



# Tomo 02

## *Ciencias de la Salud*

| Paper  | Título   | Autores  | Primer Autor      | Página |
|--------|--|--|-------------------|--------|
| TLA027 | Uso In Vitro de Coronas Provisionales Confeccionadas mediante Técnica de Impresión 3D con Ácido Poliláctico                                | MIC. Dra. Brenda Nathaly Alfaro Ortiz  | Alfaro Ortiz      | 2.1    |
| TLA071 | Aislamiento e Identificación de Bacterias Polifarmacorresistentes Presentes en Aguas Residuales de la Zona Conurbada Zacatecas-Guadalupe   | Jorge Eduardo Alvarado Espinosa<br>M. en C. Rubén Octavio Méndez Márquez<br>Dra. en C. Rosalinda Gutiérrez Hernández<br>Dra. Claudia Araceli Reyes Estrada   | Alvarado Espinosa | 2.7    |
| TLA065 | La Enzima Glicoproteína-P (P-gp) de Candida lusitanae como Modelo para el Estudio de Nuevos Compuestos con Actividad Antifúngica           | Dra. Dulce María Andrade Pavón<br>Dr. Jorge Omar Gómez García  | Andrade Pavón     | 2.13   |
| TLA042 | Aneurisma Trombosado de la Arteria Basilar: Reporte de un Caso en el Segundo Nivel de Atención   | Dr. Rubén Gijón Mitre<br>Angel Jacobo Pérez Andrade<br>Carlos Emiliano Galindo Dorantes<br>Francisco de Jesús García Mendoza   | Gijón Mitre       | 2.21   |
| TLA034 | Depresión en Adolescentes Embarazadas y su Asociación con el Nivel de Resiliencia, Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, 2022 | M. C. Guadalupe Iracema González Díaz<br>Dra. en C.A. y R.N. Imelda García Argueta<br>Dra. en Educ. Marcela Hernández Sánchez<br>Mtra. Martha Liliana Palacios Jaimes  | González Díaz     | 2.26   |
| TLA054 | Efecto del Paracetamol en la Producción de Pigmentos de Frijol Común (Phaseolus vulgaris)  | Dra. María Magali Guillen Morales<br>Dr. Rafael Manuel de Jesús Mex Álvarez<br>Lic. Lázaro Guadalupe Ramos Gómez<br>Dra. Patricia Margarita Garma Quen<br>Dr. David Yanez Nava<br>Lic. María Isabel Novelo Pérez | Guillen Morales   | 2.32   |

| Paper  | Título   | Autores  | Primer Autor            | Página |
|--------|--|--|-------------------------|--------|
| TLA105 | Efectividad de un Programa de Fisioterapia Respiratoria en la Función Pulmonary Postcovid-19 Vía Telerehabilitación                          | Lic. Emmanuel Jiménez Mejía<br>Dra. Xochilt Candelaria Canté Cuevas<br>Mtra. Leidy Sofía Javier Rivera<br>Dr. Juan Yovani Telumbre Terrero   | Jiménez Mejía           | 2.36   |
| TLA019 | Diseño de Muleta con Ajustes Ergonómicos   | M. en D. Ariadna Mandujano de los Santos<br>C. Alex Benítez Ponciano<br>Abigail González Nava  | Mandujano de los Santos | 2.45   |
| TLA024 | Gestión de Inventarios de Sustancias Químicas en Laboratorios Escolares en una Escuela Superior de Farmacia                                  | Dr. Rafael Manuel de Jesús Mex Alvarez<br>Dr. David Yanez Nava<br>Dr. María Magali Guillen Morales<br>Mtra. Dayana de Jesús Kuk Blanquet<br>Dra. Giselle Guillermo Chuc<br>pQFB María Novelo Pérez | Mex Alvarez             | 2.50   |
| TLA096 | Análisis Numérico del Esfuerzo en Fémur con Recubrimiento de Materiales Biocompatibles en la Cabeza Femoral                                  | Lic. Ana Elisabeth Olivares Hernández<br>Dr. Miguel Angel Olivares Robles<br>M. en C. Olao Yair Enciso Montes de Oca<br>Dr. Juan Vicente Méndez Méndez   | Olivares Hernández      | 2.53   |
| TLA077 | Causas de Ingreso al Área de Neonatología Asociadas a la Lactancia Materna en el Periodo Enero – Diciembre 2022 en un Hospital Público       | Sara Lidia Ramírez Obregón<br>Lucía Ávila Mendoza<br>Lizbeth Edith Orozco Villanueva<br>Alma Delia Lara Cerda<br>Nereyda Hernández Nava  | Ramírez Obregón         | 2.58   |
| TLA095 | Comparación de Métodos de Purificación usando IMAC para el Dominio vNART1 Recombinante expresado en E. coli con Reconocimiento a TGFβ Humano | Ing. Luz Aurora Ramírez Ronzón<br>Dra. Tanya Amanda Camacho Villegas<br>Dr. Pavel Hayl Lugo Camacho<br>Dr. Néstor Emmanuel Díaz Martínez   | Ramírez Ronzón          | 2.62   |

| Paper  | Título  | Autores  | Primer Autor     | Página |
|--------|---|--|------------------|--------|
| TLA028 | Factores que Influyen en el Estrés Laboral del Personal de Enfermería en Unidad Hospitalaria de Tabasco | Lic. Juan Antonio Rodríguez García<br>MAPS. Silvia Vázquez Jiménez<br>MAPS. Juan Mario Naranjo Sánchez<br>MC. Juana López Valenzuela<br>LEI. Gerardo Triano Ovando | Rodríguez García | 2.68   |
| TLA020 | Covid-19: Adopción de un Nuevo Estilo de Vida cómo Evolución Biopsicosocial                             | MDGE. Mayrel Cecilia Rubio Segovia<br>Dr. Pedro Sánchez Santiago   | Rubio Segovia    | 2.72   |

