener la aceleración del trazador, refleja de manera proporcional e indirecta una medición del empuje de la masa de fluido desplazada.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al colocar las imágenes obtenidas por la metodología descrita, una sobre otra, se observa el avance del área por cada segundo, como lo muestra la Figura 6. En la Figura 6 a), se muestra un avance de tiempo de 5 s, es el inicio donde se nota un avance rápido del área del trazador para cada segundo transcurrido. La Figura 6 b), se observa que a medida que avanza el tiempo las áreas son cada vez más pequeñas para cada lapso de un segundo, esto se debe a que, cerca de la inyección, se tiene más energía cinética que en el chorro, que se va disipando a medida que se acerca a la salida.

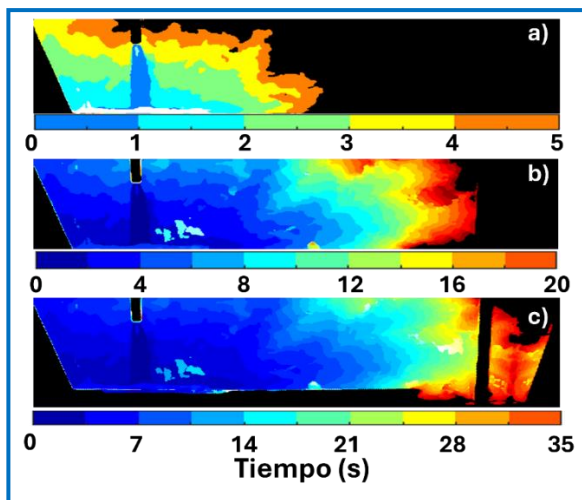


Figura 6. Cambio de área por segundo a) 5 s, b) 20 s y c) 35 s.

La energía cinética, debida a la velocidad, en algunas zonas causa remolinos que permiten hacer recirculaciones del área del trazador, estos remolinos también favorecen el mezclado (Nájera y col., 2007). En la Figura 6 c) muestra que la última etapa disminuye más las áreas o velocidad con la que avanza el colorante, es decir la energía cinética en estas zonas es cada vez mas baja y se observan zonas de bajo movimiento como las esquinas inferiores del distribuidor que representan flujos muertos, también se observa imperfecciones en el trazo debidas a la experimentación, como lo son la zona de la barra de

frenado, que controla el flujo de salida y un reflejo en la pared de acrílico del lado derecho.

Tomando como referencia la longitud del distribuidor de 136 cm, en la imagen, corresponde a 590 pixeles de longitud, se obtiene la longitud de 1 pixel $\times (136 \text{ cm} / 590 \text{ pixel}) = 0.230508 \text{ (cm/pixel)}$. Por lo tanto, el área de cada pixel será $0.05313 \text{ (cm}^2/\text{pixel)}$, multiplicado por el número de pixeles rojos, daría el área en $\text{(cm}^2)$ para cada imagen. Una vez obtenidas las imágenes del video para cada segundo, calculando el área proyectada y guardando los datos. Se grafica el área respecto al tiempo, como lo muestra la Figura 7.

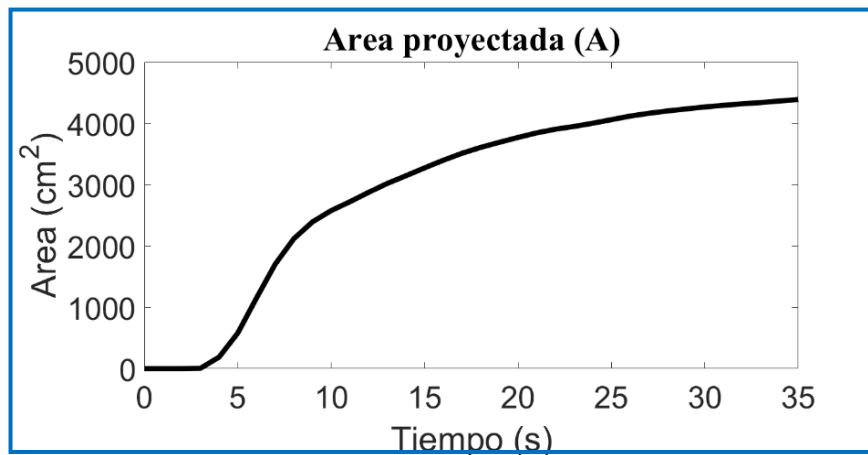


Figura 7. Área respecto al tiempo.

En el cálculo del área, hay que considerar un error debido a la visión angular propia de todas las cámaras de video, sin embargo, este error se presenta en todos los casos de estudio, por lo que puede considerarse como una cantidad constante, que afectara todos los casos de estudio. Al cuantificar el área, se observa que, al inicio, se incrementa hasta $570.6 \text{ (cm}^2/\text{s)}$ y luego disminuye oscilando lentamente hasta reducir a 0, observado en la Figura 8.

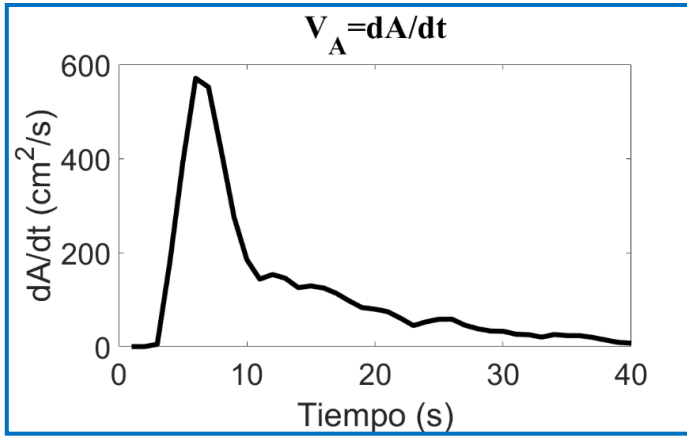


Figura 8. Velocidad de avance del área proyectada.

La aceleración del área proyectada representa el cambio de su V_A respecto al tiempo, como lo muestra la ecuación (2). La aceleración positiva implica, un aumento en la velocidad de avance del área proyectada. En la Figura 9 se muestra la primera etapa de antes del segundo 6, se tiene un aumento de la V_A , del segundo 6 al 11, se tiene un frenado con una aceleración negativa. Si se considera, que la fuerza es ($F=ma$), cada volumen de fluido que tiene una masa y una aceleración proporcional a la aceleración del área proyectada a_A , también tendrá una fuerza de empuje cuando la a_A , sea positiva y una fuerza de frenado, cuando a_A , sea negativa para cada volumen desplazado.

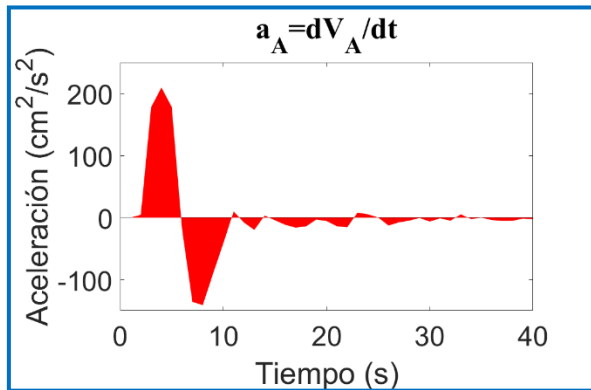


Figura 9. Aceleración del área proyectada o empuje.

Este parámetro a_A , después del segundo 11, se observan empujes y frenados alternativos de cada vez menor intensidad a medida que aumenta el tiempo, como lo muestra la Figura 9.

CONCLUSIONES

El análisis del movimiento de flujo y la difusión del trazador, en un distribuidor fue analizada, con procesamiento de imágenes. Realizando segmentación y procesamiento de imágenes tomados desde la vista frontal del distribuidor, dimensionando las áreas y los efectos del flujo. Se calculo el área proyectada, su velocidad de avance y aceleración. Se obtuvo la imagen del cambio de área por segundo para los tiempos de 5 s, 20 s y 35 s, que muestra la forma en que se mueve el colorante con esta configuración en vacío. Se observan diferencias de energía cinética en el flujo de la zona de la buza a la zona de salida, debida la disipación, se va perdiendo energía cinética, esto permite un tiempo de flotación de inclusiones, que puede mejorar con la implementación de modificadores de flujo. Después de los 11 s, se tiene frenado que empuje, quiere decir que hay más disipación que generación de energía. Si se considera, que cualquier objeto dentro de un líquido pierde velocidad, entonces, un volumen de fluido también frenaría a otro volumen de fluido, que se mueve cerca. Se desarrollo una metodología que permitiría por medio de un video calcular el comportamiento físico del área del trazador. Se obtuvieron resultados alentadores que permitirían observar el efecto de los modificadores de flujo y considerarlos como parámetros de diseño en distribuidores de colada continua. El obtener información de como avanza el área respecto al tiempo, proporciona más información, que lo convencional hasta ahora es observar y comparar fotografías instantáneas.

REFERENCIAS

- Aguilar, C. E., Ramos, J. A., Torres, E., Solorio, G., y Hernández, C. A. (2018). Flow Characterization and Inclusions Removal in a Slab Tundish Equipped with Bottom Argon Gas Feeding. *Metallurgist*, 61(11–12): 1055–1066.
- Chattopadhyay, K. I. M. y Guthrie, R. (2010). Physical and Mathematical Modelling of Steelmaking Tundish. *ISIJ International*, 50(3): 331–348.
- Cwudziński, A. (2014). Numerical, physical, and industrial experiments of liquid steel mixture in one strand slab tundish with flow control devices. *Steel Research International*, 85(4): 623–631.
- Durdu, A. (2021). Nested two-layer RGB based reversible image steganography method. *Information Technology and Control*, 50(2): 264–283.
- Harnsihacacha, A., Piyapaneeekoon, A., y Kowitwarangkul, P. (2018). Physical water model and CFD studies fluid flow in a single strand tundish. *Materials Today: Proceedings*, 5(3): 9220–9228.
- Kour, A., Yadav, V. K., Maheshwari, V., y Prashar, D. (2013). A Review on Image Processing. *International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*, 4(1): 270-275.
- Mazumdar, D. y Guthrie, R. I. L. (1999). The Physical and Mathematical Tundish Systems Modelling of Continuous Casting. *ISIJ International*, 39(6): 524–547.
- Nájera, A., García, L., Ramírez, P., Torres, E., y Morales, R. D. (2007). Dissipation of turbulent kinetic energy in a tundish by inhibitors with different designs. *Steel Research International*, 78(4): 318–326.
- Sahai, Y. (2016). Tundish Technology for Casting Clean Steel: A Review. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 47(4): 2095–2106.
- Tkadlečková, M., Walek, J., Michalek, K., y Huczala, T. (2020). Numerical Analysis of RTD Curves and Inclusions Removal in a Multi-Strand Asymmetric Tundish with Different Configuration of Impact Pad. *Metals*, 10(7): 849–869.
- Wang, Z., Yang, Z., Wang, X., Yue, Q., Xia, Z., y Xiao, H. (2022). Residence Time Distribution (RTD) Applications in Continuous Casting Tundish: A Review and New Perspectives. *Metals*. 12(8): 1-19.

BIORREMEDIACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MEMBRANAL PARA LA DETECCIÓN DE BLANCOS TERAPÉUTICOS DE CÁNCER DE PÁNCREAS Y MEDULOBLASTOMA

MARIJOSE LAUREANO RIVERA¹

ALBA ADRIANA VALLEJO
CARDONA²

EDUARDO GUILLERMO
GÓMEZ ROJAS³

*BIOREMEDIATION AND MEMBRANE CHARACTERIZATION FOR
DETECTION OF THERAPEUTIC TARGETS FOR PANCREATIC CANCER
AND MEDULLOBLASTOMA*

RESUMEN

La biorremediación es un proceso que facilita o conlleva a la regeneración de un tejido específico, la nanotecnología tiene el potencial de aplicaciones novedosas en muchos campos, que incluyen la genómica, la ingeniería, la ciencia de la computación y la medicina. El cáncer de Páncreas y meduloblastoma son neoplasias agresivas cuyo pronóstico es malo y causando la muerte en la mayoría de los pacientes ya que no se detectan a tiempo ni existe una terapia segura. Se utilizaron una serie de proteínas provenientes de tres líneas celulares (BXPC3, PANC1 y MIA PACA1), se analizó sus rutas metabólicas las cuales están relacionadas con la inflamación, metabolismo de lípidos y procesos inmunológicos, pero se busca como resultado la biorremediación o algún otro proceso de interés. Se espera que alguna de estas secuenciaciones pueda ser utilizada como marcador molecular que pueda extraerse de material biológico como lo es sangre, orina, LCR, etc. La cual pueda ser utilizada como un blanco o marcador terapéutico Elaborando una base de datos donde se adjunta el nombre de la proteína, su localización en la célula, función y ruta metabólica, así como el esquema de esta. Se utilizaron las aplicaciones de Cytoscape, CluePedia, ClueGo y STRING para analizar las rutas metabólicas de un determinado grupo de proteínas, pertenecientes a la línea de PANC1 siendo un total de 10 proteínas. Los principales resultados fueron la proteína Q9BY31 la cual está directamente relacionada con la transcripción neuronal y función sensorial como la percepción del dolor. La secuencia A0A1B0GWD1 cuenta con un

1. Laboratorio de Biología Molecular, Departamento de Investigación en Salud, Facultad de Medicina, Unidad Sureste, UAdeC.

2. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., CONHACYT, Guadalajara, Jalisco.

3. Departamento de Investigación Sociomédica, Facultad de Medicina, UAdeC.

Correspondencia
marijoselaureano @uadec.edu.mx
ORCID: 0009-0005-2175-5669

Fecha de recepción
5 de diciembre de 2024.

Fecha de aceptación
10 de febrero de 2025.

metabolismo cicatrizal la cual está siendo analizada más exhaustivamente buscando la función de biorremediación tisular. Se espera la obtención de una proteína presente en las líneas celulares mediante técnicas moleculares y el uso de nanotecnología, siendo utilizada para biorremediación, caracterización membranal y/o blanco terapéutico.

Palabras clave: biorremediación; nanotecnología; meduloblastoma; proteína; biomolecular.

ABSTRACT

Bioremediation is a process that facilitates or leads to the regeneration of a specific tissue. Nanotechnology has the potential for novel applications in many fields, including genomics, engineering, computer science, and medicine. Pancreatic cancer and medulloblastoma are aggressive neoplasms with a poor prognosis, causing death in most patients because they are not detected in time and there is no safe therapy. A series of proteins from three cell lines (BXPC3, PANC1, and MIA PACA1) were used. Their metabolic pathways were analyzed, which are related to inflammation, lipid metabolism, and immunological processes, but the result is bioremediation or some other process of interest. It is expected that some of these sequences can be used as a molecular marker that can be extracted from biological material such as blood, urine, CSF, etc. Which can be used as a therapeutic target or marker. By developing a database where the name of the protein, its location in the cell, function and metabolic pathway, as well as its scheme are attached. The applications Cytoscape, CluePedia, ClueGo and STRING were used to analyze the metabolic pathways of a certain group of proteins, belonging to the PANC1 line, being a total of 10 proteins. The main results were the protein Q9BY31 which is directly related to neuronal transcription and sensory function such as pain



perception. The sequence A0A1B0GWD1 has a scar metabolism which is being analyzed more exhaustively looking for the tissue bioremediation function. It is expected to obtain a protein present in cell lines through molecular techniques and the use of nanotechnology, being used for bioremediation, membrane characterization and/or therapeutic target.

The analysis developed with this methodology allows it to see from a different perspective problem that are being caused by bad design of distributors or flow modifiers. The speed at which the projected area of the tracer advances and its derivative represents acceleration or braking. In the beginning, due to the turbulent flow, it advances quickly and after a while, it slows down. The drag of impurities at the outlet of the distributor depends on the behavior of the fluid, the MTR and the turbulence, and consequently the cleanliness and quality of the steel.

Keywords: bioremediation; nanotechnology; medulloblastoma; protein; biomolecular

INTRODUCCIÓN

La biorremediación es un proceso que facilita o conlleva a la regeneración de un tejido específico, este proceso puede darse debido a varios procesos metabólicos que pueden estar relacionados con la inflamación, aspectos inmunológicos, procesos neuronales, etc. (Maritza, 2013).

La nanotecnología es la manufactura de la materia a escala nanométrica (entre aproximadamente 1 y 100 nanómetros) tiene el potencial de aplicaciones novedosas en muchos campos, que incluyen la genómica, la ingeniería, la ciencia de la computación y la medicina (Susan, 2023).



Actualmente son utilizados diversos aparatos nanotecnológicos en distintas áreas de la medicina como tratamiento, medidas paliativas, preventivos, entre otras funciones.

Según análisis moleculares a tumores de páncreas y el meduloblastoma se encontraron proteínas provenientes de tres distintas líneas celulares que tienen funciones diversas como inflamación, metabolismo de lípidos, neurológicas, inmunológicas, etc. (Cruz, 2020)

El gen p53 es un gen supresor tumoral, es decir, que detiene la formación de tumores. En la mayoría de los cánceres, el p53 se ha transformado y ha perdido su capacidad funcional. En el tratamiento experimental utilizado en este ensayo se reemplaza el ADN mutado con ADN p53 que funciona correctamente. El ADN se hace llegar directamente a las células tumorales para detener la formación de más células tumorales (González, 2021).

Los investigadores están realizando pruebas para analizar si la combinación de supresores tumorales que funcionan debidamente y se administran mediante terapia génica o como medidas paliativas y medicamentos si es que dañan el ADN de los tumores favorece la muerte celular y estimula o detiene la propagación del cáncer (Susan, 2023).

Actualmente no hay muchas investigaciones en el campo de la genética y ciencias moleculares en la búsqueda de biorremediación membranal secundarios a lesiones por diversas tumoraciones; ya que la mayoría de las empresas farmacéuticas buscan una mejora terapéutica más orientada a los cuidados paliativos (Maritza, 2013).

El cáncer de páncreas generalmente no manifiesta signos o síntomas específicos hasta evolucionar a un estadio avanzado. Es considerado uno de los cánceres más dolorosos y agresivos de tubo digestivo. Estadísticamente solo el 5% de los pacientes sobreviven 5 años posteriores al diagnóstico (Cruz, 2020).



Un meduloblastoma es un tumor intracraneal maligno de células embrionarias pequeñas que se origina a nivel del cerebelo. Usualmente crece en la parte más central del cerebelo produciendo hidrocefalia secundaria. Los pacientes pediátricos diagnosticados oportunamente y con medidas paliativas se estima que el 70% de los pacientes sobreviva 5 años posteriores al diagnóstico (Susan, 2023).

Ambos padecimientos no son diagnosticados clínicamente, a menos de que el páncreas se encuentre inflamado y pueda palpase, en cambio el meduloblastoma se puede diagnosticar mediante Resonancia Magnética que es un estudio de imagen poco accesible.

La biorremediación es la técnica que mediante su uso nos proporcione de alguna manera la caracterización y regeneración membranar; como medida terapéutica posterior a lesiones por meduloblastoma o lesiones de tumores pancreáticos mejorando el pronóstico del paciente. Se busca mediante el análisis de proteínas de tres líneas celulares, distintas formas de metabolismo buscando como resultado la biorremediación, así como también encontrar un marcador molecular que pueda ser identificado en distintos exámenes de laboratorio o clínicos (como lo son en sangre, orina, etc).

El meduloblastoma y cáncer de páncreas son tumoraciones agresivas que posterior a su tratamiento o medidas paliativas la esperanza de vida no es muy alentadora, por lo cual la implementación de una proteína mediante el uso de un aparato nanotecnológico creando un blanco terapéutico podría mejoraría el pronóstico de dichos pacientes (Maritza, 2013).

El objetivo general de presente estudio fue analizar un grupo de 10 proteínas pertenecientes a la línea células PANC1 en la búsqueda de biorremediación como función metabólica, la cual posteriormente puede ser utilizada como blanco terapéutico ante tumores pancreáticos y meduloblastoma. En particular se realizó análisis de las proteínas encontradas para identificar cual pudiera ser un marcador que mediante un análisis molecular su función metabólica sea la



biorremediación y que se identifique en exámenes de laboratorio. Se recopiló la información de cada proteína que incluya su localización, función, ruta metabólica y bases nitrogenadas obtenida a través de diversas fuentes y aplicaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideró una serie de proteínas provenientes de tres líneas celulares (BXPC3, PANC1 y MIA PACA1), se analizó sus rutas metabólicas las cuales participaran en inflamación, respuesta inmune o metabolismo lipídico con el fin de identificar algún medio de reconstrucción membranal y regeneración de tejido de las células afectadas por el resultado de la acción de los agentes generadores del tumor (en páncreas o meduloblastoma).

Se utilizaron las aplicaciones de Cytoscape, CluePedia, ClueGo y STRING para analizar las rutas metabólicas de un determinado grupo de proteínas, pertenecientes a la línea de PANC1 siendo un total de 10 proteínas con las cuales se realizó un Diagrama de Venn (Figura 1) para colocarlas en su correspondiente área.

Una vez investigada la función general de cada una de las proteínas su localización en la célula utilizando como herramienta páginas web como lo son UniProt, GeneCards y Kegg, se identificaron los principales organelos en los cuales eran liberadas o metabolizadas. Con dicho procedimiento se identificó que proteínas destinadas para la regulación de granulinas que participan en la respuesta inflamatoria su localización son los endosomas y lisosoma; en relación con la cicatrización posterior a la inflamación están presentes en el aparato de Golgi.

En relación con la sinapsis nerviosa, percepción del dolor, desarrollo de la corteza cerebral, transcripción neuronal son encontradas en el núcleo, citoesqueleto y microtúbulos.



Posteriormente en el Diagrama de Venn se agruparon las proteínas en las siguientes funciones:

- Inflamación
- Metabolismo lipídico
- Sistema inmune

Observando que la mayoría de este grupo de proteínas tiene un papel inflamatorio relacionado con el sistema inmune. Con ayuda de la aplicación de Cytoscape utilizando herramientas técnicas como ClueGo y CluePedia ajustando los parámetros adecuados para la obtención de los datos solicitados se elaboraron los diagramas de las rutas metabólicas, adjuntando también sus pares de bases nitrogenadas de cada una. Después se realizó un análisis exhaustivo con el fin de obtener como resultado la biorremediación de un determinado tejido, logrando utilizarse como marcador en un análisis clínico o molecular, según la ruta metabólica y sus receptores y/o proteínas relacionadas que en su mayoría cumplen funciones de transcripción del ADN, cinasas, enzima, adhesión, cadherinas, etc.

Una vez obtenidos estos datos que cumplan con los parámetros requerido se procede a la elaboración de un trabajo donde se adjuntan la o las proteínas, su localización en la célula, sus bases nitrogenadas, función, ruta metabólica con su esquema y bibliografía, complementando con esto el Diagrama de Venn.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En análisis a las proteínas de la línea celular PANC1 la mayoría su metabolismo corresponde a reacciones inflamatorias, en segundo grado a inflamatorias relacionadas al sistema inmune y un 3.5% relacionado a los 3 metabolismos. Se encontraron secuenciaciones las cuales tienen metabolismo múltiple como se muestra en la Figura 1.

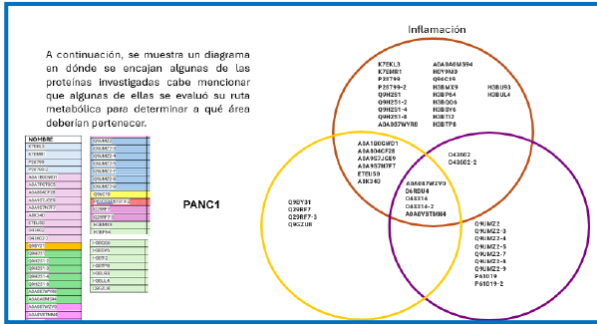


Figura 1. Diagrama de Venn.