# Uso In Vitro de Coronas Provisionales Confeccionadas mediante Técnica de Impresión 3D con Ácido Poliláctico

Dra. Brenda Nathaly Alfaro<sup>1</sup>

**Resumen**— Objetivo del estudio fue determinar el uso in vitro de coronas provisionales confeccionadas en impresión 3D con ácido poliláctico (PLA). Materiales y Métodos: enfoque cuantitativo, descriptivo. Se prepararon 30 piezas dentarias de acrílico, las cuales fueron escaneadas con escáner extraoral EG Solution DScan utilizando el software Dental Cad Suite de EXOCADMR se diseñaron coronas para imprimir por técnica de modelado por deposición fundida en impresora 3D QIDI TECH X-ONE2. Se realizó la concordancia interexaminador para determinar el adapate marginal de los provisionales. Mediante el equipo MCS Metrology, se realizaron pruebas de compresión. Resultados: Se encontró una concordancia moderada al adapate marginal con un valor de Kappa de Cohen de 0.41. La resistencia a la compresión obtuvo una media de 18 Mpa. Se concluye que el uso in vitro de una corona provisional confeccionada con impresora 3D en PLA es factible dado a practicidad, reproducción de anatomía dental y adapate marginal. (no más de 150 palabras en el resumen).

**Palabras clave**— *Impresión en 3D, ácido poliláctico, corona provisional, flujo digital, escáner extraoral.*

## Introducción

Las coronas provisionales constituyen un paso importante en una variedad de procedimientos para la confección de restauraciones como una prótesis parcial fija, coronas individuales inclusive incrustaciones que forman parte de la odontología restauradora, actualmente esa restauración provisional tiene un papel sumamente importante en la determinación del éxito o fracaso en el tratamiento, propuesto por De la Garza et al (2018). Según Abdullah et al. (2016), los provisionales cumplen una serie de funciones como protección a los tejidos pulpaes, previenen la contaminación bacteriana, así como preserva los tejidos periodontales. Desde el punto de vista oclusal, evitan la rotación en términos de supra e infra oclusión, a esto se le suma el mantenimiento de la estética y las diferentes funciones del sistema estomatognático.

Los autores Jorquera y Schlesinger (2017), existen diversos métodos para la elaboración de un provisional dental, se pueden obtener desde una técnica directa, indirecta o híbrida. La elección de una técnica en particular está ligada a la comodidad del odontólogo, el tipo de material, tiempo de trabajo y fraguado del material y el costo.

La cantidad de materiales que ofrece la industria de nuevos productos y del perfeccionamiento de los existentes hace que se tenga una diversidad de materiales dentales para la confección de restauraciones provisionales. Los provisionales de mayor uso en el mercado se pueden clasificar en dos grupos principales en relación a su estructura química que a su vez estos varían por las propiedades de fraguado y por el tipo de manipulación. Como lo mencionan los autores Christiani y Devecchi (2017) los dos grandes grupos de materiales más utilizados son a base de polimetacrilato/metilmetacrilato (PMMA) y el sistema pasta-pasta basados en resinas bis-acríticas.

Conociendo todas las desventajas que representa realizar un provisional con PMMA por la técnica directa o indirecta, surgió esta investigación la cual tuvo como objetivo determinar el uso in vitro de coronas provisionales confeccionadas mediante la técnica de impresión 3D con el biopolímero ácido poliláctico (PLA). Se investigó el comportamiento de un provisional con PLA, a partir de una impresora 3D, para conocer el funcionamiento que este pudiera presentar en el aparato estomatognático, a partir de una serie de pruebas objetivas como la evaluación del adapate marginal y la resistencia a la compresión. Por otra parte, la integración de la impresión 3D y sus diferentes materiales para la reproducción, en diferentes facetas de la odontología contemporánea ha permitido la producción de prótesis complejas, aditamentos ortodónticos y dispositivos quirúrgicos que exigen flexibilidad y resistencia a la abrasión de los materiales de moldeo (Khorsandi et al. 2021).

Comenzando con diseño asistido por computadora (Computer-Aided Design, CAD), que define una trayectoria de la herramienta, las extrusiones de impresoras 3D y depósitos termoplásticos fundido en capas para crear la parte de abajo hacia arriba. Esto hace que las piezas muy complejas sean fáciles de producir. Según Levy et al. (2003) el modelado por FDM construye piezas tridimensionales mediante la fusión y avance de un hilo fino de plástico a través de un cabezal de extrusión controlada por computadora, produciendo piezas que están listos para usar.

El ácido poliláctico, PLA, es un poliéster termoplástico que forma parte de los a- hidroxí- ácidos; su precursor es el ácido láctico, molécula quiral. Este puede ser tan duro como el acrílico o tan blando como el polietileno, rígido

<sup>1</sup> Brenda Nathaly Alfaro es Dra. En Cirugía Dental y Master en Metodología de la investigación científica de la Universidad Evangélica de El Salvador. [Brenda.alfaro@uees.edu.sv](mailto:Brenda.alfaro@uees.edu.sv) (autor corresponsal)

como el poliestireno o flexible como un elastómero. Al PLA se le atribuyen también propiedades de interés como la suavidad, resistencia al rayado y al desgaste (Huayu et al. 2012).

El PLA se utiliza en técnicas FDM y es fácil de imprimir, además de poseer más margen de error o tolerancia permite. Es el material más usado en impresiones 3D en general. Se imprime a bajas temperaturas (170°) por lo que no soporta grandes temperaturas. No tiende a deformarse (no sufre warping contracción y deformación de esquinas en objetos grandes, por las elevadas temperaturas) su contracción es muy baja. Posee muy buen acabado, se puede tratar post impresión. Temperatura de impresión más baja que la mayoría de los materiales. No emana gases nocivos ni tiene mal olor. No resiste altas temperaturas (se descompone 50-60°), características que menciona el autor Ulloa y Poblete (2018) en su publicación.

En el campo de la cirugía el P.L.A. tiene grandes aplicaciones; los materiales disponibles en el mercado son: Material de sutura reabsorbible (cirugía oftalmológica, conjuntival, toracoabdominal, anastomosis neurológicas), material de cirugía ortopédica (implantes reabsorbibles), tornillos, broches, placas, grapas, cirugía reconstructiva craneofacial maxilofacial (tejidos óseos y tejidos blandos).

## Metodología

### Procedimiento

El Diseño de estudio fue un enfoque cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. La técnica a utilizar fue la observación y el instrumento fue un instrumento de registro de elaboración propia validado por juicio de experto.

Se realizó la preparación de 30 dientes de acrílica marca Nissi, 15 de la pieza 3-6 y 15 piezas de la 3-7. Utilizando la línea de terminado chanfer simple. Una vez realizada las preparaciones dentales, fueron llevadas al escáner extraoral EG Solution DScan 4, compatible con el software Dental Cad Suite de EXOCADMR esta información fue enviada por archivo STL a la impresora 3D QIDI TECH X-ONE2 y así obtener los provisionales reproduciendo características anatómicas a una pieza natural.

Para la impresión de las coronas, se utilizó un ángulo de 135°, es base a un estudio reciente el cual concluye que es el ángulo más adecuado para la fabricación de las coronas 11. Posteriormente a la impresión, cada corona provisional fue adaptadas utilizando una vulcanita de tallo largo en forma de llama, para eliminar excesos de PLA y adapte interno mínimo si era necesario. Las coronas provisionales fueron llevadas al microscopio compuesto de 2 lentes (disponible en la Facultad de Medicina, UEES) para observar el desadapte marginal, y por medio de la concordancia interexaminador de dos profesionales con especialidad en Rehabilitación se estableció una escala cualitativa a la percepción según su experticia clínica si las coronas provisionales poseen moderadamente adapte, desadapte o adapte completo de la corona.

Para el registro de la resistencia a la compresión del material, se realizó en los laboratorios de prueba de ensayos de la Universidad Don Bosco en donde, se confeccionaron 30 probetas de PLA, con resolución de 0.15mm, ancho de 15.26mm y un espesor de 2.00mm, las cuales fueron colocadas en la máquina universal para ensayos, equipo MCS Metrology - modelo WAW 1000D, a una Veloc.(MPa/s) de 1.50 la cual determino la resistencia de compresión de cada probeta en la parte superior, ya que es donde se presentaría la mayor fuerza funcional de una pieza dental en boca.

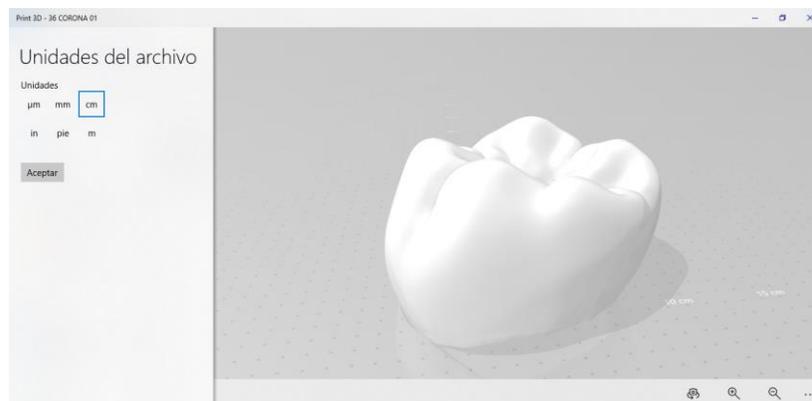


Figura 1. Diseño de la corona provisional.

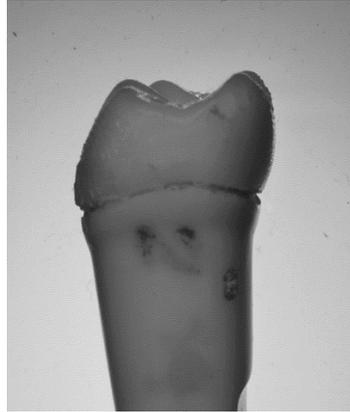


Figura 2. Vista proximal de una corona impresa y adaptada.