La proteína Q9BY31 la cual se localiza en el núcleo está directamente involucrada con la transcripción neuronal; en el meduloblastoma estas células pueden verse dañadas por lo cual esta proteína desempeña un papel importante a nivel molecular. La ruta metabólica presentada fue obtenida de la aplicación STRING como se observa en la Figura 2.

A0A1B0GWD1; A0A7P0T9C5; A0A804CF28; A0A9S7JGE9; A0A9S7N7F7; A8K340; E7EU50; O43602; O43602-2 desempeñan la función de regulación lisosomal y como factor de crecimiento o implicado en la cicatrización posterior a la inflamación, así como también en la proliferación celular, lo cual puede ser de apoyo en lesiones por cáncer de cabeza de páncreas ya que, se pretende obtener una proteína de biorremediación, así como un marcador membranal molecular.

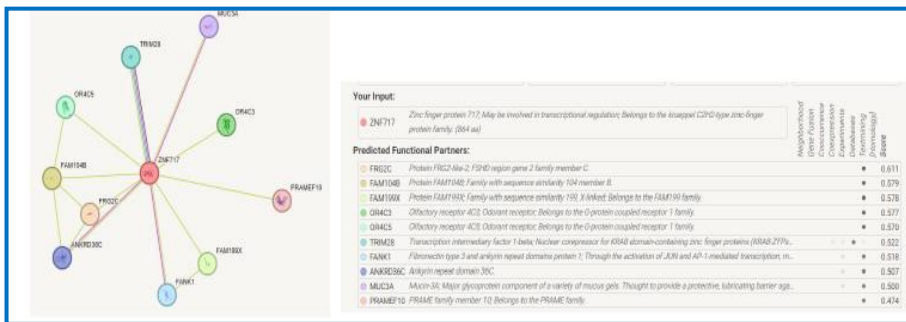


Figura 2. Diagrama de la ruta metabólica de la proteína Q9BY31

Como organelos diana se obtuvo que en su mayoría las proteínas se localizan en el aparato de Golgi, microtúbulos, lisosomas, núcleo y membrana plasmática.

Las 10 proteínas analizadas de la línea células PANC1 no fue posible la elaboración de su ruta metabólica común en la aplicación de Cytoscape como se muestra en la Figura 3 con el apoyo de ClueGO y CluePEDIA debido a que, sus funciones metabólicas eran muy variadas aunque pertenecieran a una función en común como lo es por ejemplo inflamación tenían diferentes rutas, por lo cual e obtuvieron individualmente mediante la aplicación de STRING, GeneCards y Uniprot las cuales generan un formato como el que puede observarse en la Figura 2.

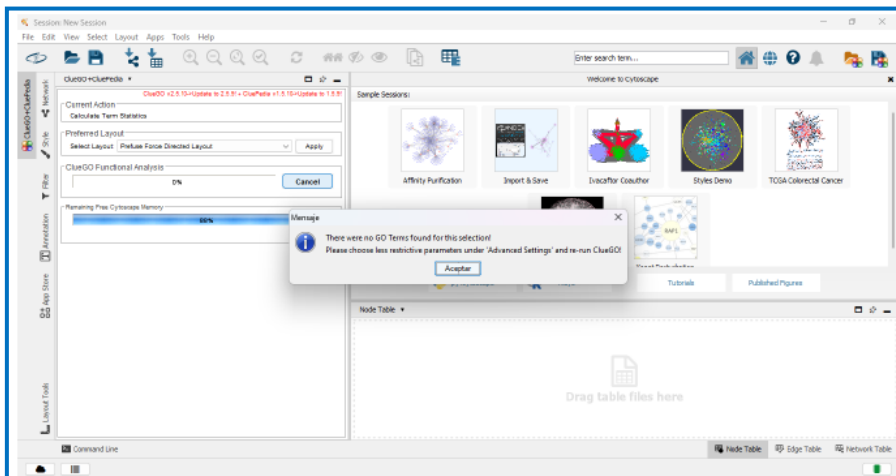


Figura 3. Aplicación Cytoscape no relación en rutas metabólicas.

CONCLUSIONES

En esta investigación se logró adquirir conocimientos teóricos acerca de líneas celulares, proteínas, generalidades clínicas y patológicas del meduloblastoma y cáncer de páncreas, el uso de nuevas tecnologías

como las aplicaciones y páginas web anteriormente mencionadas y ponerlos en práctica en la elaboración de las rutas metabólicas de cada proteína sin embargo, al ser un extenso trabajo aún se encuentra en fase de identificación de un marcador que pueda ser localizado mediante un análisis clínico de rutina como es: de sangre, orina, etc. Como apoyo al diagnóstico del paciente. Se espera la obtención de una proteína presente en las líneas celulares mediante técnicas moleculares y el uso de nanotecnología, siendo utilizada para biorremediación, caracterización membranal y/o blanco terapéutico. En la investigación de las 10 proteínas correspondientes se encontró que no hay relación en vías de señalización y metabolismo por lo cual tuvieron que ser analizadas mediante la aplicación STRING, teniendo en cuenta la diversidad de funciones metabólicas dentro de la misma línea celular PANC1 como lo es con la secuencia Q9BY31 teniendo un metabolismo neuronal en proteínas en las cuales solo se esperaban funciones lipídicas, inmunológicas y mayormente inflamatorias.

REFERENCIAS

- Cruz, C. (2020). Nanotecnología el futuro en los tratamientos oncológicos y neuronales. *Revista Médica Clínica las Condes*, 23(3): 567-570. [https://doi.org/10.1013/s0789-8690\(12\)70789-1](https://doi.org/10.1013/s0789-8690(12)70789-1)
- Drake, Richard L., Volg, A.W. y Mitchell, A.W.M. (2020). *Gray Anatomía para estudiantes* (4a. ed.). Elsevier. Recuperado de la plataforma ClinicalKey Student en Biblioteca Digital Universidad del Valle de Atemajac.
- Goldman, L. y Schafer, A. I. (2021). *GoldmanCecil. Tratado de medicina interna* (26a. ed.). Elsevier. Recuperado de la plataforma ClinicalKey Student en Biblioteca Digital Universidad del Valle de Atemajac.
- González, U. (2021). Meduloblastoma y otros tumores embrionarios. *Gaceta Virtual de Embriología*, 9(2): 5-8. [https://doi.org/98.8475/n0495-5463\(8\)54639-0](https://doi.org/98.8475/n0495-5463(8)54639-0)
- Hernández Sampieri, R. Baptista Lucio, M. D. y Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed.). México, D. F.: McGrawHill

Interamericana. Recuperado de la plataforma E-Libro en Biblioteca Digital Universidad del Valle de Atemajac.

Maritza, V. (2013). Cáncer: cuidado continuo y manejo paliativo. *Revista Médica Clínica las Condes*, 24(4): 668-676. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(13\)70206-2](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(13)70206-2)

Nussbaum, R. L., McInnes, R. R., Huntington, W. y Hamosh, A. (2016). *Genética en Medicina* (8a. ed.). Barcelona: Elsevier. Recuperado de la plataforma ClinicalKey Student en Biblioteca Digital Universidad del Valle de Atemajac.

Susan, L. (2023). Combinación de terapia génica con tratamientos de primera línea actuales para el cáncer de páncreas metastásico. *Revista Científica Serendipia*, 8(1): 45-47. [https://doi.org/13.1085/m0468-4618\(11\)70684-3](https://doi.org/13.1085/m0468-4618(11)70684-3)

HÁBITOS ALIMENTARIOS, SOBREPESO Y OBESIDAD EN ESTUDIANTES DE UNA UNIVERSIDAD DEL NORTE DE MÉXICO

EATING HABITS, OVERWEIGHT AND OBESITY IN STUDENTS AT A UNIVERSITY IN NORTHERN MEXICO

EVELIN ELIN MEDINA
MARTÍNEZ ¹

MILAGROS MARÍA DE JESÚS
MÉNDEZ NIETO ¹

ANA LAURA TOVAR
GALLEGOS¹

RESUMEN

Introducción: uno de los principales problemas de salud en México son la obesidad y el sobrepeso en adultos jóvenes, que incluyen tanto el principal factor de riesgo para la aparición de enfermedades no transmisibles. Objetivo: determinar la relación de los hábitos alimentarios con el Índice de masa corporal (IMC) en estudiantes de una universidad. Metodología: el estudio transversal y correlacional, la población estaba constituida por 91 estudiantes de ambos sexos de una universidad del norte de México. El cuestionario se llama frecuencia de consumo de alimentos cuenta con 23 ítems, Este cuestionario presenta un nivel de confiabilidad de 0.86 alfa de Cronbach, lo cual se considera un nivel alto de confiabilidad, se realizaron medidas antropométricas (peso y talla), el análisis de los datos se propone hacer mediante estadística descriptiva e inferencial, programa estadístico Statistical Package For the Social Sciences (SPSS) versión 22. Resultado: se encuentra descrito en el coeficiente de correlación y significancia de los hábitos alimentarios y el nivel de IMC ($p < .001$; $J_i = .299$), es decir que a mayor inadecuados hábitos alimentarios aumenta el IMC, en esa población. Conclusión: realizar promoción de la equidad en salud es decir el acceso a una alimentación saludable puede estar determinado por una variedad de factores, como el acceso a alimentos frescos y nutritivos, el conocimiento sobre nutrición y la disponibilidad de recursos económicos.

Palabras clave: conducta alimentaria; sobrepeso; obesidad; IMC; estudiantes.

MARÍA EUGNIA CERVERA
BAAS ²

JULIO BARAJAS SÁNCHEZ ²

1. Escuela de Enfermería
María Josefe Medina De
Valle Arizpe, Saltillo, Coah.

2. Facultad de Enfermería,
Universidad Autónoma de
Baja California.

Correspondencia
maria.cervera@uabc.edu.mx
ORCID: 0000-0002-4889-2568

Fecha de recepción
5 de diciembre de 2024.

Fecha de aceptación
10 de febrero de 2025.

ABSTRACT

Introduction: one of the main health problems in Mexico is obesity and overweight in young adults, which include both the main risk factors for the appearance of non-communicable diseases. Objective: to determine the relationship between eating habits and BMI in university students. Methodology: the cross-sectional and correlational study, the population consisted of 91 students of both sexes of the Instituto Universitario Paulo Freire (UNIFREIRE). The questionnaire is called food consumption frequency and has 23 items. This questionnaire has a reliability level of 0.86 Cronbach's alpha, which is considered a high level of reliability, anthropometric measurements were taken (weight and height), the data analysis is proposed using descriptive and correlational statistics, with the generation of a data matrix using the statistical program Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). The present research adhered to the provisions of the Regulations of the General Health Law on Health Research (SS, 1987; update, 2016), which establishes that ethical aspects that guarantee the dignity and well-being of the participants should be considered in the development of health research. Result: it is described in the correlation coefficient and significance of eating habits and BMI level ($p < .001$; $J_i = .299$), i.e. the more inadequate eating habits, the higher the BMI increases in this population. Conclusion: the health professional's promotion of health equity, i.e. access to healthy eating can be determined by a variety of factors, such as access to fresh and nutritious food, knowledge about nutrition and availability of economic resources.

Keywords: eating behavior; overweight; obesity; BMI; students.

INTRODUCCIÓN

Se menciona que un tercio de los estudiantes no consume una de las tres comidas diarias y otros las sustituyen por alimentos no saludables, se dice que muchos de los hábitos alimentarios de los estudiantes son inadecuados. Esto provoca un desequilibrio energético debido al ayuno y deficiencia de nutrientes. Por lo tanto, el acceso a los alimentos tiene un efecto, las conductas alimentarias de los adultos jóvenes (AJ), notándose una propensión a seleccionar los alimentos desaconsejados porque se adaptan al estilo de vida acelerado, práctico y asequible. Estos patrones alimentarios tienen un efecto sobre la prevalencia e incidencia del sobrepeso y la obesidad en AJ (Martínez-Hernández y Sandoval-Copado, 2021)

La principal causa del sobrepeso y la obesidad es un desequilibrio energético entre la ingesta y la ingesta de calorías o el aumento del consumo de alimentos ricos en calorías y grasas; Reducción de la actividad física debido al carácter cada vez más sedentario de muchas formas de trabajo, los nuevos medios de transporte y la progresiva urbanización. A menudo, los cambios en los hábitos alimentarios y la actividad física son consecuencia de cambios ambientales y sociales durante el desarrollo (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Por ende, se menciona que a consecuencia de los hábitos alimentarios que se tienen, la mayoría son procesados con altos niveles de azúcar, grasas trans y sal, así como bebidas azucaradas que son muy sencillas de conseguir por su amplia disponibilidad, bajo costo y promoción en los medios de comunicación, son las principales causas de obesidad y sobrepeso, en la actualidad los AJ tienen susceptibilidad de poder desarrollar este tipo de patologías debido a que tienen menor participación en la actividad física agravando este problema en este grupo poblacional. Es así como el sobrepeso y la obesidad son grandes factores para procesar enfermedades o conflictos en la salud de los AJ (Organización Mundial de la Salud, 2021).



Por ello la Federación Mundial de Obesidad (WOF), menciona que México tenía la quinta tasa más alta de obesidad en AJ en el mundo en el año 2022; Marcia Hiriart Urda nivia, especialista en fisiología humana, hizo esta afirmación durante su participación en la mesa sobre desnutrición, obesidad y diabetes (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el sobrepeso y la obesidad como una condición donde existe una acumulación anormal o excesiva de grasa corporal; siendo así una serie de factores genéticos, ambientales, políticos y económicos. Los hábitos son clave en el desarrollo y mantenimiento del sobrepeso, la obesidad, generando así un problema de salud pública (Reynoso y col., 2018).

Los principales problemas de salud en México son la obesidad y el sobrepeso en adultos jóvenes, que son el principal factor de riesgo para la aparición de enfermedades no transmisibles (Gobierno de México, 1984). Las universidades públicas pretenden desarrollar competencias y construir aprendizajes en los estudiantes, para que éstos puedan tomar mejores decisiones en el futuro, Es importante resolver la problemática del sobrepeso y la obesidad desde una educación formativa que promueva el cuidado de la salud. Mejorar la calidad de vida de los estudiantes es fundamental para que éstos sean más conscientes, reflexivos y saludables (García & Cufarfán, 2019).

Cierto es que estas problemáticas requieren la participación de equipos multidisciplinarios de profesionales de la salud adecuadamente calificados, el uso de materiales educativos, su integración en los lugares de trabajo, escuelas, y la creación de programas preventivos. También actualmente, es necesario mantener una visión de trabajo en el que todos los servicios de salud públicos y privados, las diversas sociedades médicas, las industrias farmacéuticas, alimentarias colaboren y se responsabilicen, donde el compromiso común permita formular mejores políticas para prevenir, controlar obesidad y sobrepeso (Córdova-Villalobos, 2009; Sánchez Viveros y col., 2022).



EL OBJETIVO DEL PRESENTE ESTUDIO ES DETERMINAR LA RELACIÓN DE LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS CON EL IMC EN ESTUDIANTES DE UNA UNIVERSIDAD.

MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO

El estudio elaborado es descriptivo y correlacional. Este diseño permitió examinar la asociación entre los hábitos alimentarios, sobrepeso y obesidad en estudiantes de una universidad del norte de México.

POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

La población estuvo constituida por estudiantes de ambos sexos del Instituto Universitario Privado del norte de México. Se realizó un muestreo probabilístico simple obteniendo una muestra representativa y que aceptaron participar voluntariamente en el estudio.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de Inclusión

- Estudiantes del plantel con edades de 25 a 44 años.
- Sexo indistinto.
- Aquellos estudiantes que acepten participar en el estudio.

Criterios de exclusión

- Estudiantes que se encuentran en prácticas profesionales.



- Estudiantes que no terminaron el cuestionario o respondieron incompleto el cuestionario.
- Aquellos estudiantes que no se encuentren en el lugar para participar en el estudio.
- Estudiantes que tengan alguna limitación física que no le permita realizar antropometría

Criterios de eliminación

- Aquellos que no tengan interés y no firmen el consentimiento informado para participar en el estudio.

INSTRUMENTOS

Como primera opción se obtuvo la información de las características sociodemográficas, el cual se componen por las siguientes preguntas edad, sexo, semestre, trabajo, nivel socioeconómico, carrera, enfermedades crónico-degenerativas, cuantas comidas realiza al día para medir la variable de hábitos alimentarios se usó la técnica de la encuesta y como instrumento se utilizó un cuestionario.

El cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos cuenta con 23 ítems, de los cuales 2 indagan los tiempos de comida, 15 la dieta alimentaria, y 6 las formas de cocción. Este cuestionario presenta un nivel de confiabilidad de 0.86 alfa de Cronbach, lo cual se considera un nivel alto de confiabilidad.

El cuestionario fue elaborado por el investigador y constaba de dos partes: la primera parte relacionada con la información general de los estudiantes (9 ítems), la segunda parte relacionada con los hábitos alimentarios (38 ítems). Las preguntas sobre hábitos alimentarios están estructuradas y ordenadas en cuatro dimensiones: información general (4 preguntas), tipo de alimento (9 preguntas), frecuencia (16 preguntas) y cantidad (9 preguntas). Cada pregunta se presenta con un número de alternativas cerradas de respuesta múltiple (4 opciones), valoradas cada una con un máximo de un punto (1) y un máximo de cuatro (puntos).



El IMC es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla al cuadrado que permite identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos. El índice de masa corporal (IMC) se operacionaliza mediante la medición de peso y talla con una ficha de observación. Se basó en la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SSA3-2017, para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad prefacio.

PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Para la realización del presente estudio, se requirió de la población del Instituto Universitario, se envió la solicitud de consentimiento se presentó por escrito junto con la presentación previa del proyecto de investigación. Tras recibir críticas positivas, contactamos con la institución educativa seleccionada para organizar el estudio. Después de obtener el consentimiento informado, se pidió permiso a un grupo de estudiantes matriculados en el año escolar 2023-2024 de agosto a febrero para realizar el estudio. Después de la selección, los estudiantes acudieron a clase con previo consentimiento. Se pidió al profesor que hablara con los estudiantes seleccionados para explicarles el propósito de la investigación, el proceso de investigación y cuánto tiempo llevaría. El tiempo estimado para el llenado del instrumento y de la antropometría será de aproximadamente diez minutos.

El investigador principal del presente estudio estuvo a cargo de brindar las indicaciones sobre el llenado de la encuesta, así mismo como para resolver cualquier duda que presenten los estudiantes. Al finalizar el llenado de los instrumentos se les agradeció a los estudiantes por su participación. Así mismo se les informó que la información estaría resguardada y ninguna autoridad educativa de su institución tendrá acceso ya que sólo se utilizará con fines científicos.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este estudio cumplió con lo establecido en la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (SS, 1987; modificada, 2014) que establece que en el desarrollo del estudio se tendrán en cuenta consideraciones éticas. La medicina tiene como objetivo garantizar la dignidad y el bienestar humanos.

Las “Consideraciones Éticas Segundas en Investigaciones con Sujetos Humanos”, Capítulo I, Artículo 13, se respetará la protección de los derechos y el bienestar de los estudiantes, así como la confidencialidad de los estudiantes, cuando realicen investigaciones presenciales, según lo hayan solicitado. En ningún caso se les preguntó su nombre.

De conformidad con las fracciones I, V, VI, VII y VIII del artículo 14, la investigación se adaptó a principios científicos y éticos y proporcionó consentimiento informado para quienes participaron en este estudio y para los universitarios. Así como también el Capítulo 3 Artículo 36 de este Reglamento, donde se les otorgó una descripción del formulario recibiendo una explicación clara y completa del propósito del estudio, así como la seguridad de recibir respuestas a todas las preguntas y dudas, así como la posibilidad de retirar el consentimiento en cualquier momento. El consentimiento informado se prestó en forma material, aprobado por el Comité Gestor establecido por la Cruz Roja de conformidad con lo dispuesto en el art. 20 y 21 (partes I, VI, VII, VIII), art. 22 (fracciones I y II). Además, según el art. 17, este estudio fue clasificado como de riesgo mínimo, por lo que la probabilidad de que los participantes sufran algún daño como resultado de responder las preguntas de este estudio es baja. Sin embargo, los participantes pueden dejar de participar temporalmente si lo consideran necesario o no se sienten cómodos con la cooperación.



RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LOS ESTUDIANTES DE UNIVERSIDAD

La muestra estuvo conformada por 91 estudiantes que cumplieron con los criterios de inclusión, se encontró que la edad osciló de 23 a 53 años con una $x=31$ y una $DE=6$, el 81%(74) fueron mujeres y un 19%(17) son hombres, el 37%(34) cursan el 1er semestre, el 2%(2) 2do semestre, un 13%(12) cursan 3er semestre, un 15%(14) cursan el 4to semestre, un 8%(7) cursan 6to semestre, un 21%(19) cursando 7mo semestre y el 3%(3) en 9no semestre, el 100%(91) estudian el nivel de licenciatura, por otra parte el 78%(71) trabajan en algún lugar mientras estudian y el 22%(20) no lo hace (Tabla 1).

Tabla 1. Características sociodemográficas de estudiantes de universidad.

	Fr	%
Sexo		
Mujeres	74	81
Hombres	17	19
Semestre		
Primero	34	37
Segundo	2	2
Tercero	12	13
Cuarto	14	15
Sexto	7	8
Séptimo	19	21
Noveno	3	3
Carrera	91	100
Licenciatura		
Trabajo		
Si	71	78
No	20	22

Nota: Fr= Frecuencia, %= porcentaje.

IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN LOS ESTUDIANTES DE UNIVERSIDAD

Se encuentra que los estudiantes el 25% (23) se encuentran en peso normal, mientras que el 34% (31) en sobrepeso, la obesidad grado 1 tiene un porcentaje de 30% (27), mientras que la obesidad grado 2 con un 8% (7) y por último la obesidad de grado 3 tiene un porcentaje de 4% (3) (Figura 1).

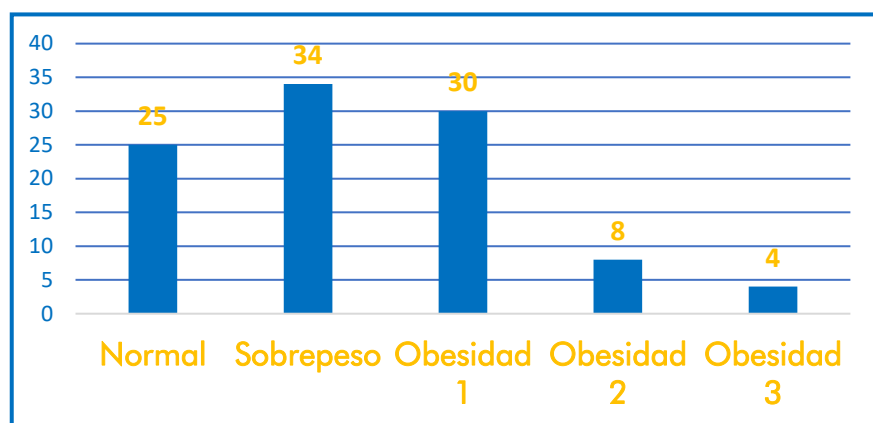


Figura 1. Porcentaje del nivel de sobrepeso y obesidad de los estudiantes universitarios.

IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE IMC POR SEMESTRE

A continuación se puede observar que los alumnos de primer semestre cuentan con un 35% de sobrepeso, el 29% con obesidad grado 1, un 15% con obesidad grado 2 y un 6% con obesidad grado 3, en segundo semestre el 50% de los alumnos tiene sobrepeso y la obesidad grado 1,2,3 cuentan con el 0%, el tercer semestre muestra un 25% de sobrepeso, 25% de obesidad grado 1 y obesidad grado 2 y 3 cuentan con el 8% por igual, cuarto semestre el 29% cuenta con sobrepeso, 43% de la población cuenta con obesidad grado 1 y el 0% con obesidad grado 2 y 3, sexto semestre cuenta con 29% de sobrepeso, 57% con obesidad grado 1, 14% de obesidad grado 2 y 0% de obesidad grado 3, en séptimo semestre el 47% cuenta con sobrepeso, 21% con obesidad grado 1 y el 0% con obesidad grado 2 y 3, por último en



noveno semestre se cuenta con el 0% en sobrepeso, obesidad grado 1, 2 y 3 (Tabla 2).

Tabla 2. Nivel de IMC por semestre

	Normal		Sobrepeso		Obesidad grado 1		Obesidad grado 2		Obesidad grado 3	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
Primer	5	15	12	35	10	29	5	15	2	6
Segundo	1	50	1	50	0	0	0	0	0	0
Tercer	4	33	3	25	3	25	1	8	1	8
Cuarto	4	29	4	29	6	43	0	0	0	0
Sexto	0	0	2	29	4	57	1	14	0	0
Séptimo	6	32	9	47	4	21	0	0	0	0
Noveno	3	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Fr=Frecuencia, %=porcentaje.

IDENTIFICACIÓN DE LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS EN LOS ESTUDIANTES DE UNA UNIVERSIDAD

A continuación se muestran los diferentes alimentos con los que se lleva a cabo los hábitos alimentarios teniendo así las frutas, verduras y lácteos con un mínimo de 0, máximo de 7 y $x=4$ a derivación de las carnes que cuenta con un mínimo de 1, máximo de 7 y $x=5$, los cereales con un mínimo de 0, máximo de 7 y $x=5$, leguminosas, azúcares y grasas tiene un mínimo de 0, máximo de 7 y $x=4$, por otro lado continuamos con las bebidas: refrescos con un mínimo de 0, máximo de 7 y media de 3, energéticas mínimo 0, máximo 6 y $x=1$, alcohólicas con un mínimo de 0, máximo de 7 y $x=2$, por último el café con un mínimo de 0, máximo de 7 y $x=4$ (Tabla 3).



Tabla 3. Hábitos alimentarios

Hábitos alimentarios	Mín.	Máx.	X	DE
Frutas	0	7	4	1.736
Verduras	0	7	4	1.710
Lácteos	0	7	4	1.979
Carnes	1	7	5	1.522
Cereales	0	7	5	1.809
Leguminosas	0	7	4	2.104
Azúcar	0	7	4	2.113
Grasas	0	7	4	1.865
Refrescos	0	7	3	2.333
Bebidas energéticas	0	6	1	1.434
Alcohólicas	0	7	2	1.871
Café	0	7	4	2.459

Nota: Min=Mínimo, Max=Máximo, X=Media, DE=Desviación estándar

RELACIÓN DE LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS CON EL IMC EN ESTUDIANTES DE UNA UNIVERSIDAD

Se encuentra descrito en el coeficiente de correlación y significancia de los hábitos alimentarios y el nivel de IMC ($\rho = <.001$; $Ji = .299$) por lo que se observa significancia entre las variables, esto se traduce a una correlación positiva y significativa entre los hábitos alimentarios y el nivel de IMC. Es decir que a mayor inadecuados hábitos alimentarios aumenta el IMC.



DISCUSIÓN

En el presente estudio, cuyo objetivo fue determinar la relación entre los hábitos alimentarios y el índice de masa corporal (IMC) en estudiantes universitarios, se identificaron las características sociodemográficas de los participantes. La mayoría de los estudiantes eran mujeres, y más de la mitad se encontraban cursando el séptimo semestre de la licenciatura, combinando sus estudios con actividades laborales. Los resultados anteriores son diferentes a un estudio realizado en una universidad de Bolivia, (UNICEF, 2020), pero similares al estudio realizado en una universidad de Guerrero, México (Pineda- Burgos y col., 2017). Esto podría deberse a los indicadores poblacionales relacionados con la edad y sexo, así como sobre la evolución y ubicación en el territorio nacional (Fernández & Lacunza, 2020).

Se encontró que la mayoría de los estudiantes universitarios presenta sobrepeso y obesidad (Figura 1), lo cual difiere con el estudio realizado por Cuadra- Escalante y col. (2019), en donde se encontraron prevalencias de 25% para sobrepeso y 12% para obesidad. Estos porcentajes podrían deberse a que el aumento del IMC en los estudiantes que participaron en esta investigación se asocia con el consumo de bebidas azucaradas como refrescos, lo cual coincide con el estudio realizado en Colombia por Ramírez-Vélez (2017), donde se reportó que la prevalencia de obesidad abdominal fue mayor en los alumnos que respondieron consumir diariamente bebidas azucaradas.

El análisis del IMC muestra que la mayoría de los estudiantes, en los distintos semestres, presentaba sobrepeso. Este resultado difiere con lo reportado por Jalca Ávila y col. (2020), en donde realizaron su estudio en una universidad de ciencias de la salud en Ecuador, donde participaron 116 estudiantes que en su mayoría presentaba un peso normal y muy poco sobrepeso; así como también lo reportado en Panamá, donde la mayoría de los estudiantes presentaron un peso normal. Esto podría deberse a la falta de educación nutricional porque muchos estudiantes comienzan la escuela sin conocimientos suficientes sobre una dieta sana y equilibrada, por lo que la falta de educación



puede hacer que tomen malas decisiones dietéticas. Así como también el estrés y las emociones juegan un papel importante en los hábitos alimentarios de los estudiantes (Jalca-Ávila y col., 2020; Peña Maldonado y col., 2024).

Por otra parte, se supervisa que la mayoría de los universitarios presenten hábitos alimentarios inadecuados, caracterizados por el consumo frecuente de embutidos, bebidas azucaradas y métodos poco saludables de preparación de los alimentos. Estos hallazgos coinciden con un estudio realizado en la Universidad Nacional de Colombia (2015) en Bogotá DC (2013), pero difieren de los resultados obtenidos en una escuela de Argentina (2020). Esta situación podría atribuirse a los malos hábitos nutricionales de los estudiantes, como saltarse comidas, consumir grandes cantidades de grasas y dulces, y tener un bajo consumo de frutas, verduras y productos lácteos. Además, es relevante considerar que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha advertido a México sobre el impacto negativo que podría tener el crecimiento de la vulnerabilidad alimentaria en el bienestar, la salud y la nutrición, lo que podría dejar consecuencias significativas en el futuro de las familias si no se toman medidas adecuadas.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se observó que la mayoría de los participantes eran mujeres, pertenecientes al primer grado de licenciatura en el turno sabatino. Asimismo, se identificó una prevalencia de sobrepeso y obesidad tipo I según el índice de masa corporal (IMC). Estos resultados están asociados a hábitos inadecuados relacionados con los tiempos de consumo y la calidad de la alimentación, ya que la mayoría de los entrevistados tienen compromisos laborales durante la semana, lo que limita su acceso a opciones de alimentación saludable.



Ante todo, se propone que el profesional de salud realice programas educativos enfocados a la prevención de enfermedades, como la obesidad, la diabetes tipo 2, las enfermedades cardíacas y ciertos tipos de cáncer. Así como también la promoción de la equidad en salud es decir el acceso a una alimentación saludable puede estar determinado por una variedad de factores, como el acceso a alimentos frescos y nutritivos, el conocimiento sobre nutrición y la disponibilidad de recursos económicos.

REFERENCIAS

- Córdova-Villalobos, J. A. (2009). Sobrepeso y obesidad, problemas de salud pública en México. *Cirugía y Cirujanos*, 77(6): 421–422. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=23947>
- Escalante- Cuadra A, Villanueva Tantalean F, Méndez Rodríguez C, Villalobos Vásquez F, Iglesias Osares S, Monsalve Mera A. (2019). Variación del índice de masa corporal en estudiantes de medicina de una universidad de Lambayeque durante los tres últimos años de su carrera. *Rev. Correo científico medico*. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/correo/ccm-2020/ccm201u.pdf>
- Fernández, N. & Lacunza A. (2020). Características de personalidad, hábitos alimentarios y diagnóstico nutricional. Estudio en adolescentes con sobrepeso y obesidad en Monteros, Argentina. Artículos/Investigación. *Revista salud pública* 22 (1):76175 03 Feb 2023 Jan-Feb 2020 Disponible en: https://doi.org/10.15446/r_sap.V22n1.76175
- García, J., & Cufarfan, J. (2019). Calidad de vida en estudiantes universitarios con sobrepeso y obesidad: Diferencias por sexo. *Interacciones: Revista de Avances En Psicología*, 5(3): e195. <https://doi.org/10.24016/2019.v5n3.195>
- Gobierno de México. (1984). Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 02- 04- 2014. Recuperado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf

- Jalca-Ávila, M. N., Coolt-Cevallos, C. E., Baque-Arteaga, K. S., & Caderón-Pico, Á. E. (2020). Estrés como desencadenante del sobrepeso y obesidad en estudiantes universitarios. *Polo Del Conocimiento*, 5(6): 739-749. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i6.1992>
- Martínez-Hernández V.R., Sandoval-Copado J.R., Aranzana J.M. (2021) Acceso a los alimentos y hábitos alimentarios de jóvenes universitarios, Estado de México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 20 (3): 36-45.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2024) Obesidad y sobrepeso. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Peña Maldonado, A. A., Guerra Cárdenas, J. E., Sánchez Márquez, W., & Torres Violante, F. R. (2024). Management of health care programs: Overweight and obesity in university medical students in Mexico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(106): 793–803. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.106.21>
- Pineda- Burgos B, Balanzar- Martínez A, Legorreta- Soberanis F, Paredes- Solís S, Sánchez – Gervacio M. (2017). Prevalencia y Factores asociados a sobrepeso y obesidad en escolares: un estudio transversal en los municipios de Florencio Villarreal y San Marcos, Costa chica, Guerrero, México. *Rev. Academia Journals*. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/350021353_2017-PREVALENCIA_Y_FACTORES_ASOCIADOS_A_SOBREPESO_Y_OBESIDAD_EN_ESCOLARES.
- Ramírez-Vélez, Robinson, Fuerte-Celis, Juan-Camilo, Martínez-Torres, Javier, & Correa-Bautista, Jorge-Enrique. (2017). Prevalencia y factores asociados al consumo de bebidas azucaradas en escolares de 9 a 17 años de Bogotá, Colombia: Estudio FUPRECOL. *Nutrición Hospitalaria*, 34(2): 422-430. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.250>.
- Reynoso, J., Carrillo, J., Rojas, L., Romero, O., & Ruvulcaba, J. (2018). La obesidad y su asociación con otras de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Jonnpr*, 3(8): 627–642. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.2520>
- Sánchez Viveros, S., Romero-Hernández, E. Y., González Fajardo, K. D., Avelino Soto, S. J., & Hernández Ollivier, Z. N. (2022). Consumo de alimentos ultraprocesados y su relación con sobrepeso y obesidad en estudiantes universitarios. *UVserva*, 13: 244–252. <https://doi.org/10.25009/uvs.v1i13.2831>

Secretaría de Salud; Norma Oficial Mexicana NOM-008-SSA3-2010, Para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4127/Salud/Salud.htm>

UNICEF. (2020). Estudio: "Prevalencia de sobrepeso y obesidad de los escolares adolescentes en Bolivia". *Unicef.org*. Recuperado el 16 de abril de 2024, de <https://www.unicef.org/bolivia/media/3201/file/Prevalencia%20de%20sobrepeso%20y%20obesidad%20de%20los%20escolares%20y%20adolescentes%20en%20Bolivia.pdf>



TRATAMIENTO CONSERVADOR Y PRESERVACIÓN DE UN ÓRGANO EN EL TRAUMA RENAL CONTUSO DE ALTO GRADO EN UN PACIENTE PEDIÁTRICO: REPORTE DE CASO

ROBERTO ANTONIO
ALVARADO HERNÁNDEZ ¹

FABIOLA ÁLVAREZ ROSALES ²

CONSERVATIVE TREATMENT AND PRESERVATION OF AN ORGAN OF HIGH-GRADE BLUNT RENAL TRAUMA IN A PEDIATRIC PATIENT: A CASE REPORT

RESUMEN

El artículo a continuación tiene el objetivo de hacer una revisión en el tratamiento actual del trauma abdominal contuso, enfocándonos al trauma renal de pacientes pediátricos. De igual forma es nuestra intención seguir sumando evidencia que respalde la tendencia de optar por el tratamiento conservador sobre el tratamiento quirúrgico en pro de evitar tratamientos innecesarios. Presentamos entonces el caso de un trauma renal en un paciente de 11 años que se manifiesta con hematuria franca y disminución de la hemoglobina, clasificándose como grado IV en la clasificación de AAST (American Association for the Surgery of Trauma) por tomografía, sin embargo, manteniéndose hemodinámicamente estable posterior al tratamiento conservador siendo posible preservar el riñón y su función sin complicaciones.

Palabras clave: trauma renal; tratamiento conservador, preservación renal.

ABSTRACT

The following article aims to review the current treatment of blunt abdominal trauma, focusing on renal trauma in pediatric patients.

1. Hospital General de Sub-Zona Núm. 27 Palaú IMSS, Universidad de Monterrey.

2. Ginecología y Obstetricia, Hospital General Universitario de Torreón UAdeC.

Correspondencia
ra_ah17@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-8873-5882

Fecha de recepción
1 de marzo de 2024.

Fecha de aceptación
15 de enero abril de 2025.

Likewise, it is our intention to continue adding evidence that supports conservative treatment over surgical treatment to avoid unnecessary treatments. We then present the case of renal trauma in an 11-year-old patient that manifested with hematuria and a decrease in hemoglobin and classified as grade IV by the AAST (American Association for the Surgery of Trauma) classification by tomography, it remains hemodynamically stable after conservative treatment, being possible to preserve the kidney and its function without further complications.

Keywords: renal trauma, conservative treatment, renal preservation.

INTRODUCCIÓN

El trauma renal ocurre entre el 1 y 5% de todos los casos de trauma en general, siendo los traumatismos contusos los que ocurren con mayor frecuencia en contraste con los traumatismos penetrantes (Maibom y col., 2019).

Clínicamente el trauma renal puede sospecharse al haber hematuria macroscópica, lumbalgia, presencia de hematoma en flanco, fosa lumbar o en hipocondrio, siendo la hematuria macroscópica el dato más importante, pero al mismo tiempo el más inconsistente, pudiéndose no presentar en casos severos, en los cuales, la presencia de inestabilidad hemodinámica marcará la pauta en el diagnóstico y tratamiento. Mientras que, por parte de los estudios de laboratorio se recomienda realizar biometrías seriadas para la valorar la pérdida sanguínea, así como una química sanguínea para valoración de la función renal (Lethuillier y col., 2023).

El grado del trauma renal puede ser clasificado del I-V mediante el estudio tomográfico, hallazgos quirúrgicos y estudio histopatológico (Tabla 1).



Tabla 1. Clasificación de la AAST (American Association for the Surgery of Trauma) para trauma renal (Franco-Buenaventura y col., 2020).

Grado	Descripción
I	Contusión y/o hematoma subcapsular sin laceración
II	<ul style="list-style-type: none"> - Hematoma perirrenal confinado a la Gerota - Laceración renal menor a 1 cm
III	<ul style="list-style-type: none"> - Laceración renal mayor a 1cm sin ruptura del sistema colector o extravasación urinaria - Cualquier lesión con afección vascular del riñón o sangrado activo contenido en la fascia de Gerota
IV	<ul style="list-style-type: none"> - Laceración extendida al sistema colector urinario con extravasación urinaria - Laceración de la pelvis renal y/o ruptura completa ureteropélvica - Lesión segmentaria de la vena o arteria renal - Sangrado activo hacia peritoneo o retroperitoneo - Infarto renal completo o segmentario por trombosis de los vasos sin sangrado activo
V	<ul style="list-style-type: none"> - Laceración de la vena o arterial renal principal o avulsión del hilio - Desvascularización con sangrado activo - Pérdida de la anatomía renal]

El tratamiento de forma global en la última mitad del siglo se ha direccionado a ser mínimamente quirúrgico y no quirúrgico en pacientes traumatizados, y el trauma renal no es la excepción, aplicándose en traumas renales de alto grado tras la experiencia adquirida del éxito del tratamiento no quirúrgico en dichos casos (Salem y col., 2019) sugiriéndose la realización de un nuevo estudio de imagen contrastado como valoración posterior al trauma con el fin de identificar complicaciones que requieran intervención quirúrgica donde se incluye el urinoma, extravasación urinaria, colección perirenal o lesión vascular con sangrado activo (Kelly y col., 2021).



MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivo del presente trabajo es el estudio observacional descriptivo retrospectivo relacionado al trauma renal de alto grado con enfoque terapéutico conservador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se reporta el caso de un paciente masculino de 11 años ingresa a urgencias por dolor abdominal y hematuria, sin referir antecedentes de importancia.

Inicia su padecimiento 24 horas antes de internamiento presenta trauma lumbar posterior a caída de su plano de sustentación impactándose en portón de acero, desencadenando dolor abdominal que mejora de forma parcial con el uso de analgésicos, agregándose hematuria en un episodio.

A la exploración física se encuentra al paciente consciente, con 15 puntos en la escala de Glasgow, mucosas deshidratadas, signos vitales con tendencia a la taquicardia, sin disminución de la tensión arterial. No se detectan hematomas en zona lumbar, abdominal, inguinal o escrotal. Abdomen con dolor en hemiabdomen derecho con palpación de masa, peristalsis presente, rebote negativo, Giordano negativo.

Laboratorios iniciales reportan Hemoglobina 10 g/dL, Leucocitos $12.04 \times 10^3/\mu\text{L}$, Plaquetas $100 \times 10^3/\mu\text{L}$, glucosa 141 mg/dL, tiempos de coagulación: Tiempo de Protombina 12.7 segundos, tiempo de tromboplastina parcial 28.1 segundos, INR 1.14 segundos. Radiografía inicial de abdomen sin alteraciones.

Como manejo inicial se coloca una vía periférica con posterior administración de solución Hartmann con mejoría de signos vitales,



inicio de analgesia, colocación de sonda Foley con gasto hematórico franco, solicitándose laboratorios de control a las 8 horas.

Laboratorios de control reportan leucocitos de $9.1 \times 10^3/\mu\text{L}$, hemoglobina 8.6 g/dL, plaquetas de $183.4 \times 10^3/\mu\text{L}$, examen general de orina con eritrocitos abundantes.

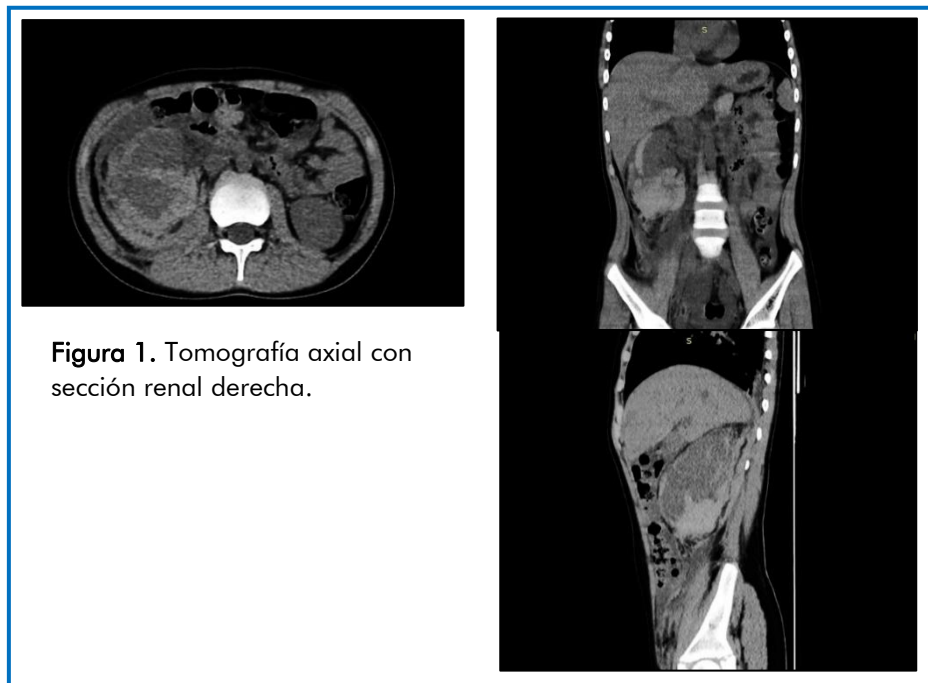


Figura 1. Tomografía axial con sección renal derecha.

Como manejo inicial se coloca una vía periférica con posterior administración de solución Hartmann con mejoría de signos vitales, inicio de analgesia, colocación de sonda Foley con gasto hematórico franco, solicitándose laboratorios de control a las 8 horas.

Laboratorios de control reportan leucocitos de $9.1 \times 10^3/\mu\text{L}$, hemoglobina 8.6 g/dL, plaquetas de $183.4 \times 10^3/\mu\text{L}$, examen general de orina con eritrocitos abundantes.

Procedemos a aumentar soluciones intravenosas, colocación de sonda Foley, aumento de analgésico, vitamina K, y etamsilato, así como solicitud de biometrías hemáticas seriadas cada 6 horas, con la disminución de hemoglobina a 7.4 g/dL en las primeras 6 horas, manteniéndose en 7.5 g/dL en las segundas 6 horas, continuando con

signos vitales estables y parcial mejoría de hematuria. Se indica la transfusión de 1 PG por parte del servicio de pediatría y la realización de tomografía simple de abdomen donde se aprecia hematoma renal contenido y aumento de la grasa perirrenal (Figura 1).

Se resuelve hematuria a los 3 días posterior a ingreso, manteniéndose así por 48 horas, con hemoglobina de control de 11 g/dL, continuando con signos vitales normales, por lo que se decide alta a domicilio con control por consulta.

Reingresa 24 horas después al reincidir hematuria, continuando estable, reiniciando tratamiento y volviendo a resolver de forma espontánea en menos de 24 horas. Sus laboratorios de control reflejan aumento en su hemoglobina a 12.2 g/dL, con leucocitos de $8.19 \times 10^3/\mu\text{L}$.

Realizamos tomografía con contraste intravenoso que reporta lesión renal derecha AAST grado IV encontrando escaso líquido en espacio pararenal posterior derecho, riñón derecho con hematoma perirenal contenido en fascia perinéfrica, laceración hacia polo inferior del riñón que involucra sistema colector, con adecuada captación y eliminación del contraste en el resto del riñón.

Se mantiene paciente en observación durante una semana, sin volver a presentar sintomatología, por lo que se da de alta con seguimiento en consulta al mes y a los tres meses, continuado asintomático, tolerando actividad física, con aumento de la hemoglobina en 14.3 g/dL.

DISCUSIÓN

Históricamente, se consideraba que el trauma renal de bajo grado (I-III) era el único con la opción de manejo conservador, mientras que el trauma renal de alto grado (IV-V), en donde existe compromiso del sistema pielocaliceal o extravasación urinaria, hacia obligatoria la



exploración quirúrgica del riñón (Sacedo y col., 2021), sugiriendo con esto, el traslado de pacientes con dichas lesiones a unidades con disponibilidad del servicio de urología y de radiología intervencionista (Redmond y col., 2020) donde se pudiera dar opción de tratamiento quirúrgico en traumas grado V, acabando la mayoría de las veces en nefrectomía. Por otro lado, en lesiones grado 4 el tratamiento permanecía controversial y sin estar bien definido, con uso de tratamiento quirúrgico, manejo por endourología e intervencionismo radiológico (Govindarajan y col., 2018).