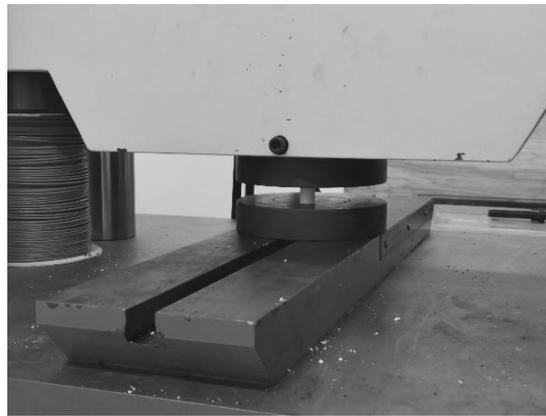


Figura 3. Prueba de compresión en equipo MCS Metrology - modelo WAW 1000D

Como último dato también se comparó el color de las coronas provisionales de PLA tomando como contraste el colorímetro de la guía Vita Toothguide 3D-Master. La guía dental es de máxima precisión en la determinación del color de los dientes mediante la incorporación sistemática de la cromatología moderna. El método que se siguió es sujetar la guía de colores aproximadamente a 25–30 cm junto a la corona provisional. Se recomienda, siempre que se pueda, determinar el color con luz diurna o con una lámpara que simule la luz diurna. La selección se realizó con rapidez y respetando siempre la primera decisión ya que los ojos se fatigan a los 5-7 segundos según lo recomienda el fabricante de la guía. Cabe mencionar que la variable tiempo y color solo se medirá en una corona, puesto que todas las coronas se tomaron el mismo tiempo en la impresión y se utilizó el mismo tono de filamento de PLA lo cual permite que todas las coronas impresas compartan estas dos características en particular. Es una desventaja el hecho que no hay una variabilidad de colores disponibles de PLA.

### **Análisis de Resultados**

Cada una de las coronas impresas fue adaptada y posteriormente se verificó la concordancia interexaminador entre dos especialistas del área de restaurativa con años de experiencia en el área, para categorizar cada corona en adaptada, moderadamente adaptada y desadaptada. A continuación, se muestran los resultados de la prueba Kappa de Cohen.

**Medidas simétricas**

|                    |         | Valor | Error estandarizado asintótico <sup>a</sup> | T aproximada <sup>b</sup> | Significación aproximada |
|--------------------|---------|-------|---|---------------------------|--------------------------|
| Medida de Kappa    | acuerdo | .417  | .146  | 2.781                     | .005                     |
| N de casos válidos |         | 30    |   |                           |                          |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Cuadro 1. Resultado de Concordancia Kappa de Cohen

Los profesionales en el área de restaurativa concordaron un valor de 0.41 obteniendo una moderada concordancia según la prueba estadística Kappa de Cohen en R (Cuadro 1). De las 30 coronas provisionales con PLA, algunas presentan un moderado desadapte, que con un pequeño ajuste interno al provisional o un rectificado de la preparación se logra un adapte completo. Otras tuvieron un adapte total y otro porcentaje presento un desadapte en más de dos superficies dentales. Recordando que en la literatura se describe que las discrepancias marginales entre 50 y 120 um se consideran clínicamente aceptables en relación a la longevidad de las restauraciones 12,13.

Al evaluar la resistencia a la compresión de las 30 probetas elaboradas con PLA las cuales recibieron la fuerza compresiva en la parte superior, simulando la carga que se presenta en una pieza dentaria posterior, registrando el punto de deformación del material por la fuerza máxima que puede soportar, se obtienen los siguientes datos:

| <b>Esfuerzo máximo (Mpa)</b> |    |
|------------------------------|----|
| Media                        | 18 |
| Mediana                      | 18 |
| Desviación estándar          | 1  |
| Varianza de la muestra       | 1  |
| Curtosis                     | 2  |
| Coefficiente de asimetría    | 1  |
| Mínimo                       | 16 |
| Máximo                       | 21 |

Cuadro 2. Estadística descriptiva de prueba compresiva

**Análisis**

De las 30 probetas la media de la fuerza máxima en Mpa fue de 18 (183.55 kgf/cm<sup>2</sup>), registrándose que la carga mínima fue de 16 Mpa (163.15 kgf/cm<sup>2</sup>) y una máxima de 21 Mpa (214.14 kgf/cm<sup>2</sup>). En cuanto al tiempo de trabajo de las coronas provisionales confeccionados con el biopolimero ácido poliláctico, todas tomaron un tiempo de 20 minutos en la impresora. A lo que también debe sumarse 3 minutos de escaneo y 15 minutos de diseño, ya que el programa Exocad ofrece coronas preestablecidas que solo se adaptan al diseño de la preparación. Los aspectos estéticos dentales de las coronas provisionales impresas con PLA fueron que todas presentan un solo tono de blanco no varían ya que el filamento solo dispone de un tono de blanco. Al compararlo con la guía de colores VITA SYSTEM 3D-MASTER® se obtiene que el grupo 1M es el más semejante en claridad y el 1M1 es el más cercano con la intensidad cromática. Sin embargo, este sigue siendo más amarillo que el tono del filamento de PLA.

### Conclusiones

Se concluye que el uso in vitro de una corona provisional confeccionada con tecnología 3D en ácido poliláctico (PLA) es factible dado a la practicidad, reproducción de la anatomía dental y adapte de la misma.

El adapte marginal in vitro de las coronas confeccionadas mediante la impresión 3D con el biopolímero PLA se concluye que es moderado según la concordancia interexaminador de expertos en los límites considerados clínicamente aceptables, donde realizando un adapte interno al provisional o un rectificado de la preparación dental se consigue un mayor adapte marginal. Los profesionales en el área de restaurativa concordaron un valor de 0.41 obteniendo una moderada concordancia según la prueba estadística Kappa de Cohen en R.

En cuanto a la resistencia a la compresión de las probetas de 2mm de PLA se obtuvo una media de 18 Mpa.

El tiempo de trabajo de las coronas provisionales impresas en ácido poliláctico es de alrededor de 20 minutos desde la disposición de la primera capa con el método de modelado por deposición fundida.

Se concluye que el color de en las coronas provisionales impresas con PLA son similares al tono 1M 1 de la guía VITA SYSTEM 3D-MASTER® y es más cercano al tono OM 1 de la extensión de la Guía VITA BLEACHED SHADE GUIDE®

Los resultados demuestran la necesidad del uso de un escáner extraoral o intraoral es primordial para el inicio del flujo digital en odontología y desde esa tecnología poder diseñar una restauración con las características propias de la preparación, reproduciendo una impresión tridimensional con características anatómicas estéticas y funcionales en odontología.

### Limitaciones

Cabe mencionar que durante la realización de este estudio se presentaron ciertas limitantes, una de ellas es la falta de un escáner intraoral en el momento de la ejecución del trabajo de campo, así mismo los recursos que posee el establecimiento son limitados para poder tener acceso a una microscopia electrónica. Para futuras investigaciones en esta línea de investigación es indispensable el uso de escáner intraoral, así como también el uso de aparatos que cuantifiquen como la estereoscopia el adapte que tiene una corona provisional en boca.

### Recomendaciones

Se recomienda que, para futuras investigaciones similares, se considere el uso de un escáner intraoral como parte del inicio en el flujo digital.

Así mismo se sugiere realizar más investigaciones invitro para registrar científicamente el comportamiento del PLA en odontología indagando más en pruebas físicas, térmicas y óptica, para posteriormente una segunda fase de experimentación in vivo.

En cuanto a determinar el adapte marginal de forma más exacta en futuras investigaciones se sugiere medirlo mediante estereoscopia u otro aparato que permita cuantificar el adapta.

Se recomienda a la Instituciones de educación superior, invertir en el flujo digital para optimizar el trabajo clínico de los estudiantes, así mismo les permite adquirir competencias nuevas a nivel internacional.

Se sugiere que los docentes en un 80% de la Facultad de Odontología sean capacitados en el flujo digital desde el escáner, diseño e impresión digital.

Finalmente se recomienda realizar más investigaciones con el uso del PLA en odontología ya que al ser un polímero biodegradable, permite ser un material amigable con el medio ambiente al contrario de otros materiales utilizados en odontología.

### Referencias

Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. "Evaluación comparativa in vitro de CAD / CAM frente a coronas provisionales convencionales", Journal Appl Oral Sci (en línea), Vol 24, N° 3, 2016, consultado el 3 de mayo 2022. Dirección de internet: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5022219/>

Christiani, JJ; Devechchi, JR. "Materiales para Prótesis Provisionales". Revista Actas odontológicas. Volumen XIV N°1, 2017, consultado el 4 de mayo 2022. Dirección de internet: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/ao/v14n1/2393-6304-ao-14-01-00028.pdf>

De la Garza, O., Gutiérrez, F. Y Romo, G. "¿Qué son los provisionales dentales y cómo utilizarlos?". Revista Universitarios Potosinos. N° 220, 2018, consultado 3 de mayo 2022. Dirección de internet: [https://issuu.com/universitarios-potosinos-uaslp/docs/universitarios\\_potosinos\\_220](https://issuu.com/universitarios-potosinos-uaslp/docs/universitarios_potosinos_220)

Huayu T., Zhaohui T., Xiuli Z., Xuesi C., Xiabin J. "Biodegradable synthetic polymers: Preparation, functionalization and biomedical application". Revista Progreso en la ciencia de los polímeros. Vol. 37, N°2, 2012. consultado el 12 de julio 2021. Dirección de Internet: <https://www.scienceopen.com/document?vid=f143b644-88fc-46fb-8474-8d057076984f>

Jorquera, G; Schlesinger, N; Araya T. "Guía de procedimientos preclínicos - Secuencia Clínica de técnicas de provisorio. Tercera Edición" Facultad de Odontología, Universidad de los Andes, 2017, consultado el 3 de mayo 2022. Dirección de internet: <https://www.uandes.cl/images/biblioteca/2017/Odo/Tecnicas%20para%20provisorio%20.pdf>

Khorsandi, D. Fahimipour, A. Abasian, P. et al. "3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications" Revista Acta Biomaterialia. Vol. 122, 2021, consultado el 7 de mayo 2022. Dirección de internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1742706120307674>)

Levy GN, Schindel R, Kruth JP. "Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (lm) technologies, state of the art and future perspectives". Revista Manufactura en Tecnología. Vol.52, N°2, 2003, consultado el 4 de julio 2021. Dirección de internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007850607602066>

Ulloa P, Poblete D. "Análisis de impresoras 3d guía para realizar una correcta elección para el uso clínico odontológico". [Tesis doctoral]. Concepción: Universidad del Desarrollo. Facultad de Ciencias de la salud, 2018, consultado el 12 de julio 2021. Dirección de internet: <https://repositorio.udd.cl/bitstream/handle/11447/2778/Documento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# Aislamiento e Identificación de Bacterias Polifarmacorresistentes Presentes en Aguas Residuales de la Zona Conurbada Zacatecas-Guadalupe

Jorge Eduardo Alvarado Espinosa<sup>1</sup>, M. en C. Rubén Octavio Méndez Márquez<sup>2</sup>,  
Dra. en C. Rosalinda Gutiérrez Hernández<sup>3</sup>, Dra. en C. Claudia Araceli Reyes Estrada<sup>4</sup>

**Resumen**—Se realizó una investigación experimental para encontrar bacterias que sean polifarmacorresistentes en las aguas tratadas de las plantas de tratamiento de la zona conurbada Zacatecas (Planta “El Orito”), Guadalupe (Planta “Osiris”), cuya gestión está bajo manos de JIAPAZ, dentro de la misma se realizaron pruebas para encontrar coliformes (tanto totales como fecales y *E. coli*) y verificar si estas están dentro de los valores que las Normas Mexicanas nos indican.