Sin embargo, en las últimas décadas el tratamiento a dado un cambio de dirección a ser conservador en pacientes pediátricos con trauma renal grado IV, especialmente aquellos con un mecanismo contuso, reportándose con una efectividad del 80 % (Ashwin Shekar y col., 2020) siendo la falla a la resucitación inicial y la inestabilidad hemodinámica las únicas indicaciones absolutas para tratamiento quirúrgico tanto en pacientes pediátricos como en pacientes adultos de forma urgente (Mahran, 2020), mientras que de forma electiva se considera la intervención quirúrgica al existir urinoma sintomático persistente, confirmándose una recuperación completa del riñón durante el seguimiento de los pacientes de forma radiológica con el uso de estudios contrastados y ultrasonido Doppler.

CONCLUSIONES

La decisión de un tratamiento conservador en un trauma abdominal es tendencia en la actualidad, especialmente si se trata de un paciente pediátrico, teniendo como finalidad el preservar los órganos y su funcionalidad, además de evitar un trauma quirúrgico innecesario, pese a los hallazgos proporcionados en los estudios de laboratorio e imagen, siempre y cuando los datos clínicos del paciente nos lo permitan.



REFERENCIAS

- Ammor, A., El Haissoufi, K.E., Karrouchi, M., Nasri, S., Skiker, I., Benhaddou, H. (2022). Blunt renal trauma in children: the experience of Mohammed VI University Hospital of Oujda in Morocco between 2015 and 2021. *Pan African Medical Journal*, 41(347): 10. [https://doi:10.11604/pamj.2022.41.347.31945](https://doi.org/10.11604/pamj.2022.41.347.31945).
- Shekar, P.A., Ansari, M.S., Yadav, P., Srivastava, A. (2020). Functional Outcome in Pediatric Grade IV Renal Injuries Following Blunt Abdominal Trauma Salvaged with Minimally Invasive Interventions. *Journal of Pediatric Urology*, 6(5): 657. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2020.07.017>.
- Franco-Buenaventura, D., Uribe-Bayona, A.J., García-Perdomo, H.A. (2020). Manejo conservador en trauma renal contuso. Algunos tips para recordar. *Revista Mexicana de Urología*, 80(5): 1. <https://doi.org/10.48193/revistamexicanadeurologia.v80i5.560>
- Govindarajan, K.K., Utagi, M., Naredi, B.K., Jindal, B., Sambandan, K., Subramaniam, D. (2018). High grade renal trauma due to blunt injury in children: do all require intervention? *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, 41(2):172-175. <https://doi.org/10.1590/2175-8239-jbn-2018-0186>.
- Kelly, C.E., Bowers, K.E., Holton, A.E., Van Embden, D. (2022). Non-operatively managed blunt and penetrating renal trauma: Does early follow up CT scan change management? A systematic review, *Injury*, 53(1): 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.07.029>
- Lethuillier, V., Mathieu, R., Verhoest, G., Khene, Z.E., Peyronnet, B., Bensalah, K., Fretón, L. (2023). Traumatismos del riñón y del uréter. *EMC – Urología*, 55(1):1-12. [https://doi.org/10.1016/S1761-3310\(22\)47440-8](https://doi.org/10.1016/S1761-3310(22)47440-8).
- Maibom, S.L., Holm, M.L., Rasmussen, N.K., Germer, U., Joensen, U.N. (2019). Renal trauma: a 6-year retrospective review from a level 1 trauma center in Denmark. *Scandinavian Journal of Urology*, 53(6): 398-402. <https://doi.org/10.1080/21681805.2019.1666916>
- Mahran, A., Fernstrum, A., Swindle, M., Mishra, K., Bukavina, L., Raina, R., Narayanamurthy, V., Ross, J., Woo, L. (2020). Impact of trauma center designation in pediatric renal trauma: National Trauma Data Bank análisis.

Journal of Pediatric Urology, 16(5): 658.e1-658.e9.
<https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2020.07.019>

Redmond, E.J., Kiddoo, D.A., Metcalfe, P.D. (2020). Contemporary management of pediatric high grade renal trauma: 10 year experience at a level 1 trauma centre, *Journal of Pediatric Urology*, 16(5): 656.e1-656.e6.
<https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2020.06.033>.

Sacedo, A., Ordoñez, C.A., Parra, M.W., Osorio, J.D., Guzmán-Rodríguez, M., Pino, L.F., Herrera, M.A., González-Hadad, A., Serna, J.J., Garcia, A., Coccolini, F., Catena, F. (2021). Damage Control for renal trauma: the more conservative the surgeon, better for the kidney. *Colombia Medica*, 52(2): e4094682. <http://doi.org/10.25100/cm.v52i2.4682>

Salem, M.S., Urry, R.J., Kong, V.Y., Clarke, D.L., Bruce, J., Laing, G.L. (2020). Traumatic renal injury: Five-year experience at a major trauma centre in South Africa. *Injury*, 51(1): 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.10.034>

APLICACIÓN DEL ÓXIDO DE ESTAÑO COMO UN CATALIZADOR EFICIENTE PARA LA FOTODEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES

APPLICATION OF TIN OXIDE AS EFFICIENT CATALYST FOR THE PHOTODEGRADATION OF POLLUTANTS IN WASTEWATER

JOSÉ HIGINIO MAYORGA
ESTRADA ¹

VÍCTOR HUGO MARTÍNEZ
LANDEROS ¹

SERGIO GARCÍA VILLARREAL ¹

LUIS ALFONSO GARCÍA
CERDA ²

RESUMEN

El óxido de estaño (SnO_2) ha emergido en los últimos años como un catalizador eficiente en la fotodegradación de contaminantes orgánicos en aguas residuales. Su alta estabilidad química, capacidad de absorber luz visible y facilidad de dopaje con metales le otorgan ventajas en los procesos de remediación ambiental. A través de un análisis detallado de sus propiedades estructurales, eléctricas y ópticas, este artículo explora el potencial del SnO_2 en aplicaciones fotocatalíticas. La revisión abarca estudios recientes, métodos de síntesis y estrategias de dopaje para mejorar su eficiencia fotocatalítica bajo luz solar, resaltando su papel en la descontaminación de aguas residuales. Además, se discuten los desafíos, como la fotocorrosión y la competencia de adsorción en ambientes húmedos, junto a posibles soluciones que mejoran la estabilidad y eficiencia fotocatalítica.

Palabras clave: óxido de estaño; aguas residuales; fotocatalisis; degradación; contaminantes.

ABSTRACT

In the last years, the tin oxide (SnO_2) has emerged as an efficient catalyst for the photodegradation of organic contaminants in wastewater. Its high chemical stability, ability to absorb visible light, and ease of metal doping provide advantages in the process of environmental remediation.

Fecha de recepción
15 de noviembre de 2024.

Fecha de aceptación
15 de enero de 2025.

1. Facultad de Metalurgia, Unidad Norte, UAdeC.
2. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila.

Correspondencia
vmartinezlanderos@uadec.edu.mx
ORCID: 0000-0001-5881-4048

This article offers a detailed analysis of SnO₂'s structural, electrical, and optical properties, exploring its potential in photocatalytic applications. The review covers recent studies, synthesis methods, and doping strategies to enhance effectiveness under sunlight, emphasizing its role in wastewater decontamination. Additionally, it discusses challenges such as photocorrosion and competitive adsorption in humid environments, along with potential solutions that improve catalytic stability and efficiency.

Keywords: tin oxide; wastewater; photocatalysis; degradation; pollutants.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua actualmente es un problema global de creciente preocupación que amenaza la salud humana, animales y los ecosistemas acuáticos. La rápida industrialización y urbanización han generado una liberación masiva de compuestos orgánicos en los cuerpos de agua, superando la capacidad de los métodos tradicionales de tratamiento. Estos contaminantes, resistentes a la degradación natural, requieren soluciones innovadoras (Kumari y col., 2023).

Uno de los desafíos más críticos en este contexto es la eliminación de estos contaminantes, que a menudo son resistentes a los métodos convencionales de tratamiento de aguas (Sudapalli & Shimpi, 2023). Los sistemas de tratamiento tradicionales, como la coagulación y la sedimentación, resultan ineficaces ante ciertos compuestos orgánicos, lo que subraya la necesidad de desarrollar tecnologías innovadoras que ofrezcan soluciones efectivas.

En respuesta a esta problemática, en los últimos años se han explorado tecnologías avanzadas y sostenibles. Entre ellas, destacan el uso en fotocatalisis de semiconductores como el óxido de zinc (ZnO), óxido de



estaño (SnO_2), óxido de titanio (TiO_2), óxido de cobre (CuO) y dióxido de wolframio (WO_2), entre otros (Yepseu y col., 2021) que han demostrado ser prometedores para la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos. El óxido de estaño (SnO_2), gracias a su alta estabilidad química, y capacidad para absorber luz visible, se destaca como un material especialmente atractivo (Shabna y col., 2023). A diferencia de otros óxidos, el SnO_2 ofrece una mayor eficiencia en la degradación de una amplia gama de contaminantes, incluyendo tintes, fármacos y productos de cuidado personal (Giahi & Dargahi, 2016).

Este artículo se explorará a detalle el potencial del SnO_2 como catalizador para la fotodegradación de contaminantes orgánicos en aguas residuales. Se analizarán sus propiedades únicas, los mecanismos de reacción involucrados y sus aplicaciones actuales y futuras. Además, se discutirán los desafíos y oportunidades que presenta esta tecnología para avanzar hacia un futuro más sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de la literatura para evaluar el estado del arte en la aplicación del óxido de estaño (SnO_2) como fotocatalizador en la degradación de contaminantes orgánicos. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en diversas bases de datos académicas y especializadas, incluyendo Scopus, ScienceDirect, Springer, Web of Science, Google Scholar, Latindex, WIPO y repositorios institucionales como Cienciacierta-UAdeC. Se utilizaron las siguientes palabras clave: Photocatalysis; Tin oxide; Wastewater; Dye degradation.

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión rigurosos para garantizar la calidad de los estudios seleccionados. Los datos extraídos de cada estudio se organizaron en una base de datos y se analizaron cualitativamente para identificar tendencias, lagunas en la investigación



y las estrategias más utilizadas. Además, se utilizó la herramienta Litmaps para visualizar las relaciones entre otros diferentes estudios orientados a la misma área y generar un mapa de citas. Los resultados se presentan en tablas y figuras.

1. ÓXIDO DE ESTAÑO (SnO_2)

1.1 Aspectos básicos

En la actualidad, los materiales nanoestructurados como el SnO_2 (óxido de estaño) han demostrado ser de gran relevancia en diversas aplicaciones tecnológicas. El SnO_2 es un compuesto inorgánico que se encuentra de manera natural (Chakraborty y col., 2020). Se caracteriza por ser químicamente estable, altamente transparente en el espectro visible y un excelente conductor de la electricidad cuando es dopado con ciertos elementos, lo que lo convierte en un material clave en la fabricación de sensores de gas, catálisis y dispositivos electrónicos de películas delgadas (Yıldırım y col., 2012).

El SnO_2 tiene un punto de fusión elevado, de aproximadamente 1630 °C, y es insoluble en agua, pero puede reaccionar con ácidos fuertes. Sus propiedades semiconductoras y fotocatalíticas lo hacen un candidato atractivo para aplicaciones en fotocatalizadores y celdas solares (Dalapati y col., 2021). Además, el SnO_2 presenta una gran estabilidad térmica y mecánica, lo que lo hace útil en aplicaciones que requieren alta durabilidad, como recubrimientos protectores y catalizadores industriales. Un aspecto notable del SnO_2 es su habilidad para adsorber y detectar gases tóxicos como el CO y el NO_2 , lo que lo hace esencial en la fabricación de sensores ambientales (Pakhare y col., 2021). Estas características hacen del óxido de estaño un material ampliamente estudiado y empleado en el desarrollo de tecnologías relacionadas con la electrónica, la energía y el medio ambiente.

1.2 Estructura cristalina y aplicaciones



El SnO_2 se presenta predominantemente en una estructura cristalina tetragonal tipo rutilo, que es la más estable a temperatura ambiente y presión atmosférica (Do Nascimento y col., 2022). Esta estructura pertenece al grupo espacial $P4_2/mnm$ y se caracteriza por una disposición de átomos de estaño (Sn) rodeados por átomos de oxígeno (O) en una geometría octaédrica. Cada átomo de Sn está coordinado a seis átomos de oxígeno, mientras que cada átomo de oxígeno está coordinado a tres átomos de estaño, formando una red tridimensional. Sin embargo, al someterlo a altas presiones o al doparlo con ciertos elementos, el SnO_2 puede cambiar de fase y adoptar otras estructuras, como la ortorrómbica y la cúbica (Panchal y col., 2023).

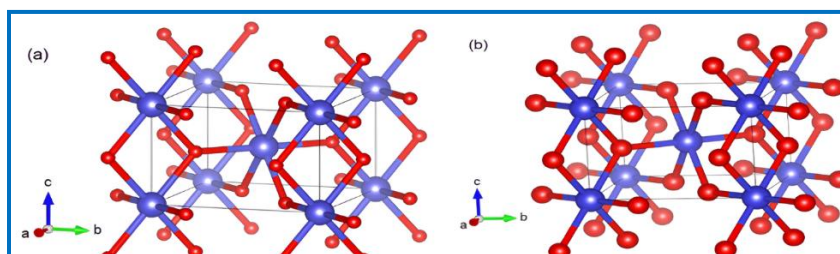


Figura 10. (a) Estructura tetragonal y (b) estructura ortorrómbica de alta presión del SnO_2 (Panchal y col., 2023).

La estructura del SnO_2 es verdaderamente fascinante y ofrece un sinnúmero de oportunidades en el campo de la tecnología. Gracias a su singular configuración cristalina, se puede fabricar una amplia variedad de nanoestructuras de SnO_2 que tienen un potencial importante en aplicaciones fotocatalíticas, optoelectrónicas y de detección (Huang y col., 2022). Estas nanoestructuras son muy valoradas debido a su facilidad de producción (Figura 2), que se puede lograr mediante métodos sencillos como la síntesis mediante pulverización catódica (Gangwar y col., 2022), sol-gel (Jang y col., 2022), adsorción y reacción de capas iónicas sucesivas (SILAR, por sus siglas en inglés) (Yıldırım y col., 2012) y otros enfoques de elaboración basados en soluciones (Salih 2024).



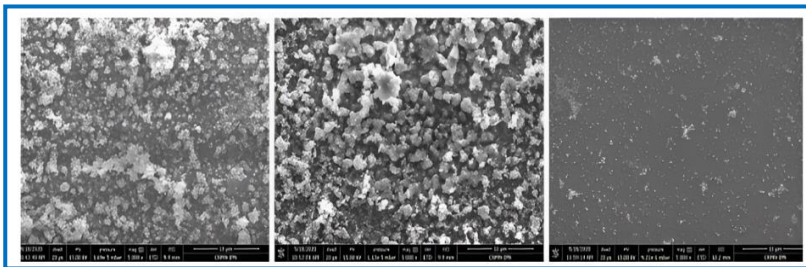


Figura 11. Micrografía MEB de películas delgadas de SnO₂ preparadas por SILAR (Díaz Leija, 2020).

Basado en los estudios de M. Ali Yıldırım y colaboradores (2012), quienes investigaron películas delgadas de SnO₂ preparadas mediante el método SILAR, demostrando que las propiedades estructurales, morfológicas, ópticas y eléctricas de estas películas las hacen ideales para diversas aplicaciones, ya que presentan una alta transparencia óptica, y una baja resistividad eléctrica, características que se ven mejoradas al aumentar el grosor de las películas. Adicionalmente, el SnO₂ se destaca por su bajo costo, resistencia térmica, dureza, y capacidad para resistir el rayado, lo que lo convierte en un candidato prometedor para aplicaciones que requieren películas conductoras transparentes (Yıldırım y col., 2012).

1.3 Propiedades ópticas y eléctricas

El óxido de estaño (SnO₂) es un semiconductor tipo n con una banda prohibida de 3.6 eV, lo que le otorga transparencia en el espectro visible y capacidad para absorber radiación ultravioleta (UV), generando pares electrón-hueco (e⁻/h⁺). Estos pares participan en reacciones redox que facilitan la degradación de contaminantes orgánicos (Do Nascimento y col., 2022). Sin embargo, debido a que el espectro UV constituye una pequeña parte de la luz solar, se han investigado métodos para reducir su band gap, como el dopaje con metales, lo que mejora su eficiencia bajo luz visible y aumenta su efectividad fotocatalítica (Shabna y col., 2023).

Además de sus propiedades ópticas, el SnO₂ se destaca por su alta movilidad electrónica, que permite un rápido transporte de cargas y minimiza la recombinación de los pares electrón-hueco (e⁻/h⁺),



mejorando así el rendimiento en aplicaciones fotocatalíticas (Gangwar y col., 2022). Su estabilidad térmica y química lo convierten en un material robusto para diversas condiciones ambientales.

La generación de vacancias de oxígeno en su superficie favorece la adsorción de agua y oxígeno, lo que promueve la formación de radicales hidroxilos ($\text{OH}\cdot$), potentes agentes oxidantes responsables de la descomposición de compuestos tóxicos (Kumari y col., 2023). Esta combinación de propiedades ópticas, eléctricas y químicas convierte al SnO_2 en un material ideal para aplicaciones en la remediación ambiental, particularmente en la fotodegradación de contaminantes y el tratamiento de aguas residuales.

2. FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA

La fotocatalisis es un proceso donde un catalizador es activado por luz, generalmente en el espectro UV o visible, que facilita reacciones químicas que, de otro modo, ocurrirían más lentamente. Este método ha cobrado relevancia por su aplicación en la degradación de contaminantes orgánicos, especialmente en la purificación de agua y aire. En la Figura 3 se presenta cómo funciona la fotocatalisis heterogénea, generando radicales de hidroxilo y superóxido, los cuales son responsables de las reacciones de degradación (Saeed y col., 2022).

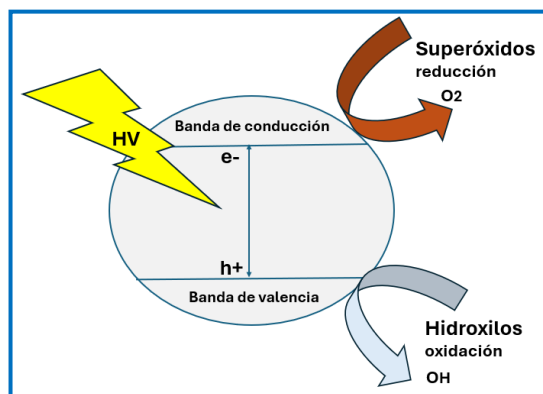


Figura 12. Representación esquemática de un fotocatalizador (Elaboración propia basada en Colmenares, 2016).



En particular, la fotocatalisis heterogénea destaca por el uso de catalizadores sólidos, como el óxido de titanio (TiO_2) o el óxido de estaño (SnO_2), en contacto con reactivos en fase líquida o gaseosa. Al irradiar luz sobre el catalizador, se generan pares electrón-hueco que inician reacciones redox, facilitando la oxidación de contaminantes orgánicos y la reducción de especies químicas, permitiendo la descomposición de sustancias tóxicas en productos menos nocivos (Colmenares, 2016). Una ventaja clave de este proceso es que el catalizador sólido puede recuperarse y reutilizarse, lo que lo hace más sostenible desde una perspectiva económica y práctica. Además, el dopaje en los semiconductores ha mejorado su capacidad para absorber luz visible, ampliando su aplicabilidad bajo condiciones de iluminación solar (Asociación Ibérica de la Fotocatalisis, 2020).

Así, la fotocatalisis heterogénea ha demostrado ser una herramienta eficaz para aplicaciones ambientales, destacando en tratamientos de aguas y purificación del aire, con ventajas claras frente a la fotocatalisis homogénea, especialmente en términos de recuperación del catalizador y sostenibilidad (Colmenares, 2016).

3. PROPIEDADES DE ADSORCIÓN Y ESTABILIDAD QUÍMICA DEL SnO_2 EN FOTOCATÁLISIS

El óxido de estaño (SnO_2) se destaca en fotocatalisis por su capacidad de adsorber moléculas y su estabilidad química. Según Sun y col. (2021), las vacancias de oxígeno en la estructura del SnO_2 son esenciales para mejorar la adsorción de moléculas como el oxígeno y el agua. Estas vacancias incrementan la eficiencia en la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS), fundamentales para la degradación de contaminantes. No obstante, también se señala que la adsorción de agua puede competir con otras moléculas en los sitios activos, lo que afecta la eficiencia en ambientes húmedos.

Un reto importante es la fotocorrosión, que ocurre cuando el material se degrada bajo exposición prolongada a la luz. Yang y col. (2022) mencionan que esta degradación reduce la capacidad catalítica del



SnO_2 . Para mitigar este problema, se ha investigado los dopajes ayudan a que mejore la estabilidad y aumente la separación de pares electrón-hueco. Sudapalli y Shimpi (2023) demostraron que estas modificaciones no solo optimizan la estabilidad, sino que también reducen la recombinación de cargas, mejorando la eficiencia fotocatalítica.

4. ESTADO DEL ARTE

La Figura 4 ilustra la relevancia y el potencial de los materiales nanoestructurados en la búsqueda de soluciones a problemas ambientales. La red de investigaciones, centrada en el trabajo de Kumari, muestra cómo este campo está en constante evolución y cómo los científicos están explorando nuevas vías para aprovechar las propiedades únicas de estos materiales. La visualización sugiere que los materiales nanoestructurados podrían desempeñar un papel clave en el desarrollo de tecnologías más sostenibles y eficientes para la limpieza del medio ambiente.

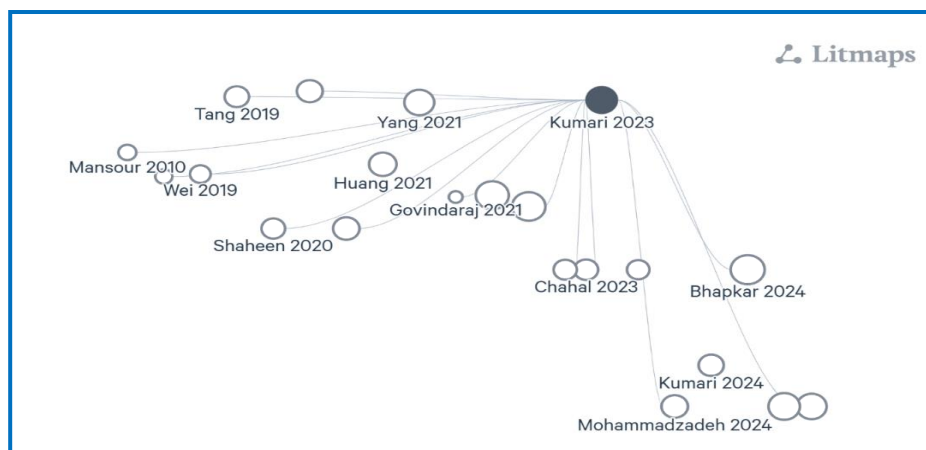


Figura 13. Descripción gráfica de trabajos recientes acerca de la degradación de contaminantes con óxidos semiconductores. (imagen generada en litmaps).

La visualización subraya no solo la relevancia actual de los materiales nanoestructurados, sino que también sugiere posibles direcciones para investigaciones futuras, como la exploración de nuevas combinaciones



de nanomateriales y el desarrollo de métodos de síntesis más eficientes.

Tabla 1. Estudios recientes del uso del SnO₂ para la degradación de contaminantes.