La resistencia a los antibióticos es un inconveniente de salud pública que afecta a ciudadanos y pacientes, los de hoy y los de mañana. La correcta educación sanitaria, el buen uso de estos fármacos y la implicación tanto de facultativos a la hora de prescribirlos como de los usuarios que bien por exceso o por defecto consumen antibióticos o medicamentos que no son controlados (los cuales pueden ser desechados de una manera incorrecta sin tener el tratamiento adecuado, por lo que se ingresan hacia la red de agua, los fármacos desechados de forma incorrecta son capaces de estar presentes en todas las etapas del ciclo del agua) contribuirán a un mejor uso de los mismos.

**Palabras clave**— Bacterias, farmacorresistencia, PTAR, caracterización.

## Introducción

La resistencia a los antimicrobianos es un problema multidimensional que conecta a los profesionales del agua con muchos científicos de diferentes disciplinas.

Han sido numerosos estudios los que se han realizado en diferentes países, ya que la presencia de fármacos en el agua se ha convertido en un problema emergente en el medio ambiente, esto debido a que no hay una eliminación completa a pesar de los distintos procesos que se aplican en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), y se ha incrementado el interés por los efectos que pueden producirse en el medio acuático. En los últimos años, el uso de efluentes domésticos para uso agrícola a nivel mundial ha comenzado a ser una práctica más recurrente, debido a diversos factores como: crecimiento descontrolado de asentamientos urbanos, escasez de agua potable, recuperación de nutrientes para los cultivos y menos costos de eliminación. Igualmente, su uso en la agricultura conlleva no solo a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, sino también a la contaminación del suelo, sin tener en cuenta los riesgos que afectan la salud poblacional (Huibers & Raschid-Sally, 2005; Wang, Li, & Li, 2017).

Datos recientes de la Red Nacional de Seguridad de la Atención Médica de EE. UU. indican que las bacterias Gram negativas son responsables de más del 30 % de las infecciones adquiridas en el hospital, y estas bacterias predominan en los casos de neumonía asociada al ventilador (47 %) e infecciones del tracto urinario (45 %). En unidades de cuidados intensivos (UCI) en los Estados Unidos, las bacterias Gram negativas representan alrededor del 70% de este tipo de infecciones, y se informan datos similares de otras partes del mundo. Una variedad de organismos Gramnegativos son responsables de las infecciones adquiridas en el hospital, siendo la familia *Enterobacteriaceae* el grupo más comúnmente identificado en general (Peleg, 2010).

---

<sup>1</sup> Jorge Eduardo Alvarado Espinosa es pasante de la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo de la Universidad Autónoma de Zacatecas. [35164449@uaz.edu.mx](mailto:35164449@uaz.edu.mx)

<sup>2</sup> El M. en C. Rubén Octavio Méndez Márquez es Docente-Investigador, responsable del Laboratorio de Microbiología de la Unidad Académica de Ciencias Químicas, Programa Académico de Químico Farmacéutico Biólogo de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. (autor corresponsal) [rubenmendez@uaz.edu.mx](mailto:rubenmendez@uaz.edu.mx)

<sup>3</sup> La Dra. Rosalinda Gutiérrez Hernández es Docente-Investigadora de la Licenciatura en Nutrición de la Unidad Académica de Enfermería de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. [rosalinda@uaz.edu.mx](mailto:rosalinda@uaz.edu.mx)

<sup>4</sup> La Dra. Claudia Araceli Reyes Estrada es Docente-Investigadora de la Maestría en Salud Pública de la Unidad Académica de Medicina Humana y Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. [c\\_reyes13@uaz.edu.mx](mailto:c_reyes13@uaz.edu.mx)

## Metodología

### Procedimiento

Para su recolección debe utilizarse frascos estériles y debe recolectarse cantidades comprendidas entre 500 y 1000 ml. En todos los casos los envases se llenarán por completo para excluir el aire. Cuando se estime probable que el agua a analizar contenga trazas de cloro, cloramina u ozono, será necesario neutralizar su efecto bactericida en el momento del muestreo. Para ello se añadirá una cantidad suficiente de tiosulfato sódico; para un volumen de 250 ml son suficientes 0,2 ml de una solución acuosa al 3% de tiosulfato sódico.

Su análisis debe comenzar antes de que hayan transcurrido 6hrs desde el momento de la toma de muestras. En circunstancias excepcionales, las muestras pueden conservarse a una temperatura de 4 °C durante un periodo máximo de 24 h antes de su análisis.

Se continuo con base a la NMX-AA-186-SCFI-2021 para la obtención de bacterias coliformes totales, fecales y *E. coli* y teniendo en cuenta los lineamientos de la NOM-001-SEMARNAT-2021.

A las cepas proliferadas se les realizó una siembra por estría cruzada sobre un medio de cultivo sólido adecuado dispuesto en una placa de Petri. Los agares/medios de cultivo utilizados fueron: agar sangre, agar MacConkey, agar sal y manitol y agar Müller Hinton; se les realizaron pruebas bioquímicas de identificación (con la ayuda de la plataforma ABIS online); posteriormente, se realizó el antibiograma a cada una de las cepas identificadas (se confirmó la polifarmacorresistencia de los aislados bacterianos obtenidos por medio de pruebas de difusión en agar “método de Kirby-Bauer” midiendo los halos de inhibición de los diversos fármacos específicos ensayados de acuerdo a los criterios del CLSI); los fármacos evaluados tanto para bacterias Gram positivas como Gram negativas fueron: Ampicilina (AM), Amikacina (AK), Carbenicilina (CB), Cefalotina (CF), Cloranfenicol (CL), Cefotaxima (CFX), Ciprofloxacino (CPF), Clindamicina (CLM), Dicloxacilina (DC), Eritromicina (E), Gentamicina (GE), Netilmicina (NET), Nitrofurantoína (NF), Norfloxacino (NOF), Penicilina (PE), Trimetropim (SXT), Tetraciclina (TE), Vancomicina (VA).