Autor y año	Material	Contaminante degradado	Método de síntesis
(Giahi & Dargahi, 2016)	SnO ₂ dopado con ZnO	Fenilefrina hidrocloreuro	Logró una eficiente degradación fotocatalítica del contaminante en soluciones acuosas
(Chakraborty y col., 2020)	SnO ₂	Compuestos contaminantes en el agua	Degradación eficiente y amigable con el ambiente de contaminantes acuosos
(Huang y col., 2022)	SnO ₂	No especificado	Mejora en la detección UV con nanopartículas de SnO ₂
(Kaur y col., 2022)	SnO ₂ dopado con elementos de transición (I y II)	Contaminantes acuáticos (proceso de remediación de agua)	Alta eficiencia en la remediación de contaminantes acuáticos utilizando SnO ₂ dopado
(Pinto y col., 2022)	SnO ₂ dopado con varios elementos cobre (Cu), hierro (Fe), cobalto (Co)	Azul de metileno (colorante)	Eficiencia mejorada en la fotodegradación de contaminantes orgánicos con SnO ₂ dopado
(Shabna y col., 2023)	SnO ₂	Tolueno y benceno	Aumento en la eficiencia de degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos

La Tabla 1 permite comparar las principales características y resultados de los estudios recientes del SnO₂ en aplicaciones de fotodegradación de contaminantes. Sin embargo, también a lo largo del tiempo, se han registrado diversas patentes relacionadas con el SnO₂, destacando su versatilidad en aplicaciones como la fotocatálisis, la optoelectrónica, sensores de gases, entre otras. Estas innovaciones reflejan el creciente interés en el desarrollo de tecnologías basadas en este material, aprovechando sus propiedades semiconductoras y fotocatalíticas.

Diversas patentes registradas en la World Intellectual Property Organization (WIPO) destacan el uso del SnO₂ en aplicaciones



avanzadas, como dispositivos electrónicos, optoelectrónicos, sensores, fotocatalisis, tratamiento de aguas y almacenamiento de energía.

5. DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

A pesar de su efectividad en la fotocatalisis, el SnO_2 enfrenta desafíos que limitan su uso a gran escala. Uno de los principales problemas es la fotocorrosión, que degrada el material con el tiempo bajo exposición a la luz, reduciendo su eficiencia catalítica. Para abordar este inconveniente, se ha investigado el dopaje con metales como el níquel o el cobre, lo que ha demostrado mejorar la estabilidad y reducir la recombinación de los pares electrón-hueco, maximizando así la eficiencia fotocatalítica bajo luz visible.

Otro reto importante es la adsorción competitiva de moléculas, donde el agua, en ambientes húmedos, compite con los contaminantes por los sitios activos del catalizador, afectando su eficacia. Mejorar la superficie del SnO_2 y gestionar las vacancias de oxígeno puede aumentar su rendimiento en estos entornos.

A pesar de estos desafíos, las oportunidades para el SnO_2 en la fotocatalisis son vastas. La investigación continúa optimizando su síntesis y modificación estructural para aumentar su eficiencia bajo luz solar directa, lo que refuerza su potencial para aplicaciones en la remediación ambiental.

CONCLUSIONES

El óxido de estaño (SnO_2) es un catalizador sobresaliente en el campo de la fotocatalisis aplicada a la degradación de contaminantes orgánicos en aguas residuales. Sus principales ventajas incluyen su alta estabilidad química, su capacidad para absorber luz visible, y su facilidad de dopaje con metales, lo que mejora su rendimiento



fotocatalítico, especialmente bajo luz solar. El SnO_2 , como semiconductor, genera pares electrón-hueco (e^-/h^+) que facilitan reacciones redox, esenciales para la degradación eficiente de sustancias tóxicas como tintes y productos farmacéuticos. Estas propiedades lo convierten en una solución prometedora para la remediación ambiental y el tratamiento de aguas residuales.

Además de sus aplicaciones en fotocatálisis, el SnO_2 también muestra versatilidad en otras áreas tecnológicas, como en sensores de gases y dispositivos optoelectrónicos, debido a sus propiedades eléctricas y ópticas. Sin embargo, su mayor contribución actual está en la fotocatálisis heterogénea, que ofrece soluciones sostenibles para el tratamiento de aguas contaminadas.

REFERENCIAS

Asociación Ibérica de la Fotocatálisis. (2020). *Libro blanco de la fotocatálisis*. Asociación Ibérica de la Fotocatálisis. ISBN: 978-84-09-22299-5.

Díaz Leija B.E. (2020). *Síntesis de películas delgadas de óxido de estaño como material semiconductor por el Método SILAR y el efecto en la ruta de depósito (Tesis de licenciatura)*. Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Metalurgia, México.

Chakraborty, S., Roy, M., & Saha, R. (2020). *Cost-effective synthesis method of facile environment friendly SnO_2 nanoparticle for efficient photocatalytic degradation of water contaminating compound*. *Water Science and Technology*, 81(3): 508–517. <https://doi.org/10.2166/WST.2020.130>

Colmenares, J. C., & Xu, Y.-J. (Eds.). (2015). *Heterogeneous photocatalysis: From fundamentals to green applications*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48719-8>

Dalapati, G. K., Sharma, H., Guchhait, A., Chakraborty, N., Bamola, P., Liu, Q., Saianand, G., Sai Krishna, A. M., Mukhopadhyay, S., Dey, A., Wong, T. K. S., Zhuk, S., Ghosh, S., Chakraborty, S., Mahata, C., Biring, S., Kumar, A., Ribeiro, C. S., Ramakrishna, S., Sharma, M. (2021). *Tin oxide for*



optoelectronic, photovoltaic and energy storage devices: a review. *Journal of Materials Chemistry A*, 9(31): 16621–16684. <https://doi.org/10.1039/d1ta01291f>

do Nascimento, J. L. A., Chantelle, L., dos Santos, I. M. G., Menezes de Oliveira, A. L., & Alves, M. C. F. (2022). *The Influence of Synthesis Methods and Experimental Conditions on the Photocatalytic Properties of SnO₂: A Review*. *Catalysts*, 12(4): 428. <https://doi.org/10.3390/catal12040428>

Gangwar, A. K., Godiwal, R., Srivastava, S., Pal, P., Gupta, G., & Singh, P. (2022). *Preparation of nanocrystalline Pd/SnO₂ thin films deposited on alumina substrate by reactive magnetron sputtering for efficient CO gas sensing*. *Materials Research Bulletin*, 148: 111692. <https://doi.org/10.1016/j.matresbull.2021.111692>

Giahi, M., & Dargahi, A. H. (2016). *Photocatalytic degradation of phenylephrine hydrochloride in aqueous solutions by synthesized SnO₂-doped ZnO nanophotocatalyst*. *Iranian Journal of Catalysis*, 6(4): 353–358. https://journals.iau.ir/article_682697_f62e0f6c33677a09c9ccaa5579c30632.pdf

Huang, Z., Zhu, J., Hu, Y., Zhu, Y., Zhu, G., Hu, L., Zi, Y., & Huang, W. (2022). *Tin Oxide (SnO₂) Nanoparticles: Facile Fabrication, Characterization, and Application in UV Photodetectors*. *Nanomaterials*, 12(4): 632. <https://doi.org/10.3390/nano12040632>

Jang, B., Lee, J., Kang, H., Jang, J., & Kwon, H.-J. (n.d.). *Chloride-based combustion synthesis for enhanced carrier transport of sol-gel processed SnO₂ thin-film transistors with Schottky contacts*. SSRN. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4064416>

Kaur, M., Prasher, D. & Sharma, R. (2022). *Recent Developments on I y II Series Transition Elements Doped SnO₂ Nanoparticles and its Applications For Water Remediation Process: A Review*. *Journal of Water and Environmental Nanotechnology*, 7(2): 194-217. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06359-9>

Kumari, H., Sonia, S., Suman, R., Chahal, S., Devi, S., Sharma, S., Kumar, S., Kumar, P., Kumar, S., & Parmar, R. (2023). *A review on photocatalysis used for wastewater treatment: Dye degradation*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(6): 349. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06359-9>

Pakhare, K. S., Sargar, B. M., Potdar, S. S., Patil, U. M., & Mane, R. D. (2022). *SILAR synthesis of SnO₂-ZnO nanocomposite sensor for selective ethanol gas*.



Bulletin of Materials Science, 45(68): 12034. <https://doi.org/10.1007/s12034-021-02649-2>

Panchal, V., Pampillo, L., Ferrari, S., Bilovol, V., Popescu, C., & Errandonea, D. (2023). *Pressure-Induced Structural Phase Transition of Co-Doped SnO₂ Nanocrystals*. *Crystals*, 13(900). <https://doi.org/10.3390/cryst13060900>

Pinto, A. H., Nogueira, A. E., Dalmaschio, C. J., Frigini, I. N., de Almeida, J. C., Ferrer, M. M., Berengue, O. M., Gonçalves, R. A., & de Mendonça, V. R. (2022). *Doped tin dioxide (d-SnO₂) and its nanostructures: Review of the theoretical aspects, photocatalytic and biomedical applications*. *Solids*, 3(2): 327–360. <https://doi.org/10.3390/solids3020024>

Saeed, M., Muneer, M., Haq, A. U., & Akram, N. (2022). *Photocatalysis: An effective tool for photodegradation of dyes—a review*. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(1): 293–311. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16389-7>

Salih, E. Y. (2024). *Opto-electrical evaluation of visible blind fast-response nanostructured SnO₂/Si photodetector*. *RSC Advances*, 14(38): 27733–27740. <https://doi.org/10.1039/d4ra05303f>

Shabna, S., Dhas, S. S. J., & Biju, C. S. (2023). *Potential progress in SnO₂ nanostructures for enhancing photocatalytic degradation of organic pollutants*. *Catalysis Communications*, 177: 106642. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106642>

Sudapalli, A. M., & Shimpi, N. G. (2023). *Tetragonal SnO₂ Nanoparticles: An Efficient Photocatalyst for the Degradation of Hazardous Ionic Dyes*. *ChemistrySelect*, 8: e202203310. <https://doi.org/10.1002/slct.202203310>

Yepseu, A. P., Isac, L., Nyamen, L. D., Cleymand, F., Duta, A., & Ndifon, P. T. (2021). *Optical and Photocatalytic Properties of Cu xS/ZnO Composite Thin Films Deposited by Robotic Spray Pyrolysis Deposition*. *Journal of Nanomaterials*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9975600>

Yıldırım, M. A., Akaltun, Y., & Ate, A. (2012). *Characteristics of SnO₂ thin films prepared by SILAR*. *Solid State Sciences*, 14(9): 1282–1288. <https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2012.07.012>



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DERIVADO DE UN MURO TROMBE PARA CALENTAMIENTO DE CASAS DE INTERÉS SOCIAL

ALONDRA LIZETH CERDA
ESPINOZA

EMILIANO GALENA HURTADO

ANDREA GUEL FRAIRE

EDGAR DANIEL SEGOVIA
ÁLVAREZ

ERNESTO OYERVIDES MUÑOZ

Facultad de Ciencias
Químicas, Unidad Sureste,
UAdeC.

Correspondencia
ernesto.oyervides@uadec.edu.mx
ORCID: 0000-0003-2182-4343

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DERIVATIVE OF A TROMBE WALL FOR HEATING HOUSES OF SOCIAL INTEREST

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue investigar, diseñar, crear e innovar un muro de Trombe que consiste en un intercambiador de calor diseñado para hogares de bajos recursos creado con material reciclable. Los resultados obtenidos son atractivos para el mercado debido a su efectividad convirtiéndose en una opción económica y amigable con el medio ambiente. El intercambiador tipo Muro de Trombe está diseñado para la recolección y almacenamiento del calor que proviene de los rayos solares dar calefacción a los hogares. Además, resulta una opción viable de climatización ecológica y como una alternativa de gran impacto social y económico para el estado.

Palabras clave: intercambiador de calor; muro Trombe; impacto social; económico, medio ambiente

ABSTRACT

The objective of this study was to research, design, create and innovate a Trombe wall that consists of a heat exchanger designed for low-income homes made with recyclable material. The obtained results are attractive to the market due to its effectiveness, making it an economical and environmentally friendly option. The Trombe Wall type heat exchanger is

Fecha de recepción
22 de mayo de 2024.

Fecha de aceptación
15 de enero de 2025.



CienciAcierta

designed to collect and store heat from the sun's rays to heat homes. In addition, it is a viable option for ecological air conditioning and an alternative with great social and economic impact for the state.

Keywords: *heat exchanger, Trombe wall, social impact, economic, environment*

INTRODUCCIÓN

La pobreza energética que enfrenta nuestro país va en aumento con el paso de los años, alrededor de un 43.9% de la población mexicana viven en condiciones de falta de confort térmico en sus viviendas, y alrededor del 2% de la población mexicana ni siquiera cuenta con acceso a energía eléctrica en sus localidades (García-Ochoa & Graizbord, 2016), por lo que no cuentan con el sistema de calefacción adecuado en temporadas invernales y de verano. Ya que estos tipos de sistemas tienen un alto costo de instalación y mantenimiento. El sistema de calefacción más barato como el de la caldera de leña ha provocado 4.3 millones de muertes (la mayoría de niños) en 2012 en hogares alrededor del mundo debido a la intoxicación de CO₂ que producen dichos calentadores. (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 2017).

La electricidad y el gas natural son la principal fuente de combustible para el funcionamiento de los aparatos de calefacción más comúnmente utilizados en el país. De estos dos combustibles, el gas natural es la opción más “económica y accesible” para las personas con bajos recursos en el país, aunque resulta también la más peligrosa dentro del hogar. Cabe destacar también que ambas fuentes de combustible, al ser consumidas en exceso, dejan un impacto negativo para el medio ambiente (Suárez Tamayo & Molina Esquivel, 2014).

Los intercambiadores de calor tienen años adecuándose a las necesidades que las sociedades presentan según su ubicación



geográfica, la patente US26466626A llamada “*Warming and ventilating apartments by the sun’s rays*” hace referencia al primer muro solar para vivienda diseñado por Edward S. Morse en 1881 en el Essex Institute de Massachusetts (Medina Manzano, 2019).

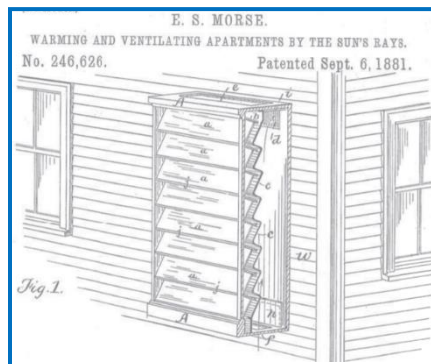


Figura 1. Imagen del Muro de Trombe inicial.

Posteriormente en 1974 la patente “*Dwellings equipped with natural air conditioning installations*” es conocida como la invención del muro de Trombe (Figura 1), llamado así por Jacques Michel y el ingeniero químico Félix Trombe, quienes desarrollaron un muro colector acumulador de energía solar combinando un espacio de aire, lámina de vidrio y colector térmico (Medina Manzano, 2019). La forma en que funciona el Muro Trombe es simple, como se representa en la Figura 2. Para esto, los rayos del sol pasan a través del vidrio y son absorbidos por la pared de color negro, posteriormente por medio de convección calienta el aire que está atrapado entre el vidrio y la pared. Este aire al calentarse, por medio de la diferencia de densidades entre el aire frío y caliente, el aire caliente al tener menor densidad tiende a subir y salir por el agujero superior del muro, mientras que el espacio que deja es reemplazado por aire frío que entra por el agujero inferior del dispositivo.

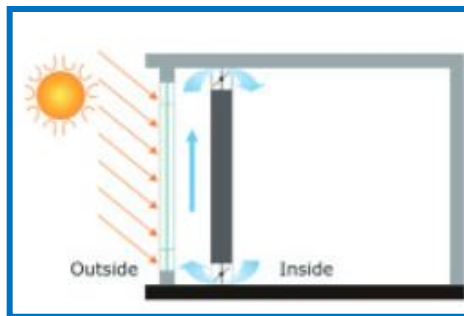


Figura 2. Ejemplificación del funcionamiento del intercambiador.

Con la finalidad de disminuir el número de muertes por intoxicación de gases durante el invierno en las familias de escasos recursos que utilizan leña y/o calentadores de gas en espacios interiores, en este proyecto se diseñó, construyó, instaló y analizó un intercambiador de calor basado en el muro Trombe, pero adaptándolo de forma horizontal para su instalación en las azoteas, el cual permite que el calor solar pase a través de un vidrio, para ser absorbido por la pared de masa térmica y luego liberar lentamente el calor al interior de la vivienda. Este funciona por medio de conducción, convección y radiación, en donde el calor de la luz solar que pasa a través del vidrio es absorbido por la superficie oscura, almacenado en la pared y conducido lentamente hacia su superficie y posteriormente expulsado hacia adentro de la vivienda a través del techo (León y col., 2014). Pues se trata de un muro sólido con una superficie acristalada por su cara exterior y donde entre ambas superficies circula un canal de aire, consiguiendo así un calentamiento en invierno (Aguirre & Ordoñez, 2019).

Asimismo, se buscó analizar el funcionamiento de este sistema que permite sustituir la implementación de aire acondicionado dentro de viviendas y/o climatizar los ambientes, generando un ahorro en el consumo de energía eléctrica y de combustión de fósiles, evitando contaminar el ambiente, disminuyendo las muertes por intoxicación de gas, así como mejorando la economía mexicana al solamente requerir una inversión inicial.

El papel de éste ha adquirido una gran importancia ante la necesidad de ahorrar energía y disponer de equipos óptimos no sólo en función de su análisis térmico y del rendimiento económico en la instalación, sino en función de otros factores como el aprovechamiento energético del sistema y la disponibilidad y cantidad de energía y materias primas necesarias para cumplir una determinada función.

El objetivo de este trabajo fue investigar, diseñar, crear e innovar un muro de Trombe que consiste en un intercambiador de calor diseñado para hogares de bajos recursos creado con material reciclable.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

- Tarima de madera de 1.90x1.50 (mts)
- Vidrio de espesor de 3 mm de 1.90mts de alto y1.50 mts de ancho
- Mini celda solar de 270X175X2.5 mm (6V) marca JINHOMSOLAR
- Marco de madera
- Latas de aluminio
- Pintura negro mate marca COMEX
- Ventiladores de 10X10X2.5 cm (6V) marca JINHOMSOLAR
- Herramienta y materiales como: Silicón, clavos, taquetes y pijas.
- 2 tubos de extracción de aluminio de 30 cm de largo.

MÉTODO APLICADO

- Se realizó una investigación acerca de los múltiples beneficios para la comunidad, determinando la factibilidad y necesidad del proyecto.
- Se realizó una profunda investigación bibliográfica incluyendo patentes de prototipos similares.
- Se diseñó en AutoCAD los planos para la elaboración del intercambiador de calor.
- Se buscó el mejor material para llevarlo a cabo en relación calidad-precio y de preferencia que fuera material de deshecho o reciclado.
- Se construyó un prototipo del intercambiador de calor, el cual puede ser instalado en una vivienda para demostrar el funcionamiento térmico.
- Se realizó un estudio para precisar si cumple con los estándares establecidos en la investigación previa (temperaturas).

PARA LA REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO

- 1- Contar con los materiales mencionados
- 2- Se realizó en la parte superior e inferior de la madera 2 agujeros de aproximadamente 20 cm de diámetro
- 3- Se agregó un marco de madera de 10 cm alrededor del vidrio.
- 4- Se desprendió la parte superior e inferior de las latas de aluminio
- 5- Las latas se colocaron a lo largo y ancho de la tabla de forma ondulada en la madera y se fijaron con clavos de $\frac{1}{2}$ pulgada, posteriormente todo el panel se pintó de color negro con pintura mate marca COMEX.



Una vez terminados estos pasos, se obtuvo el panel que se muestra en la fotografía de la Figura 3. Una vez que la pintura se secó, se procedió a continuar con los siguientes pasos:



Figura 3. Fotografía del panel De madera con las latas en posición y pintadas.

Figura 4. Fotografía del muro completo con el panel de vidrio.



Paso 1. Añadir el vidrio y el marco de madera (Figura 4).

Paso 2. Añadir la celda solar y los ventiladores correspondientes en cada orificio.

Paso 3. Instalar el muro en la azotea de una edificación realizando agujeros de 20 cm de diámetro que concuerden con los agujeros del panel de madera y conectarlos mediante tubos de extracción (aluminio). De preferencia, que el agujero de entrada de aire se encuentre en un

cuarto diferente a donde queda el agujero de la salida del aire del intercambiador (Figura 5).

Paso 4. Se procedió a medir las temperaturas de entrada y salida del aire en el intercambiador de calor una vez al mes por un año el primer fin de semana y se observó también la cantidad de nubes presentes al momento de la medición.

Finalmente, el nombre que se le dio a este intercambiador de calor fue "LoboSplit" en honor a la Universidad Autónoma de Coahuila donde se diseñó, contruyó y probó este dispositivo, tratando de hacer más accesibles los calentadores para familoias de escasos recursos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez que se realizó la instalación del LoboSplit colocándolo de forma horizontal en el techo de una cabaña en Arteaga Coahuila, y de manera que le dieran los rayos del sol la mayor parte del día se tomaron los datos de temperatura y tiempo.



Figura 5. Fotografía previa a la instalación del prototipo.

Tras un tiempo de espera de 20 minutos después de la instalación en un día de invierno se hicieron mediciones de la temperatura del aire caliente que salía del muro y de la temperatura ambiente, obteniendo

así que el aire entraba a 15 °C y salía a 58 °C subiendo la temperatura del aire en 43 °C (Figura 6).

Posteriormente se le pidió al dueño de la cabaña que realizara la medición de la temperatura en la entrada y salida en el LoboSplit, así como observar la cantidad de nubes en el cielo y clasificándolas en despejado, poco nublado, o muy nublado. Los resultados de estas observaciones se registraron en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las mediciones de temperatura del LoboSplit en un año instalado en una cabaña.

Mes	Temperatura de entrada del aire (°C)	Temperatura de salida del aire (°C)	Observación del cielo	ΔT (°C)
Enero	17	47	Poco nublado	30
Febrero	19	47	Poco nublado	28
Marzo	21	22	Muy nublado	1
Abril	24	59	Despejado	35
Mayo	26	65	Despejado	39
Junio	26	66	Despejado	40
Julio	24	54	Poco nublado	30
Agosto	25	66	Despejado	41
Septiembre	21	57	Despejado	36
Octubre	20	20	Muy nublado	0
Noviembre	18	48	Poco nublado	30
Diciembre	16	48	Despejado	32



Figura 6. Medición de la temperatura del aire y de la pared del LoboSplit.

En la Figura 7 se aprecia de forma gráfica los valores de las temperaturas registradas en la entrada y salida del LoboSplit, donde el tubo de aire de la entrada se encontraba en la cocina de la cabaña, mientras que el tubo de salida del aire se encontraba ubicado en una recámara. Los datos registrados muestran un incremento importante en la temperatura de entrada y salida del aire que pasa a través del dispositivo lo que corresponde a un promedio de 28 °C al año, en función de la cantidad de nubes y horas de sol.

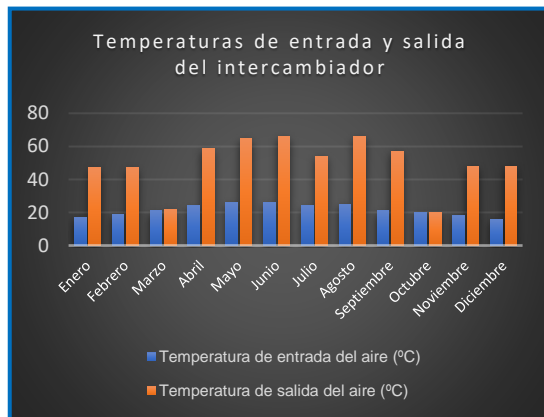


Figura 7. Gráfico comparativo de las temperaturas de entrada y salida en el intercambiador medidas en un año.