Figura 1. Metodología del desarrollo experimental.

| Gram Positivas        |                        | Gram Negativas          |                        |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Diámetro de colonia   | Voges-Proskauer        | Motilidad               | Ácido sulfhídrico      |
| Colonias pigmentadas  | Ureasa                 | Producción de pigmento  | Citrato                |
| Crec. Anaerobio       | Coagulasa              | Catalasa                | Hidrólisis de gelatina |
| Crec. Aerobio         | DNAsa                  | Oxidasa                 | Ureasa                 |
| Crec. 15 °C           | TNAsa                  | Lisina descarboxilasa   | Fenilalanina           |
| Crec. 45 °C           | Hidrólisis de gelatina | Ornitina descarboxilasa | Kligler                |
| Hemólisis             | Catalasa               | Rojo de metilo          | Sacarosa               |
| Crec. 10% NaCl        | Oxidasa                | Voges-Proskauer         |                        |
| Crec. 15% NaCl        | Kligler                | Reducción de nitratos   |                        |
| Reducción de Nitratos | Sacarosa               | Indol                   |                        |

Cuadro 1. Pruebas bioquímicas utilizadas para Gram + y Gram -.

## Resultados

### Muestreo No.1

Toma de muestra 21/febrero/2023

Lugar: Planta Tratadora de Aguas Residuales “El Orito”, Zacatecas.

Unidad 218, Calle Corea Nte, 98087, Zacatecas, Zac., MEX. 22.743510, -102.619883.

| CALDO / AGAR<br>Número Más Probable | RESULTADO     | ORGANISMOS/100 ML |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|
| CALDO LACTOSADO                     | 3,3,3 / 3,2,1 | >2400 / 150       |
| VERDE BILIS<br>BRILLANTE            | 0,1,1 / 1,1,1 | 3,6 / 11          |
| CALDO EC                            | 0,1,2 / 2,1,1 | 11 / 20           |

Cuadro 2. NMP Primer muestreo.

Identificación Bacteriana

Gram positiva: *Staphylococcus intermedius* (Similitud: 81,5 %)

Gram negativa: *Escherichia coli* (Similitud: 87.6 %).

#### Gram +

| Antibiótico                            | Interpretación |
|--|----------------|
| <i>Ampicilina (AM)</i>                 | Resistente     |
| <i>Cefalotina (CF)</i>                 | Sensible       |
| <i>Cefotaxima (CFX)</i>                | Resistente     |
| <i>Ciprofloxacino (CPF)</i>            | Sensible       |
| <i>Clindamicina (CLM)</i>              | Sensible       |
| <i>Dicloxacilina (DC)</i>              | Sensible       |
| <i>Eritromicina (E)</i>                | Sensible       |
| <i>Gentamicina (GE)</i>                | Sensible       |
| <i>Penicilina (PE)</i>                 | Sensible       |
| <i>Tetraciclina (TE)</i>               | Sensible       |
| <i>Trimetprim/Sulfametoxazol (SXT)</i> | Sensible       |
| <i>Vancomicina (VA)</i>                | Sensible       |

Cuadro 3. Antibiograma primer muestreo.

### Muestreo No.2

Toma de muestra 15/marzo/2023.

Lugar: Planta Tratadora “Osiris”.

98635 Guadalupe, Zac., MEX 22.775372, -102.452189.

| CALDO / AGAR<br>Número Más Probable | RESULTADO     | ORGANISMOS/100 ML |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|
| CALDO LACTOSADO                     | 3,3,3 / 3,3,2 | >2400 / 110       |
| VERDE BILIS<br>BRILLANTE            | 3,3,3 / 3,3,3 | >2400 / >2400     |
| CALDO EC                            | 3,3,3 / 3,3,3 | >2400 / >2400     |

Cuadro 4. NMP Segundo muestreo.

Identificación Bacteriana

Gram positiva: *Staphylococcus intermedius* (Similitud: 92,3 % Probabilidad: 97,3 %)

Gram negativa: *Kluyvera ascorbata* (Similitud: 83.4 %), *Escherichia coli* (Similitud: 83.4 %).

| <b>Gram +</b>                    |                       | <b>Gram -</b>                    |                       |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Antibiótico</b>               | <b>Interpretación</b> | <b>Antibiótico</b>               | <b>Interpretación</b> |
| Ampicilina (AM)                  | Resistente            | Amikacina (AK)                   | Sensible              |
| Cefalotina (CF)                  | Resistente            | Ampicilina (AM)                  | Resistente            |
| Cefotaxima (CFX)                 | Sensible              | Carbenicilina (CB)               | Resistente            |
| Ciprofloxacino (CPF)             | Sensible              | Cefalotina (CF)                  | Resistente            |
| Clindamicina (CLM)               | Resistente            | Cefotaxima (CFX)                 | Sensible              |
| Dicloxacilina (DC)               | Resistente            | Ciprofloxacino (CPF)             | Sensible              |
| Eritromicina (E)                 | Resistente            | Cloranfenicol (CL)               | Sensible              |
| Gentamicina (GE)                 | Sensible              | Gentamicina (GE)                 | Sensible              |
| Penicilina (PE)                  | Resistente            | Netilmicina (NET)                | Sensible              |
| Tetraciclina (TE)                | Sensible              | Nitrofurantoína (NF)             | Sensible              |
| Trimetrprim/Sulfametoxazol (SXT) | Sensible              | Norfloxacino (NOF)               | Sensible              |
| Vancomicina (VA)                 | Resistente            | Trimetrprim/Sulfametoxazol (SXT) | Resistente            |

Cuadro 5. Antibiograma segundo muestreo.