CONCLUSIONES

Se logró diseñar y construir un prototipo de intercambiador de calor creado en su mayor parte con materiales reciclados con un costo aproximado de \$600 pesos Mexicanos, el cual es eficiente, relativamente barato, y funcional para el calentamiento de viviendas en distintas épocas del año, ya que logró calentar el aire de la cabaña donde se instaló proporcionando una temperatura cómoda para los habitantes y fungiendo como alternativa a los métodos de calefacción de hogares convencionales que pueden resultar caros o peligrosos (en el caso de los calentadores de leña y/o de gas LP) y que aportan al

daño medioambiental, ya que hacen uso de energía eléctrica. El intercambiador de calor LoboSplit es una gran opción para proporcionar calefacción a hogares de interés social que en invierno no cuentan con ella, y también es una gran opción para las personas que buscan reducir su consumo de energía eléctrica en la época de invierno, ya sea para ahorrar dinero o para tener un hogar más sustentable. Esto es posible ya que, en el norte de México, se tiene una gran cantidad de horas-sol, debido a que los días de invierno no son nublados pero el aire si está a baja temperatura.

A pesar de que no se tienen muchos registros de temperatura a diferentes horas, se puede apreciar que el LoboSplit puede subir la temperatura interior de una cabaña en un promedio de 28 °C lo que es suficiente para no tener necesidad de un calentador eléctrico, de gas o leña.

Sin embargo, a pesar de su eficiencia, en un día muy nublado este no es capaz de elevar la temperatura del aire por lo que en esos días (que son pocos en el norte del país) no se aconseja utilizarlo.

Finalmente, la implementación de este dispositivo en hogares donde se utilice la combustión para calentar el aire puede disminuir el riesgo de incendios y/o muertes por intoxicación de gases tanto en niños como adultos. Es por esto, que los creadores del LoboSplit hacemos pública la idea y el diseño de este dispositivo como un aporte a la sociedad y un esfuerzo por mejorar la calidad de vida de las personas de escasos recursos y disminuir el impacto ambiental de los calentadores de combustión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila por las facilidades otorgadas para la ejecución de este proyecto. Se agradece a los organizadores de los



concursos de emprendimiento de la CANACINTRA-Torreón y DisruptivoTV-SocialabMx por los premios que fueron otorgados, pero sobre todo por creer en ese proyecto no lucrativo.

REFERENCIAS

- Aguirre, C. Ordoñez, R. (2019). *Estado del arte del aprovechamiento de energía geotérmica para climatización ambiental mediante la técnica de Pozo canadiense*. Universidad Científica del Perú.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2017, 31 diciembre). Gobierno de México. Recuperado 14 de enero de 2022, de <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/3-usuarios-de-lena-en-mexico>
- García-Ochoa, R., & Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía, sociedad y territorio*, 16(51): 289-337.
- León, A. L., Morales, G. B., Moreno, R. R., Ortega, R. G., & Martínez, M. C. (2014). Desempeño térmico en variaciones de muro Trombe en clima cálido seco extremo. *Palapa*, 2(15): 3-17.
- Medina Manzano, I. (2019). La patente [imposible]: modelos de utilidad en la arquitectura moderna americana. Publicación de trabajo académico. Recuperado 15 de abril de 2024, https://oa.upm.es/54843/1/TFG_Medina_Manzano_Ismael.pdf
- Suárez Tamayo, S., & Molina Esquivel, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista cubana de higiene y epidemiología*, 52(3): 357-363.

DEPRESIÓN, ANSIEDAD ESTRÉS Y BIENESTAR PSICOLÓGICO EN ESTUDIANTES DE MEDICINA. ANÁLISIS DE PREVALENCIA A NUEVE MESES DE LA PANDEMIA COVID-19

*DEPRESSION, ANXIETY, STRESS AND PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN
MEDICAL STUDENTS. PREVALENCE ANALYSIS NINE MONTHS AFTER
COVID-19 PANDEMIC*

ALEJANDRO ZAPATA RAMÍREZ¹

JESÚS A. MORLETT CHÁVEZ¹

ANA CECILIA CEPEDA NIETO¹

GILBERTO ESQUIVEL MUÑOZ¹

CARMEN ALEIDA FLORES¹

JOSÉ G. TOVAR²

EDUARDO MENESES SIERRA³

RESUMEN

La depresión, ansiedad y estrés (DAE) son los trastornos mentales (TM) más comunes entre los estudiantes universitarios de medicina, que afectan el Bienestar Psicológico (BP) y el rendimiento académico. La pandemia COVID 19 aumentó la prevalencia de DAE, y con ello se promovió la investigación sobre el tema. Sin embargo, con la finalización de la crisis sanitaria, los estudios al respecto disminuyeron a nivel mundial, con escasos estudios en población mexicana. Objetivo: Estimar la prevalencia de sintomatología DAE y BP en estudiantes de medicina de la Facultad de Medicina Unidad Saltillo (FMUS) a 9 meses de finalizada la etapa de posemergencia sanitaria por COVID-19. Estudio realizado del 8 al 31 de enero 2024. Material y métodos: Estudio descriptivo, transversal, cuantitativo, con muestreo no probabilístico, en 169 estudiantes de primer y quinto año de medicina, con encuesta electrónica que evalúa datos personales, DAE y BP, mediante escalas DASS 21 (Escala de Depresión, Ansiedad y Estrés-21) y BIEPS - A (Escala de Bienestar Psicológico para Adultos). Resultados: La prevalencia manifestada de la depresión fue de 45%, con 2.36% de extrema gravedad, ansiedad 58%, con 14.2% de extrema gravedad, y estrés 38%, con 3.6% de extrema gravedad. El BP es bajo en el 55% de los universitarios. Conclusiones: La prevalencia de sintomatología de DAE, se mantiene alta a niveles pandémicos, el estrés es mayor en las mujeres, no hay diferencias en depresión y ansiedad por género y sólo el 12.4% recibe tratamiento psiquiátrico.

1. Facultad de Medicina,
Unidad Sureste, UAdeC.

2. Facultad de Psicología,
Unidad Sureste, UAdeC.

3. Hospital General del
ISSSTE, Saltillo.

Correspondencia
gilbertoesquivel@uadec.edu.mx
ORCID: 0009-0000-9288-8489

Fecha de recepción
22 de mayo de 2024.

Fecha de aceptación
15 de enero de 2025.

Palabras clave: depresión; ansiedad; estrés; bienestar psicológico y COVID-19.

ABSTRACT

Depression, anxiety, and stress (DAE) are the most common mental disorders (MD) among medical students, affecting Psychological Well-being (PB) and academic performance. The COVID-19 pandemic increased the prevalence of DAE, and with it, research on the subject was promoted. However, with the end of the health crisis, studies on the subject decreased worldwide, with few studies in the Mexican population. Objective: To estimate the prevalence of DAE and PB symptoms in medical students of the Saltillo School of Medicine (FMUS) 9 months after the end of the post-health emergency stage due to COVID-19. Study conducted from January 8 to 31, 2024. Material and methods: Descriptive, cross-sectional, quantitative study, with non-probabilistic sampling, in 169 first- and fifth-year medical students, with an electronic survey that evaluates personal data, DAE and BP, using DASS 21 scales (Depression, Anxiety and Stress Scales-21) and BIEPS - A (Psychological Well-Being Scale for Adults). Results: The reported prevalence of depression was 45%, with 2.36% of extreme severity, anxiety 58%, with 14.2% of extreme severity, and stress 38%, with 3.6% of extreme severity. BP is low in 55% of university students. Conclusions: The prevalence of DAE symptoms is still high at pandemic levels, stress is higher in women, there are no differences in depression and anxiety by gender, and only 12.4% receive psychiatric treatment.

Keywords: depression; anxiety; stress; , psychological well-being and COVID-19.



INTRODUCCIÓN

Los trastornos mentales (TM) en específico la depresión, ansiedad y estrés (DAE) incrementaron en la pandemia COVID 19, con graves repercusiones en la salud mental (SM) de la población general y estudiantes universitarios de medicina el grupo más afectado. En la etapa prepandemia COVID 19, la DAE se asoció con problemas económicos, familiares y no tener suficiente tiempo para descansar, de la misma manera que la obesidad/sobrepeso en universitarios mexicanos (Salazar y col., 2016), incluso con estudiar la carrera de medicina y trabajo hospitalario (Daniel-Guerrero y Rodríguez-Reyna, 2017). Revisiones sistemáticas mostraron cifras de DAE inferiores a la etapa de pandemia (Auerbach y col., 2017) al igual que, en estudiantes de medicina mexicanos (Escobar-Padilla y col., 2019). En cuanto al género, la ansiedad se asoció con depresión y estrés en mujeres y en hombres con la depresión. Así mismo, Ramón-Arbués y col. (2020) reportaron estrés más prevalente en mujeres. Mas aun, la ansiedad se asoció con la obtención de mejores notas académicas en estudiantes de medicina (Trunche-Morales y col., 2020), mientras que también se reportó DAE asociada con bajo rendimiento académico en mexicanos. Al declararse la pandemia COVID 19 en marzo 2022 (Suárez y col., 2020), el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) incrementó la DAE en universitarios (Arredondo-Hidalgo & Caldera-González, 2022). Así mismo, la reconversión hospitalaria limitó la práctica clínica (Mendoza-Popoca & Suárez-Morales, 2020), aunado al distanciamiento social (Gregorio-Chaviano y col., 2020; Wathelet y col., 2020), impactaron en los universitarios al tener que adaptarse a una nueva modalidad de enseñanza aprendizaje. (Holladay y col., 2022). Los estudiantes de medicina continuaron como un grupo más vulnerable (O'Byrne y col., 2020). La prevalencia de DAE a nivel mundial incrementó (Mera-Cañarte y col., 2023), así como en universidades de China (Mao y col., 2019; Xiao y col., 2021), en universitarios de E.E. U.U. (Wang y col., 2020), al igual que en estudiantes de medicina mexicanos (Ávila-Carrasco y col., 2022), y en estudiantes de medicina en Latinoamérica (Silvero, 2023). En México la



ansiedad incrementó en 35.8% y 8% de depresión, con predominio en alumnos de quinto año de medicina (Ruvalcaba Pedroza y col., 2021). Incluso también se reportó aumento de la ansiedad y depresión al inicio de la carrera en universitarios mexicanos, con predominio en mujeres (Pacheco-Tobón y col., 2023). El 4 de mayo 2023 la COVID 19 dejó de ser considerada una emergencia de salud pública de importancia internacional y la investigación sobre DAE disminuyó con escasos estudios en universitarios de medicina mexicanos y tamaños de muestra pequeños, aunque llama la atención la presencia de cifras elevadas de DAE, mientras que, estudiantes de enfermería presentan cifras extremadamente graves (Sánchez-Padilla y col., 2023). Por lo que se desconoce el estado actual de la DAE postpandemia, la repercusión en el BP, el rendimiento académico y la SM en universitarios de medicina. El objetivo del estudio es evaluar la prevalencia de sintomatología DAE y BP en estudiantes de medicina que cursan primero y quinto año en la FMUS a 9 meses de finalizada la emergencia sanitaria COVID-19. Además, identificar diferencias por año cursado en cuanto a género, trabajar durante la carrera, tener diagnóstico de enfermedad física o psicológica, así como llevar tratamiento para esta última. Con los resultados obtenidos, los estudiantes con sintomatología DAE serán canalizados a valoración por psicólogo y psiquiatra para establecer diagnóstico definitivo, manejo y seguimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación: estudio transversal, descriptivo, comparativo, con muestreo no probabilístico por conveniencia en 210 estudiantes de medicina en la FMUS, que cursaron primero (90) y quinto año (120), encuestados del 8 al 31 de enero 2024. Respondieron la encuesta el 80.47%. Se calcula tamaño de muestra con el programa EPIDAT 3.1, en base a prevalencia prepandemia del 20% de TM en población finita de 210, nivel de confianza 95%, precisión 0.03%, se obtiene muestra de 169 alumnos. Se incluyeron hombres y mujeres de 17 años y más



inscritos formalmente, previo consentimiento informado, todos los que contestaron la encuesta continuaron en estudio. Se les envió por correo electrónico: cuestionario sobre datos personales, estatus académico, familiar, patologías físicas, psicológicos, estado de vacunación contra COVID-19, consentimiento informado, escalas DASS-21 y BIEPS-A, cuyas medidas y puntos de corte se mencionan a continuación.

Tabla 1. Clasificación de la depresión, ansiedad y estrés (DASS-21).

	Depresión	Ansiedad	Estrés
Normal	0-4	0-3	0-7
Leve	5-6	4-5	8-9
Moderada	7-10	6-7	10-12
Grave	11-13	8-9	13-16
Extremadamente grave	14 y +	10 y +	17 y +

La Tabla 1 muestra las características del cuestionario DASS 21. Sensibilidad > 81.48, especificidad > al 71.3 (Román y col., 2016). Evaluado y validado en población mexicana, consta de 3 factores, depresión, ansiedad y estrés, cada uno valora 7 ítems en escala Likert, con opciones de respuesta: 0 hasta 3, clasificado en 5 categorías.

Tabla 2. Clasificación de la escala BIEPS A según el percentil.

Nivel de bienestar psicológico	Percentil	Definición
Bajo	Percentil < 50	Nivel bajo de bienestar psicológico en varias áreas de la vida.
Moderado	Percentil > 50	La persona se siente satisfecho en varios aspectos psicológicos de la vida.
Alto	Percentil > 95	El sujeto se siente en general con un nivel de bienestar psicológico muy satisfecho con su vida.

La Tabla 2, muestra las características de la escala BIEPS-A, incluye 13 reactivos, con tres alternativas de respuesta (1: en desacuerdo a 3: de acuerdo), evalúa 4 factores: Aceptación/control, Autonomía, Vínculos



y Proyectos, se clasifica el total de respuestas en percentiles (Figuerola-Escoto y col; 2021; Páramo y col., 2012).

El estudio se apega a estándares de normas éticas internacionales sobre proyectos de investigación en seres humanos y al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, que establece investigación de riesgo mínimo (Cámara de diputados, 2014) Aprobado por el Comité de Ética en investigación del Hospital General Saltillo, con folio 47/2024. Se respetó la confidencialidad y anonimato de alumnos que intervinieron en la investigación. Se analizaron los datos con el programa estadístico SPSS v25, variables categóricas con frecuencias y porcentajes, tablas cruzadas y el estadístico Chi cuadrada, para variables cuantitativas, medidas de tendencia central y dispersión, nivel de confianza=95%, error $\alpha < 0.05$ % y escala Likert para analizar las escalas DASS 21 y BIEPS A (Canto de Gante y col., 2020). Confiabilidad evaluada con el estadístico Alfa de Cronbach, factor depresión = 0.84, ansiedad = 0.84, estrés = 0.88 y para BIEPS-A = 0.91 (González Alonso y Pazmiño Santacruz, 2015).

RESULTADOS

Participaron 169 estudiantes de medicina de un total de 210, de primer año (88) y quinto año (81), se considera la posibilidad de sesgo de selección, con la probabilidad de que estudiantes con patología ansiosa o depresiva estuvieran más interesados en participar en el estudio. Quienes no contestaron refirieron debido a que no acostumbran a revisar su correo electrónico, tener sobrecarga de trabajo académico y mucho que estudiar. El 46.7% son hombres y 53.3% mujeres. El 81.1% son originarios de Saltillo y 32.9 % foráneos, la mayoría 138 estudiantes (81.7%) viven con su familia y uno de cada 10 comparte habitación con un compañero. Se vacunaron contra Covid: 167 (98.8%) y 2 (1.2%) no. De ellos, 105 (62.1%) se aplicaron vacuna de Pfizer, 60 (35.5%) de



AstraZeneca, y solo 2 (1.2%) vacuna Cansino. Del total solo 107(63.3%) se enfermaron de Covid y 62(32.7%) no.

Tabla 3. Asociación entre año escolar cursado, con edad, trabajar, tener alguna enfermedad física o psicológica y estar en tratamiento psicológico.

			Padece enfermedad		En tratamiento
			Física	Psicológica	Psicológico
1er año	Hombre (n=43) 17- 25 años Mujer (n=45) 17-23 años N=88	8 (33%)*	n=4 (36.4%)**	n=11***	n=11
5to año	Hombre (n=36) 22-28 años Mujer (n=45) 22-27 años N=81	16 (67%)*	n=7(63.6%)**	n=31***	n=22
Total	169	24	11	42	33

El carácter especial indica la significancia estadística. * Chi-cuadrada de Pearson valor, 3.935, valor significativo, $p < 0.05$, **Prueba Exacta de Fisher 1.163, valor no significativo, $p > 0.05$, ***Chi-cuadrada de Pearson valor, 15.400, valor significativo, $p < 0.05$

En la Tabla 3, se observa que los alumnos de quinto año son el grupo que tiene más alumnos que trabajan, tiene enfermedades físicas el 6.5% (afectaciones del cuerpo debidas a factores genéticos, ambientales, estilo de vida con toxicomanías, alcoholismo, drogadicción, infecciones diversas, virales, bacterianos, micóticas) padece enfermedades psicológicas (estado mental que perjudica el modo de pensar, comportarse y estado de ánimo de una persona) y cuenta con más estudiantes en tratamiento psicológico en comparación con los de primero. Trabajan en oficios temporales y horarios que no interfieren



con actividades escolares, para ayudarse económicamente en sus estudios. Las enfermedades físicas que los afectan son las siguientes: asma bronquial (2), diabetes mellitus tipo I y II (2), endometriosis (1), epilepsia (1), hipertensión arterial (2), espondilitis anquilosante (1), hipotiroidismo y síndrome de ovarios poliquísticos (1). Mientras que el 24.8% del total de estudiantes es portador de algún diagnóstico psicológico-psiquiátrico y solo 19.54% llevan tratamiento psicológico. Sin embargo, únicamente el 12.5% afirma tomar algún medicamento indicado por psiquiatra.

Tabla 4. Diagnósticos psicológicos y/o psiquiátrico.

	Frecuencia	Porcentaje
Ansiedad	7	17.07
Ansiedad y TOC	2	4.87
Ansiedad, Depresión y TDA	1	2.43
Bipolar	1	2.43
Depresión	1	2.43
Depresión	8	19.51
Depresión Mayor y Ansiedad Generalizada	1	2.43
Depresión Menor y TDA	1	2.43
Depresión y ansiedad	6	14.63
Depresión y TDA	1	2.43
Depresión y TLP	1	2.43
Depresión, Ansiedad y TDA	2	4.87
Depresión, Ansiedad, Tricotilomanía	1	2.43
Distimia	1	2.43
TDA	2	4.87
TEP	1	2.43
TLP	1	2.43
TLP, Depresión y Ansiedad	1	2.43
Trastorno Bipolar, Ansiedad y TDA	1	2.43
Trastorno Limite de la Personalidad, Dislexia	1	2.42
Total	41	100.0

TDA=Trastorno por déficit de atención. TOC=Trastorno obsesivo-compulsivo. TLP=Trastorno límite de la personalidad. TEP=Trastorno esquizotípico de la personalidad.



En la Tabla 4 se exponen los padecimientos psicológicos-psiquiátricos que los estudiantes refirieron presentar y que fueron diagnosticados por médico especialista en el área correspondiente.

Tabla 5. Clasificación del factor depresión, ansiedad y estrés.

Clasificación factor depresión		
	Frecuencia	Porcentaje
Normal	92	54.4
Leve	33	19.5
Moderada	29	17.2
Grave	11	6.5
Extremadamente grave	4	2.4
Total	169	100.0
Clasificación factor ansiedad		
	Frecuencia	Porcentaje
Normal	70	41.4
Leve	30	17.8
Moderada	25	14.8
Grave	20	11.8
Extremadamente grave	24	14.2
Total	169	100%
Clasificación factor estrés		
	Frecuencia	Porcentaje
Normal	104	61.5
Leve	24	14.2
Moderada	16	9.5
Grave	19	11.2
Extremadamente grave	6	3.6
Total	169	100.0

En la Tabla 5, se observa la prevalencia de sintomatología DAE en sus diferentes categorías, con depresión en 45.56% de los universitarios, y 2.36% extremadamente grave. El 58.6% presentaron ansiedad y 14.2% ansiedad extremadamente grave. Por último, 38.5% padecen estrés y 3.6% resulta ser extremadamente grave. Lo anterior evidencia a los



estudiantes de medicina con niveles altos de estrés, mayor en las mujeres 39 (43.33%), comparado con los hombres 26 (32.91%), Chi-cuadrado valor 10.00, p valor < .04 estadísticamente significativo. Mientras que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas por género con depresión y ansiedad, p valor > 0.05% en ambas. Además, los alumnos de la Ciudad de Saltillo presentaron niveles mayores de estrés, comparado con los estudiantes foráneos. Por otra parte, 42 estudiantes (24.85%) de los universitarios refieren usar algún tipo de fármaco para patología psicológica, cifra que es superior a los que refieren estar en tratamiento médico especializado que es de (33)19.52%. Es sumamente relevante mencionar que, de los casos con depresión extremadamente grave, 4 (100%) no llevan tratamiento y solo 3 (50%) con estrés extremadamente grave refieren estar en tratamiento.

Tabla 6. BIEPS-A agrupada.

	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	93	55
Promedio	68	40.2
Alto	8	4.7
Total	169	100

La Tabla 6 muestra que el BP es bajo en varias áreas de su vida en poco más de la mitad de los pacientes, mientras que solo un mínimo porcentaje de ellos se siente muy satisfecho con su vida.

Al analizar la asociación entre el BP con el género, (Chi cuadrado de Pearson ,1.623, con valor de $p = .444$) y BP con año escolar, (Chi-cuadrado de Pearson, 5.572 y $p=062$), no se encuentran diferencias estadísticamente significativas.



DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinó la prevalencia de sintomatología DAE y BP en estudiantes de primero y quinto año de medicina de la FMUS-UAdeC, posterior a 9 meses de terminada la pandemia COVID 19. Los resultados mostraron cifras altas de DAE muy superiores a lo reportado en etapa prepandemia y aun en pandemia mas confinamiento. Sin embargo es necesario considerar la diversidad de factores metodológicos que intervienen en los resultados. Al respecto, una revisión sistemática incluyó 24 estudios publicados entre 1990-2010 con población universitaria, se reveló depresión media de 30.6% (Ibrahim y col., 2013), en tanto por Cuttilan y col. (2016) evaluaron 14 artículos que incluyeron estudiantes asiaticos, reporta ansiedad del 7.04% y depresión 11.0%. Mientras que Mao y col. (2019) en otra revisión sistematica incluyeron 21 artículos con 35,160 estudiantes chinos. Se reportó depresión media en 32.74% y ansiedad media en 27.22%, cifras reportadas como “medias” inferiores que contrastan a lo reportado por nosotros en periodo pospandemia COVID 19. En relación con el nivel de estudios, los alumnos de primer año de medicina del presente estudio presentaron niveles mayores de DAE, comparados con estudiantes Chilenos del mismo nivel, lo que se explica en parte debido a la habilidad que mostró este último grupo para manejar el estado emocional (Barraza-López y col., 2017), de igual forma, Montero-Saldaña (2022), coincide en su estudio con la positiva intervención de dicho factor, el cual nosotros no evaluamos. Ahora bien, nuestro estudio mostró estrés en 38.5% y 3.6% “estrés extremadamente grave”. Al respecto, Daniel-Guerrero y Rodríguez-Reyna (2017) observaron que la mayor carga de trabajo y estres, afectan el desempeño médico y el aprendizaje de los estudiantes universitarios. Elementos que en primer año de estudios contribuyen a la deserción escolar (Fernández y col., 2020). Incluso genera tendencia suicida en 7-8% de estudiantes universitarios de paises del sureste de asia (Dessauvagie y col., 2022). Por lo tanto es necesario considerar que la diversidad de cifras de DAE en etapa prepandemia tienen como base las características propias del individuo. Sin embargo, intervienen en



ella múltiples factores por ejemplo, las características de la población estudiada y el contexto, el diseño del estudio, instrumento o escala de medición, tamaño y características de la muestra, factores culturales, socioeconómicos e incluso políticos, específicos de cada investigación.

Por otra parte, con la llegada de la pandemia COVID 19 y el confinamiento, se deterioró la salud mental del estudiante universitario, e incrementa la DAE. Este hecho impacta aún más en los médicos en formación (Carbonell y col., 2019). En ese contexto, Betanzos-Díaz y col. (2023) detectan depresión en 72.7% de los estudiantes universitarios de medicina mexicanos, con participación voluntaria, evaluados con el instrumento estandarizado GAD-7, a diferencia de nosotros que evaluamos con la escala DASS 21. Por su parte, Sanabria-Landeros y col. (2021) en universitarios mexicanos y de España, señalan depresión en 49.7%, ansiedad 66.1% y estrés 54% cifras cercanas a las encontradas por nosotros. Cabe mencionar que durante el confinamiento por COVID 19, se reporta que la salud mental se relacionó con menor ansiedad y depresión lo que permitió al estudiante contar con mejores habilidades para afrontar las adversidades de este periodo (Navarrete-Cueto y col., 2022), y percibir menor riesgo de contagio de la COVID 19. En relación con el género y grado de estudios, en nuestro trabajo la prevalencia de depresión y ansiedad son iguales en ambos sexos en primero y quinto año, y el estrés es más frecuente en mujeres en último año de medicina. Contrario a nuestro trabajo, los estudiantes de quinto semestre presentan mayor DAE que alumnos de otros semestres, debido a que temen no alcanzar su objetivo de ser médicos o deberse a una carga excesiva de tareas paraclínicos y clínicos en comparación con los de los últimos años (Iqbal et al., 2015). Es relevante el hecho que muestra a los padecimientos psicológicos y psiquiátricos con más frecuencia en los alumnos de quinto año de Medicina. Lo que se explica debido a que los estudiantes de medicina carecen de tiempo para actividades de ocio o contacto social, debido a la dedicación exclusiva del estudio y largas jornadas de trabajo (Granados-Cosme, 2020). Además, los alumnos de quinto año presentan mayor DAE pues el comienzo de la fase hospitalaria o práctica de su carrera clínica requiere de más compromiso y exigencias



(Kulsoom & Afsar, 2015). Por otro lado, la “preparación prepandémica y pandémica” motiva a los estudiantes médicos a una mayor actividad académica con más horas de estudio y modificación de sus horarios (Estévez-Méndez y Moraleda, 2022). Recibir clases en línea en un entorno familiar y la falta de interacción con sus compañeros, afectan la concentración y el aprendizaje (Giusti y col., 2021).

Siguiendo esta misma línea pero en etapa pospandemia, son escasos los estudios en universitarios mexicanos de medicina en DAE, los cuales se caracterizan por mostrar cifras altas en relación a las presentadas en Pandemia, lo cual llama la atención, pues se esperaría encontrar menores cifras. Se reporta que en los estudiantes de psicología que regresaron a clases presenciales, con estrés y ansiedad postconfinamiento, en 72% de los casos requieren apoyo psicológico. Mientras que estudiantes de medicina de Paraguay reportan depresión 74.5, estrés 73.5 y ansiedad en 73.5%, la mayoría solteros y una tercera parte cursaban sexto semestre (Ayala y González, 2023), lo cual puede ser explicado de acuerdo con el estudio por la carga académica que representa la carrera de medicina, variable que no fue evaluada en nuestro estudio. En este sentido, en una muestra de 60 estudiantes de medicina de Nayarit México se reporta depresión, ansiedad y estrés en 60%, post confinamiento COVID 19. Aquí es importante retomar que la COVID 19 produjo grave afectación en la SM de los estudiantes universitarios, aunque poco se piensa que el confinamiento previo, aparte de mostrar beneficio al disminuir el riesgo de contagio y dar tranquilidad al estudiante, genere secuelas potenciales psicológicas tanto en el grupo de vacunados como no vacunados, que contribuyan a los altos índices de DAE reportados en la actualidad (Castro & Capistrán, 2021).



CONCLUSIONES

Después de 9 meses de concluida la emergencia de salud pública de importancia internacional, las cifras de DAE permanecen en cifras altas a pesar de terminada la pandemia COVID 19 y el confinamiento. Esto sugiere la presencia de múltiples factores intervinientes ya sea del estudiante, propios de estudiar medicina, sociales etc, pero también se tiene que considerar elementos consecuencia de enfrentar la COVID 19 e incluso haberse infectado, con afectación de la SM del individuo en la población universitaria de primero y quinto año de la FMUS. Como consecuencia las cifras altas de DAE y BP bajo en universitarios de quinto año y bajos niveles de ellos en tratamiento, los hospitales recibirán en agosto 2024, a los nuevos médicos internos en rotación de campo clínico, con esta previa condición médica. En cuanto a los padecimientos crónico-degenerativos en los universitarios aun con prevalencias del 6.5 %, pueden constituirse en factores que afectan en alguna medida el rendimiento académico y de no atenderse tener evolución incierta, dependiendo de la gravedad de la patología. Aunado a ello, los estudiantes de primer año se enfrentan a un nuevo modelo de estudios propio de la universidad y los de quinto año por las presiones de terminar la carga académica y pasar al Internado Rotatorio de Pregrado.

Mas aun, el grupo de universitarios locales debe ser considerado foco de atención prioritario dentro de los programas establecidos por la institución universitaria, al presentar cifras más altas de estrés comparado con los universitarios foráneos, ya que es factor que afecta el rendimiento académico. El grupo de estudiantes locales cabría esperar menor prevalencia de depresión y sucede lo contrario, por lo que este grupo requiere estudios sobre los factores asociados y generar programas que mejoren esta situación y así favorecer el rendimiento académico. El uso de psicotrópicos sin receta médica en el 34,31 %, contrasta con el 12,4 % de casos que indican estar en tratamiento psiquiátrico, por lo que hay motivos y circunstancias bajo las cuales esto



sucedo que no son evidentes y requieren investigarse para mejorar la salud mental y el rendimiento académico.

Es prioritario que autoridades universitarias y políticas gubernamentales a nivel mundial establezcan programas durante la formación académica universitaria, enfocados en la evaluación diagnóstica, detección de factores de riesgo de DAE, manejo y seguimiento por médicos especialistas y así tomar acciones tendientes a mejorar el estado de salud mental y disminuir los casos de suicidio en sujetos jóvenes en formación educativa futuros personajes que tomaran en sus mentes decisiones que participaran en el futuro de las instituciones a nivel profesional.

REFERENCIAS

- Arredondo-Hidalgo, M. G., & Caldera-González, D. (2022). Tecnoestrés en estudiantes universitarios. Diagnóstico en el marco del covid-19 en México: Technostress in university students. Diagnosis in the framework of covid-19 in Mexico. *Educación y Humanismo*, 24(42). <https://doi.org/10.17081/eduh.um.24.42.4491>
- Auerbach, R. P., Alonso, J., Axinn, W. G., Cuijpers, P., Ebert, D. D., Green, J. G., ... & Bruffaerts, R. (2016). Mental disorders among college students in the World Health Organization world mental health surveys. *Psychological medicine*, 46(14): 2955-2970. <https://doi.org/10.1017/S0033291717001039>
- Ávila-Carrasco, L., Díaz-Ávila, D. L., Reyes-López, A., Monarrez-Espino, J., Garza-Veloz, I., Velasco-Elizondo, P., Vázquez-Reyes, S., Mauricio-González, A., Solís-Galván, J. A., & Martínez-Fierro, M. L. (2023). Anxiety, depression, and academic stress among medical students during the COVID-19 pandemic. *Front Psychol*, Jan; 13: 1066673. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1066673>
- Ayala, V. H., & González, J. A. (2023). NIVELES DE DEPRESIÓN, ANSIEDAD Y ESTRÉS EN ESTUDIANTES DE MEDICINA DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL



PARAGUAY. *Revista Científica UMAX*, 3(2): 9. <https://revista.umax.edu.py/index.php/rcumax/article/view/77/63>

Barquín, C. S., García, A. R., & Ruggero, C. (2013). Depresión, ansiedad y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista intercontinental de psicología y educación*, 15(1): 47-60. <https://psicologiayeducacion.uic.mx/index.php/1/article/view/192>

Barraza-López, R. J., Muñoz-Navarro, N. A., & Behrens-Pérez, C. C. (2017). Relación entre inteligencia emocional y depresión-ansiedad y estrés en estudiantes de medicina de primer año. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 55(1): 18-25. <https://doi.org/10.4067/s0717-92272017000100003>

Betanzos-Díaz, N., Petricevich, V. L., & Paz-Rodríguez, F. (2023). Predictores de ansiedad durante la pandemia COVID-19 en estudiantes de medicina de Morelos, México Predictors of anxiety during the COVID-19 pandemic in medical students from Morelos, Mexico. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 32(3):34. <https://doi.org/10.46997/reve-cuatneuro132300034>

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2014). *Reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud*. Última Reforma DOF 02-04-2014 Recuperado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf

Canalle, M. A. Q. (2017). Factores asociados a trastornos psicológicos en estudiantes de medicina. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 17(4). Retrieved from <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/1217>; <https://doi.org/10.25176/RFMH.v17.n4.1217>

Canto de Gante, G., Sosa-González, W. E., Bautista-Ortega, J., Escobar-Castillo, J., & Santillán Fernández, A. (2020). Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Revista de la alta tecnología y sociedad*, 12(1).

Carbonell, D., Arevalo, S. V. C., Morales, M., Ocampo, M. B., & Cepeda, I. L. (2019). Síntomas depresivos, ansiedad, estrés y factores asociados en estudiantes de medicina. *Interdisciplinary Journal of Epidemiology and Public Health*, 2(2):5497 <https://doi.org/10.18041/2665-427X/ijeph.2.5497>

Casillas, J. C. S., & Rodríguez, S. V. (2020). El docente universitario frente a las tensiones que le plantea la pandemia. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, 50: 89-120. <https://doi.org/10.48102/rlee.2020.50.ESPECIAL.97>



- Castro, I. R., & Capistrán, D. L. V. (2021). Lo que dejó el covid-19 en la salud mental de los estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6): 13778-13796. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1357
- Chaidez, N. F. N., Piña, C. P. V., Medina, D. A. R., Manjarrez, C. L. V., Aguilar, C. R. H., & Chaidez, Y.L.N. (2024). ESTRÉS Y SINTOMATOLOGÍA ANSIOSA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE PSICOLOGÍA POST-CONFINAMIENTO POR LA PANDEMIA POR COVID-19. *Revista de Psicología de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 13(38): 39-59. https://doi.org/doi:10.36677/rp_sicologia.v13i38.24185
- Cuttilan, A. N., Sayampanathan, A. A., & Ho, R. C. M. (2016). Mental health issues amongst medical students in Asia: a systematic review [2000–2015]. *Annals of translational medicine*, 4(4):72. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2016.02.07>
- Daniel-Guerrero, A. B., & Rodríguez-Reyna, C. A., Morales-López, S., Pizá-Aragón, A. (2017). Estrés emocional en estudiantes de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Humanidades médicas*, 17(3): 497-515. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S172781202017000300006&script=sci_arttext&tlng=en
- Dessauvage, A. S., Dang, H. M., Nguyen, T. A. T., & Groen, G. (2022). Mental health of university students in southeastern Asia: a systematic review. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 34(2-3): 172-181. <https://doi.org/10.1177/10105395211055545>
- Escobar-Padilla, B., Márquez-González, H., y Chapela, C. C., López-Sepúlveda, A. C., & Vildósola, A. C. S. (2019). Social violence increases the risk of suicidal ideation among undergraduate medical students. *Archives of medical research*, 50(8): 577-586. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2020.01.005>
- Estévez-Méndez, J. L., & Moraleta, Á. (2022). Gestión del tiempo en alumnos y docentes según la percepción del profesorado durante la pandemia COVID19. *Revista de Estilos de Aprendizaje* 15(Especial): 158-169. <https://doi.org/10.55777/rea.v15iEspecial.4414>
- Fernández, M., Gutiérrez, D., Cruz, P., Ramírez, M., & Tovar, K. A. (2020). Abandono escolar en medicina: análisis de tres promociones. *FEM:Revista de la Fundación Educación Médica.*, 23(6): 331-333. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.33588/fem.236.1094>



- Figuerola-Escoto, R. P., Luna, D., Lezana-Fernández, M. A., & Meneses-González, F. (2021). Psychometric Properties of the Psychological Well-Being Scale for Adults (BIEPS-A) in a Mexican Sample. *CES Psicología*, 14(3): 70-93. <https://doi.org/https://doi.org/10.21615/cesp.5572>
- Giusti, L., Mammarella, S., Salza, A., Del Vecchio, S., Ussorio, D., Casacchia, M., & Roncone, R. (2021). Predictors of academic performance during the covid-19 outbreak: impact of distance education on mental health, social cognition and memory abilities in an Italian university student sample. *BMC Psychol*, 9(1): 142. <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00649-9>
- Gómez, O. T. (2008). Una aplicación de la prueba chi cuadrado con SPSS. *Industrial data*, 11(1): 73-77.
- González, L.Z.T, Guevara, E.G., Nava, M.G., Estala, M.A.C., García, K.Y.R., & Peña, E.J.R. (2019). Depresión, ansiedad y estrés en estudiantes de nuevo ingreso a la educación superior. *Revista Salud Pública y Nutrición* 17(4): 41-47. <https://doi.org/DOI:10.29105/respyn17.4-5>
- González-Alonso, J., & Pazmiño-Santacruz, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Rev. Publicando*, 2(1): 62-67. <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/42382>
- Granados-Cosme, J. A., Gómez-Landeros, O., Islas-Ramírez, M. I., Maldonado-Pérez, G., Martínez-Mendoza, H. F., & Pineda-Torres, A. M. (2020). Depresión, ansiedad y conducta suicida en la formación médica en una universidad en México. *Investigación en educación médica*, 9(35): 65-74. <https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2020.35.20224>
- Gregorio-Chaviano, O., Limaymanta, C.H., & López-Mesa, E.K.. (2020). Análisis bibliométrico de la producción científica latinoamericana sobre COVID-19. *Biomédica*, 40 (Supl. 2): 104-115. Publicación electrónica del 13 de noviembre de 2020. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5571>
- Holladay, K., Lardier, D., Amorim, F. T., Zuhl, M., & Coakley, K. E. (2022). Practicing COVID-19 public health measures is associated with anxiety and depression in undergraduate university students. *Frontiers in public health*, 10: 941730. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.941730>
- Huerta, D. G. E. (2022). Análisis de depresión, ansiedad y estrés en estudiantes de medicina posterior al confinamiento por covid-19. *Ciencia Latina Revista*

Científica Multidisciplinar, 6(5): 893-902. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3150

Ibrahim, A. K., Kelly, S. J., Adams, C. E., & Glazebrook, C. (2013). A systematic review of studies of depression prevalence in university students. *J Psychiatr Res*, 47(3): 391-400. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.11.015>

Iqbal, S., Gupta, S., & Venkatarao, E. (2015). Stress, anxiety and depression among medical undergraduate students and their socio-demographic correlates. *Indian J Med Res*, 141(3): 354-357. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.156571>

Kulsoom, B., & Afsar, N. A. (2015). Stress, anxiety, and depression among medical students in a multiethnic setting. *Neuropsychiatric disease and treatment*:1713-1722. <https://doi.org/10.2147/NDT.S83577>

Madrid, M. S., Carrascal, J. M., & Castro, Á. M. (2013). Escalas para estudiar percepción de estrés psicológico en el climaterio. *Revista Ciencias Biomédicas*, 4(2): 318-326. <https://doi.org/https://doi.org/10.32997/rcb-2013-2830>

Mao, Y., Zhang, N., Liu, J., Zhu, B., He, R., & Wang, X. (2019). A systematic review of depression and anxiety in medical students in China. *BMC Med Educ*, 19(1): 327. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1744-2>

Mendoza-Popoca, C. Ú., & Suárez-Morales, M. (2020). Reconversión hospitalaria ante la pandemia de COVID-19. *Revista mexicana de anestesiología*, 43(2): 151-156. <https://doi.org/doi:10.35366/92875>

Mera-Cañarte, M. A., Castro-Jalca, J. E., Anchundia-Piloso, J. F., & Ponce-Loor, K. L. (2023). Ansiedad y depresión post COVID-19 en la población. *MQRInvestigar*, 7(3): 4285-4299. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.3.2023.4285-4299>

Montero-Saldaña, B., López- Ramírez, J.P., Higareda- Sánchez, J.J. (2022). INTELIGENCIA EMOCIONAL, ANSIEDAD Y DEPRESIÓN EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DURANTE LA PANDEMIA POR COVID-19. *Revista de Psicología de la UAEM*, 11(26): 146-174. <https://doi.org/https://doi.org/10.36677/rpsicologia.v11i26.19075>.

Navarrete-Cueto, C. A., Flores-Peña, M.R., Gutiérrez-Reyes, P., Ulloa-Cobos., O. (2022). Salud mental y el desarrollo de habilidades socioemocionales en tiempos de Pandemia de la COVID-19 en estudiantes de Nivel Medio



Superior y Superior. *Dilemas contemp. educar. valores politicos*, IX(3): 1-20.
<https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i3.3223>

O'Byrne, L., Gavin, B., & McNicholas, F. (2020). Medical students and COVID-19: the need for pandemic preparedness. *Journal of Medical Ethics*, 46(9): 623-626.

Pacheco-Tobón, D. X., Bautista-Soto, E., Arellano-Ramírez, C., Orozco-García, D., Ramos-Ruiz, L., Herbales-Martínez, E., ... & Gonzalez-Mejía, M. E. (2023). An assessment of mental health of Mexican and Colombian medical students during the COVID-19 pandemic. *Salud mental*, 46(2): 69-82

Páramo, M. D. L. Á., Straniero, C. M., García, C. S., Torrecilla, N. M., & Gómez, E. E. (2012). Bienestar psicológico, estilos de personalidad y objetivos de vida en estudiantes universitarios. *Pensamiento psicológico*, 10(1): 7-21.

Peña, G.M.G., Nava, P.B., Muños, M.P.B., Heras, J.A.V. (2013). Estructura factorial y consistencia interna de la escala de Depresión Ansiedad y Estrés (DASS-21) en una muestra no clínica. *Psicología y Ciencia Social*, 8(2):1-8..

Ramón-Arбуés, E., Gea-Caballero, V., Granada-López, J. M., Juárez-Vela, R., Pellicer-García, B., & Antón-Solanas, I. (2020). The prevalence of depression, anxiety and stress and their associated factors in college students. *International journal of environmental research and public health*, 17(19): 7001.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17197001>

Román, F., Santibáñez, P., & Vinet, E. V. (2016). Uso de las Escalas de Depresión Ansiedad Estrés (DASS-21) como instrumento de tamizaje en jóvenes con problemas clínicos. *Acta de investigación psicológica*, 6(1): 2325-2336.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s2007-4719\(16\)30053-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s2007-4719(16)30053-9)

Ruvalcaba-Pedroza, K. A., González-Ramírez, L. P., & Jiménez-Ávila, J. M. (2021). Depresión y ansiedad en estudiantes de Medicina durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19. *Investigación en educación médica*, 10(39): 52-59. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2021.39.21342>

Salazar, B., Castillo-León, D.A., Pastor-Durango, M.P., Tejada-Tayabas, L.M. & Palos Lucio, A.G. (2016). ANSIEDAD, DEPRESIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA ASOCIADOS A SOBREPESO/OBESIDAD EN ESTUDIANTES DE DOS UNIVERSIDADES MEXICANAS. *Hacia la Promoción de la Salud*, 21(2): 99-113. <https://doi.org/https://doi.org/10.17151/hpsal.2016.21.2.8>

Sanabria-Landeros, I. B., Luna, D., Sánchez-Sánchez, C., Meneses-González, F., Lezana-Fernández, M. Á., de la Peña-León, B., ... & Méndez-García, S.



(2021). Riesgo suicida en estudiantes del área de la salud en periodo de pandemia por la COVID-19. Estudio transversal. *Revista CONAMED*, 26(4): 182-191. <https://doi.org/10.35366/102506>

Sánchez-Padilla, M. L., Hernández-Benítez, R., & González-Muñoz, S. (2023). Depresión, ansiedad y estrés post COVID-19 en estudiantes del Área Académica de Enfermería del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 11(22): 166-171. <https://doi.org/10.29057/icsa.v11i22.10641>

Silvero, J. R. A. (2023). Niveles de estrés, depresión y ansiedad tras la pandemia del COVID-19 en los estudiantes universitarios paraguayos. *UNIDA Salud*, 2(2): 31-39.

Suárez, V., Suarez-Quezada, M., Oros-Ruiz, S., & Ronquillo De Jesús, E. (2020). Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Rev Clín Esp*, 220(8): 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.007>

Trunce-Morales, S. T., Villarroel-Quinchalef, G. d. P., Arntz-Vera, J. A., Muñoz-Muñoz, S. I., & Werner-Contreras, K. M. (2020). Niveles de depresión, ansiedad, estrés y su relación con el rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Investigación en Educación Médica.*, 9(36): 8-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2020.36.20229>

Vergara, K. A., Cárdenas, S. D., & Martínez, F. G. (2013). Síntomas de depresión, ansiedad y estrés en estudiantes de odontología: prevalencia y factores relacionados. *Revista colombiana de psiquiatría*, 42(2): 173-181. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-7450\(13\)70004-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-7450(13)70004-0)

Wang, C., Pan, R., Wan, X., Tan, Y., Xu, L., Ho, C. S., & Ho, R. C. (2020). Immediate Psychological Responses and Associated Factors during the Initial Stage of the 2019 Coronavirus Disease (COVID-19) Epidemic among the General Population in China. *Int J Environ Res Public Health*, 17(5):1729. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051729>

Wathelet, M., Duhem, S., Vaiva, G., Baubet, T., Habran, E., Veerapa, E., Debien, C., Molenda, S., Horn, M., & Grandgenèvre, P. (2020). Factors associated with mental health disorders among university students in France confined during the COVID-19 pandemic. *JAMA Netw Open*, 3(10): e2025591-e2025591. <https://doi.org/doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.25591>



Xiao, P., Chen, L., Dong, X., Zhao, Z., Yu, J., Wang, D., & Li, W. (2022). Anxiety, depression, and satisfaction with life among college students in China: nine months after initiation of the outbreak of COVID-19. *Frontiers in psychiatry*, 12: 777190. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.777190>

USO DEL DELULAR Y SU IMPACTO EN LA VIDA DIARIA

CELL PHONE USE AND ITS IMPACT ON EVERYDAY LIFE

MARIANA BETSABÉ MARTÍNEZ
SANDOVAL

ELSA EDITH RIVERA ROSALES

RESUMEN

Este trabajo examina el uso del celular y su impacto en diversos aspectos de la vida cotidiana, evaluando tanto sus beneficios como sus posibles efectos negativos. Con el celular convertido en una herramienta esencial de comunicación y entretenimiento, su uso excesivo puede tener repercusiones emocionalmente, responsabilidades diarias y relaciones interpersonales. El objetivo es aportar evidencia sobre la dependencia del dispositivo y proponer pautas para un uso saludable. Se aplicó una encuesta a 71 participantes, abordando aspectos como la frecuencia de revisión del celular, el nivel de dificultad para dejarlo de lado y cambios emocionales asociados con su uso. La encuesta incluyó preguntas en formato de escala, que permitieron captar la frecuencia como la intensidad del impacto en actividades cotidianas y relaciones personales.

Los resultados muestran que el 62% de los encuestados revisa su celular entre 10 y 50 veces al día, lo cual subraya una dependencia moderada del dispositivo. Aunque el 67% considera que dejar de usar el celular no les resulta difícil, un 17% sí reconoce cierta dificultad en esta tarea. En cuanto a los efectos emocionales, el 1% percibe cambios emocionales como ansiedad o irritabilidad cuando no puede usar su dispositivo. Un 25% de los participantes reconoce utilizar el celular en momentos inadecuados, como reuniones o comidas, y un 7% considera que su uso interfiere con responsabilidades laborales o académicas. Pero, un 29% percibe que esta dependencia afecta levemente sus relaciones personales, y un pequeño porcentaje siente un impacto significativo.

Este estudio destaca que, aunque el celular es una herramienta ampliamente aceptada y útil para el día a día, su uso excesivo puede influir en el bienestar y las relaciones interpersonales. Crear conciencia

Facultad de Ciencias Físico
Matemáticas, Unidad
Sureste, UAdeC

Correspondencia
elsarivera@uadec.edu.mx
ORCID: 0009-0008-6040-7298

Fecha de recepción
28 de noviembre de 2024.

Fecha de aceptación
5 de diciembre de 2024.

sobre la dependencia y establecer límites puede ayudar a los usuarios a equilibrar el uso de la tecnología con otros aspectos de su vida.

Palabras clave: celular; dependencia; estado emocional; impacto; relaciones sociales; vida cotidiana.

ABSTRACT

This work examines cell phone use and its impact on various aspects of daily life, evaluating both its benefits and its possible negative effects. With the cell phone becoming an essential communication and entertainment tool, its excessive use can have emotional repercussions, daily responsibilities and interpersonal relationships. The objective is to provide evidence on device dependency and propose guidelines for healthy use.

A survey was administered to 71 participants, addressing aspects such as the frequency of checking the cell phone, the level of difficulty in putting it aside, and emotional changes associated with its use. The survey included questions in a scale format, which allowed us to capture the frequency and intensity of the impact on daily activities and personal relationships.

The results show that 62% of respondents check their cell phone between 10 and 50 times a day, which underlines a moderate dependence on the device. Although 67% consider that stopping using the cell phone is not difficult for them, 17% do recognize some difficulty in this task. Regarding emotional effects, 1% perceive emotional changes such as anxiety or irritability when they cannot use their device. 25% of the participants acknowledge using the cell phone at inappropriate times, such as meetings or meals, and 7% consider that its use interferes with work or academic responsibilities. However, 29% perceive that this dependency slightly affects their personal relationships, and a small percentage feels a significant impact.



This study highlights that, although the cell phone is a widely accepted and useful tool for everyday life, its excessive use can influence well-being and interpersonal relationships. Raising awareness of dependency and setting boundaries can help users balance technology use with other aspects of their life.

Keywords: *cellular; dependence; emotional state; impact: social relations; everyday life.*

INTRODUCCIÓN

El uso del celular es una práctica extendida en la sociedad moderna; los teléfonos inteligentes se han convertido en herramientas esenciales no solo para la comunicación, sino también para el entretenimiento, la productividad y el acceso a la información (Pérez & Álvarez, 2016). Sin embargo, este uso frecuente puede dar lugar a efectos negativos, especialmente cuando se vuelve excesivo y se transforma en una dependencia tecnológica.

Para comprender los efectos del uso del celular se pueden utilizar conceptos como la "adicción a la tecnología", definida como la incapacidad de controlar el uso de dispositivos electrónicos y los "cambios emocionales asociados", que incluyen estados de ánimo alterados, como ansiedad o irritabilidad al no poder usar el dispositivo (Ramos & Sánchez, 2017). Estos conceptos ayudan a analizar cómo el uso intensivo del celular influye en la vida cotidiana de los usuarios.

Estudios recientes han destacado el impacto de los teléfonos celulares en aspectos como la concentración, el bienestar emocional y las relaciones interpersonales (Torres & Pérez, 2021). Algunos hallazgos indican que las personas revisan sus teléfonos decenas de veces al día, lo cual puede interferir con sus actividades y responsabilidades diarias, y generar conflictos en momentos importantes, como reuniones o comidas familiares.



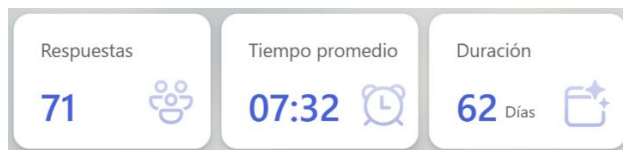
El estudio busca analizar los efectos del uso del celular en la vida cotidiana, centrándose en aspectos como frecuencia de revisión, dificultad para dejarlo de lado, y los cambios emocionales y sociales asociados. El objetivo es aportar evidencia sobre la dependencia del celular y proponer recomendaciones para un uso saludable con el fin de equilibrar los beneficios y evitar los efectos adversos que pueden surgir del uso excesivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una encuesta que recogió datos sobre hábitos de uso del celular, percepciones de dependencia y efectos emocionales y sociales. La encuesta incluyó preguntas específicas para evaluar la frecuencia de revisión del celular, la dificultad para dejarlo de lado, y los efectos emocionales asociados.

La muestra estuvo compuesta por 71 participantes de diversas edades, ocupaciones y géneros, lo cual permitió obtener una perspectiva amplia sobre el impacto en diferentes grupos demográficos. Se incluyeron estudiantes y personas sin ocupación actual, lo cual amplía la representatividad del estudio en cuanto a perfiles de uso del celular.

Se utilizó un cuestionario en formato de encuesta con preguntas de escala que permitían medir la frecuencia y la intensidad del impacto del celular en actividades cotidianas y relaciones personales. Las preguntas incluían opciones como “nunca”, “raramente”, “a veces” y “siempre” para captar de manera detallada las respuestas. Además, se incluyeron preguntas abiertas para obtener comentarios adicionales sobre la percepción y el uso del celular.



RESULTADOS

A continuación, se presentan los hallazgos clave de la encuesta aplicada, con datos agrupados en categorías que reflejan la frecuencia de uso del celular, la dificultad para dejarlo de lado, los efectos emocionales, el uso en momentos inapropiados, la interferencia en responsabilidades y el impacto en relaciones personales.

- **Frecuencia de uso del celular:**

Un 62% de los encuestados revisa su celular entre 10 y 50 veces al día, lo cual sugiere una dependencia moderada (Figura 1).



Figura 14. Frecuencia del uso del celular.

- **Dificultad para dejar el celular:**

El 73% considera que no tiene problemas al dejar de usar el celular; un 18% reconoce que "le resultaría difícil" y un 9% lo considera "muy complicado o hasta imposible" (Figura 2).

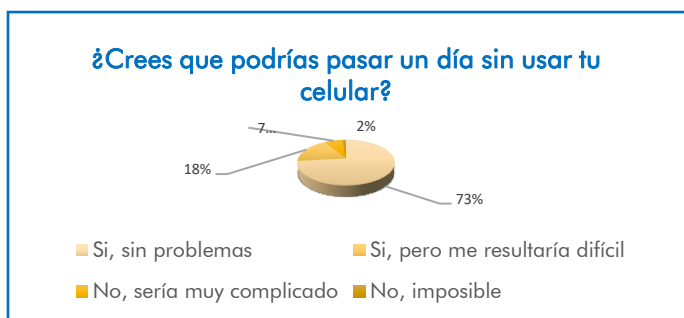


Figura 15. Dificultad para dejar el celular



- **Impacto en relaciones personales:**

Un 32% percibe que su dependencia del celular afecta levemente sus relaciones personales, un 3% siente que el impacto es significativo (Figura 3).

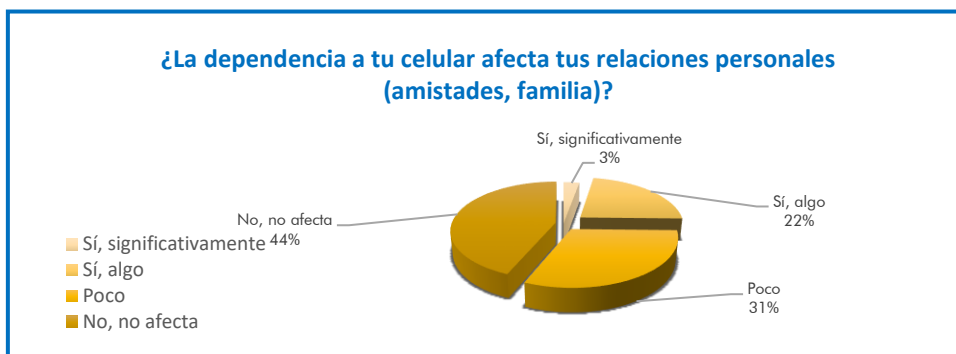


Figura 16. Impacto en relaciones personales

- **Efectos emocionales al no poder usar el celular:**

El 19.7% de los encuestados ha notado cambios emocionales (como ansiedad o irritabilidad) cuando no puede usar su dispositivo (Figura 4).

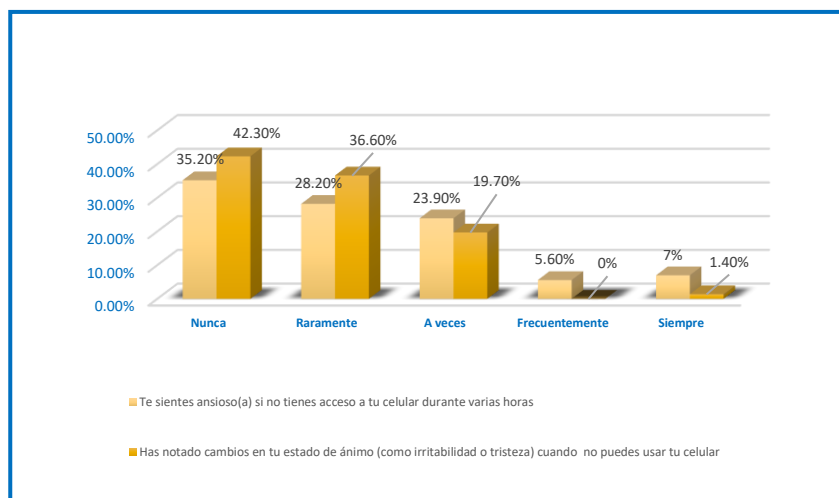


Figura 17. Efectos emocionales al no poder usar el celular.

- **Uso en momentos inadecuados:**

Un 40.8% de los participantes reconoce utilizar el celular en momentos inapropiados, como durante reuniones o comidas (Figura 5).



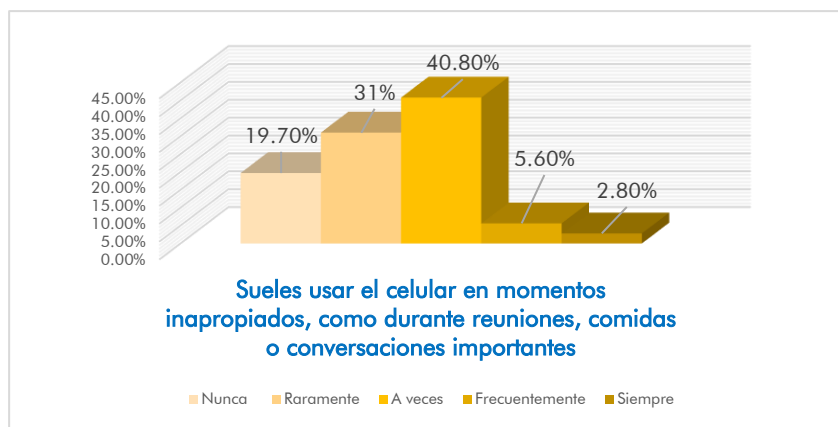


Figura 18. Uso en momentos inadecuados.

- **Interferencia en responsabilidades:**

El 31% considera que el uso del celular interfiere con sus responsabilidades diarias, como el trabajo, los estudios o las tareas domésticas (Figura 6).

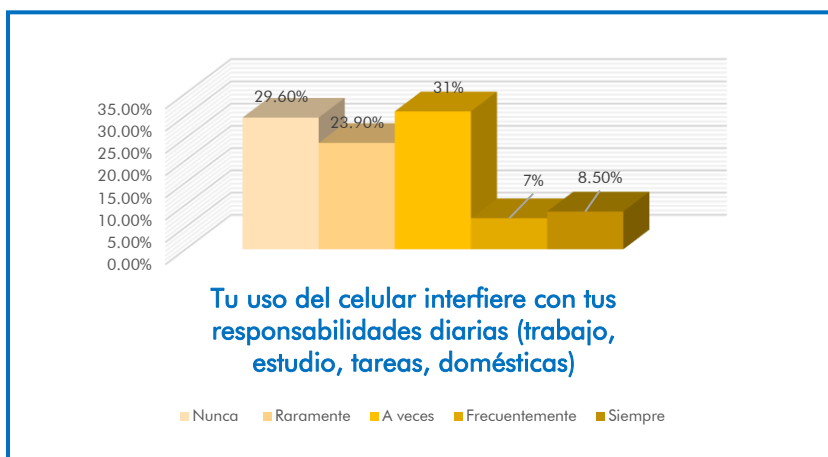


Figura 19. Interferencia en responsabilidades.

Estos resultados reflejan que, si bien el celular es una herramienta de uso diario, su dependencia puede generar desafíos en áreas importantes de la vida cotidiana.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta encuesta muestran que una gran parte de los participantes revisan su celular con frecuencia, lo que es consistente con estudios previos sobre el aumento del uso de dispositivos móviles en la última década. Investigaciones previas han encontrado que el acceso constante al celular puede estar asociado con comportamientos de dependencia tecnológica y una necesidad recurrente de conectividad (Hernández & López, 2018). Este patrón se refleja en las respuestas de los participantes, quienes indicaron dificultades para dejar de usar su celular, incluso en momentos donde podrían no ser necesarios. El fenómeno de "nomofobia" (miedo a estar sin el celular) ha sido ampliamente documentado, y los resultados de esta encuesta apuntan a la existencia de este miedo en los participantes, quienes se sienten incómodos o ansiosos al no poder acceder a su dispositivo, lo que resalta el grado de dependencia que muchos individuos desarrollan hacia la tecnología móvil (Salazar & Martínez, 2019).

Además, la incidencia de estados emocionales negativos como irritabilidad o tristeza, cuando no se puede acceder al celular, coincide con estudios que vinculan el uso excesivo de tecnología con la salud mental, particularmente la ansiedad. Se ha observado que el uso excesivo de celulares y redes sociales puede contribuir a un aumento en los niveles de estrés y ansiedad, y este estudio reafirma esa conexión. El acceso constante a la información y la interacción en redes sociales puede generar una presión social constante, lo cual podría ser una de las causas subyacentes de los efectos emocionales negativos experimentados por los participantes. En este contexto, la incapacidad de acceder a los dispositivos móviles podría verse como una desconexión de una fuente de validación social, lo que contribuye a una mayor vulnerabilidad emocional (Fernández & Ortiz, 2020).

Por otro lado, algunas respuestas no son completamente congruentes con la literatura existente. Un número significativo de encuestados reportó que el uso del celular rara vez interfiere con sus responsabilidades diarias, lo cual contrasta con estudios que resaltan



cómo el uso excesivo del celular puede reducir la productividad y aumentar la procrastinación. Esto podría reflejar un sesgo en la percepción de los participantes sobre el impacto real del uso del celular en sus actividades diarias. En algunos casos, los participantes podrían subestimar la cantidad de tiempo que dedican al celular, ya que este tipo de hábitos tienden a normalizarse con el tiempo, lo que dificulta la autoevaluación objetiva del impacto en su vida cotidiana. La tendencia a desestimar las distracciones ocasionadas por los dispositivos móviles puede ser una forma de racionalización para justificar el uso del celular en momentos que no son óptimos, lo que plantea una oportunidad para explorar cómo las personas perciben y gestionan su tiempo en relación con las tecnologías (Barrio & Gómez, 2015).

Los hallazgos tienen implicaciones tanto positivas como negativas. Desde una perspectiva positiva, los participantes parecen tener un nivel de conciencia moderado sobre los efectos del celular en su vida diaria, lo cual puede ser un primer paso hacia una gestión más saludable del tiempo que dedican al dispositivo. Esto podría abrir el camino para intervenciones educativas que promuevan el uso consciente de la tecnología, así como para el desarrollo de estrategias personales para manejar el uso del celular de manera más equilibrada y controlada. Sin embargo, desde una perspectiva negativa, la dependencia al celular, especialmente cuando afecta el estado de ánimo o las relaciones personales, resalta el desafío de equilibrar el uso del dispositivo con otras áreas de la vida. Esta dependencia no solo está relacionada con la salud mental, sino también con la calidad de las interacciones sociales (Torres & Pérez, 2021). Además, el uso frecuente en momentos inapropiados, como reuniones o conversaciones importantes, pone de manifiesto un fenómeno que los investigadores llaman phubbing (*ignorar a otros por mirar el celular*). Este comportamiento, que es cada vez más común en la sociedad moderna, puede erosionar las relaciones interpersonales y crear conflictos dentro de los entornos sociales y familiares. Las respuestas de los participantes, que reconocen la interferencia de los celulares en sus relaciones, sugieren que este fenómeno podría estar afectando más profundamente de lo que se cree.



Este análisis contribuye a la comprensión del impacto del celular en la vida cotidiana al proporcionar una perspectiva basada en datos empíricos recolectados directamente de los usuarios. A diferencia de estudios generales, este ensayo permite observar cómo estas dinámicas se desarrollan en un contexto específico, ofreciendo información valiosa sobre la percepción de las personas acerca de su dependencia tecnológica (González & Moreno, 2020). Además, plantea preguntas relevantes para futuras investigaciones, como el posible desajuste entre la percepción y los efectos reales del uso del celular, así como estrategias efectivas para fomentar hábitos tecnológicos más saludables. En el futuro, sería útil investigar el papel que juegan factores como el contexto social, la edad y el entorno laboral en la relación que las personas tienen con sus dispositivos móviles. Asimismo, la implementación de programas de desintoxicación digital o el fomento de la práctica de mindfulness podría ser un camino para mitigar los efectos negativos asociados al uso excesivo del celular.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos obtenidos muestra que el uso del celular tiene un impacto significativo en diversos aspectos de la vida cotidiana, incluyendo el estado de ánimo, las relaciones personales y las responsabilidades diarias. La mayoría de los participantes indicó una alta frecuencia de uso, con más de 50 revisiones al día en muchos casos, y una cierta dificultad para desconectarse del dispositivo. Este patrón refleja una tendencia creciente en la sociedad actual, donde el celular ha pasado de ser una herramienta funcional para convertirse en un objeto indispensable y, en algunos casos, en una fuente de dependencia emocional. Aunque algunos participantes minimizan el impacto del celular en sus actividades diarias, el hecho de que varios reportaran cambios emocionales como ansiedad, irritabilidad y frustración, así como una sensación de dependencia, subraya la



relevancia de este fenómeno. Estos hallazgos sugieren que, si bien la mayoría de las personas es consciente de la presencia constante de su celular, muchas no perciben completamente la magnitud de su influencia, especialmente en lo que respecta a sus emociones y relaciones interpersonales.

Además, el hecho de que algunos participantes indicaran dificultades para desconectarse, incluso en momentos que requieren concentración o interacción social, resalta un desafío adicional. La necesidad de estar siempre conectados está estrechamente vinculada con el fenómeno de la "conectividad constante", que puede ser perjudicial para la salud mental y las relaciones. Asimismo, el uso del celular en momentos inapropiados, como durante reuniones o conversaciones importantes, pone de manifiesto la presencia de un comportamiento cada vez más común conocido como *phubbing*, lo que podría tener consecuencias más graves en la calidad de las interacciones personales y la cohesión social. Este comportamiento, aunque aparentemente inofensivo, puede erosionar gradualmente la conexión emocional entre las personas y generar malestar en aquellos que sienten que están siendo ignorados. Por otro lado, estos resultados también reflejan una conciencia creciente entre los participantes acerca de la necesidad de equilibrar su uso del celular con otras áreas de su vida. Aunque muchos indicaron que su uso no interfiere de manera directa con sus responsabilidades, la incidencia de cambios emocionales negativos y la percepción de dependencia sugieren que aún existe una desconexión entre lo que las personas creen que experimentan y lo que realmente ocurre. Esta discrepancia resalta la importancia de educar sobre los efectos secundarios del uso excesivo de la tecnología y la necesidad de establecer límites saludables en el uso de dispositivos móviles. Las respuestas obtenidas también podrían abrir la puerta a programas educativos y de concientización que promuevan un uso más reflexivo y equilibrado del celular, así como técnicas que ayuden a las personas a reconocer y gestionar los efectos emocionales derivados de la sobreexposición a las pantallas.

Los resultados de esta investigación tienen importantes implicaciones para la vida diaria. En primer lugar, destacan la necesidad de fomentar



una gestión más equilibrada del uso del celular, promoviendo prácticas como establecer límites de tiempo o desconectar en momentos clave para mejorar las relaciones personales y la productividad. La implementación de estrategias como la práctica de "detox digital" o el establecimiento de "zonas sin tecnología" durante momentos específicos, como las comidas o las reuniones familiares, podría contribuir significativamente a reducir los efectos negativos del uso del celular. Además, se podrían introducir programas que ayuden a las personas a reconocer cuando están cayendo en patrones de uso excesivo, y cómo romper con esos ciclos de dependencia.

En segundo lugar, estos hallazgos podrían servir como base para futuros estudios que exploren más a fondo la relación entre el uso del celular y la salud mental, particularmente en términos de la ansiedad, la depresión y la percepción de soledad. Aunque este estudio proporciona información valiosa sobre la percepción que los usuarios tienen del impacto de su celular en su vida cotidiana, se necesita una investigación más profunda que examine los efectos a largo plazo del uso prolongado de dispositivos móviles, especialmente en un mundo donde la conectividad es cada vez más omnipresente.

Finalmente, estos resultados también invitan a reflexionar sobre el papel de la tecnología en nuestra sociedad y cómo podemos aprovecharla sin permitir que interfiera de manera negativa en nuestras vidas. Si bien la tecnología, y en particular el celular, ofrece innumerables ventajas en términos de comunicación, acceso a información y productividad, su uso incontrolado puede tener consecuencias no deseadas en nuestra salud mental, bienestar y relaciones sociales. Este estudio subraya la importancia de buscar un equilibrio entre el uso de la tecnología y la preservación de nuestra salud emocional y física, para que el celular siga siendo una herramienta útil, sin que se convierta en una fuente de estrés o aislamiento.



REFERENCIAS

- Barrio, P., & Gómez, R. (2015). El impacto del uso excesivo del teléfono móvil en las relaciones familiares. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 9(3): 45-58.
- Fernández, C., & Ortiz, M. (2020). Cambios emocionales asociados al uso excesivo del celular en adultos jóvenes. *Salud Mental*, 43(3): 197-205.
- González, M., & Moreno, J. (2020). Dependencia al teléfono móvil: Una revisión sistemática de los efectos en la salud mental. *Revista de Salud Pública*, 22(2): 123-134.
- Hernández, A., & López, J. (2018). Uso problemático del smartphone y su relación con el estrés académico. *Psicología y Salud*, 28(1): 23-30.
- Pérez, J., & Álvarez, M. (2016). Uso inadecuado de dispositivos móviles: un análisis desde la perspectiva de la psicología social. *Cuadernos de Psicología*, 14(2): 67-80.
- Ramos, C., & Sánchez, L. (2017). El uso del teléfono móvil y su influencia en las interacciones sociales de los adolescentes. *Acta Colombiana de Psicología*, 20(1): 89-102.
- Salazar, J., & Martínez, P. (2019). Ansiedad y adicción al teléfono móvil en jóvenes universitarios. *Psicología Contemporánea*, 15(4): 34-42.
- Torres, L., & Pérez, V. (2021). Interferencia del smartphone en la productividad laboral: un estudio en empleados de oficina. *Revista Mexicana de Psicología*, 38(2): 101-112.