### Muestreo No.3

Toma de muestra 03/abril/2023

Lugar Planta Tratadora de Aguas Residuales “El Orito”, Zacatecas.

| <b>CALDO / AGAR<br/>Número Más Probable</b> | <b>RESULTADO</b> | <b>ORGANISMOS/100 ML</b> |
|---|------------------|--------------------------|
| <b>CALDO LACTOSADO</b>                      | 3,2,1 / 3,2,0    | 150 / 93                 |
| <b>VERDE BILIS<br/>BRILLANTE</b>            | 3,0,3 / 3,2,0    | 240 / 93                 |
| <b>CALDO EC</b>                             | 3,0,3 / 3,1,0    | 240 / 43                 |

Cuadro 6. NMP Tercer muestreo.

Identificación Bacteriana

Gram positiva: *Staphylococcus intermedius* (Similitud: 87,2 %)

Gram negativa: *Salmonella* spp. (posibilidad de *S. enterica subsp. arizonae*) (Similitud: 88.6 %)

| <b>Gram +</b>                    |                       | <b>Gram -</b>                    |                       |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Antibiótico</b>               | <b>Interpretación</b> | <b>Antibiótico</b>               | <b>Interpretación</b> |
| Ampicilina (AM)                  | Resistente            | Amikacina (AK)                   | Sensible              |
| Cefalotina (CF)                  | Resistente            | Ampicilina (AM)                  | Resistente            |
| Cefotaxima (CFX)                 | Resistente            | Carbenicilina (CB)               | Resistente            |
| Ciprofloxacino (CPF)             | Sensible              | Cefalotina (CF)                  | Resistente            |
| Clindamicina (CLM)               | Resistente            | Cefotaxima (CFX)                 | Sensible              |
| Dicloxacilina (DC)               | Resistente            | Ciprofloxacino (CPF)             | Resistente            |
| Eritromicina (E)                 | Resistente            | Cloranfenicol (CL)               | Resistente            |
| Gentamicina (GE)                 | Sensible              | Gentamicina (GE)                 | Resistente            |
| Penicilina (PE)                  | Resistente            | Netilmicina (NET)                | Resistente            |
| Tetraciclina (TE)                | Sensible              | Nitrofurantoína (NF)             | Sensible              |
| Trimetrprim/Sulfametoxazol (SXT) | Sensible              | Norfloxacino (NOF)               | Resistente            |
| Vancomicina (VA)                 | Sensible              | Trimetrprim/Sulfametoxazol (SXT) | Resistente            |

Cuadro 7. NMP Tercer muestreo.

#### Muestreo No.4

Toma de muestra 22/mayo/2023.

Lugar Planta Tratadora “Osiris”.

| CALDO / AGAR<br>Número Más Probable | RESULTADO     | ORGANISMOS/100 ML |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|
| CALDO LACTOSADO                     | 3,3,2 / 3,3,2 | 1100 / 1100       |
| VERDE BILIS<br>BRILLANTE            | 3,3,3 / 3,3,2 | >2400 / 1100      |
| CALDO EC                            | 3,3,2 / 3,2,2 | 1100 / 1100       |

Cuadro 8. NMP Cuarto muestreo.

#### Identificación Bacteriana

Gram positiva: *Staphylococcus intermedius* (Similitud: 97,6 % Probabilidad: 97,4 %).

Gram negativa: *Citrobacter freundii* (Similitud: 88.1 %).

| Gram +                             | Interpretación | Gram -                          |                |
|------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| Antibiótico                        |                | Antibiótico                     | Interpretación |
| Ampicilina (AM)                    | Resistente     | Amikacina (AK)                  | Sensible       |
| Cefalotina (CF)                    | Resistente     | Ampicilina (AM)                 | Resistente     |
| Cefotaxima (CFX)                   | Intermedio     | Carbenicilina (CB)              | Resistente     |
| Ciprofloxacino (CPF)               | Sensible       | Cefalotina (CF)                 | Resistente     |
| Clindamicina (CLM)                 | Resistente     | Cefotaxima (CFX)                | Resistente     |
| Dicloxacilina (DC)                 | Intermedio     | Ciprofloxacino (CPF)            | Resistente     |
| Eritromicina (E)                   | Resistente     | Cloranfenicol (CL)              | Sensible       |
| Gentamicina (GE)                   | Sensible       | Gentamicina (GE)                | Sensible       |
| Penicilina (PE)                    | Resistente     | Netilmicina (NET)               | Sensible       |
| Tetraciclina (TE)                  | Sensible       | Nitrofurantoína (NF)            | Sensible       |
| Trimetprim/Sulfametoxazol<br>(SXT) | Sensible       | Norfloxacino (NOF)              | Resistente     |
| Vancomicina (VA)                   | Resistente     | Trimetprim/Sulfametoxazol (SXT) | Resistente     |

Cuadro 9. Antibiograma cuarto muestreo.

#### Análisis

Se obtuvieron resultados del Número Más Probable y siguiendo los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021 se indica que en varios casos de los muestreos se tiene presencia por encima de los valores de referencia de bacterias coliformes, tanto fecales como totales y *E. coli*; por otra parte, se obtuvieron aislados de bacterias tanto Gram positivas como Gram negativas, que con ayuda de las pruebas bioquímicas (cuyos resultados se vaciaron en la plataforma ABIS online) se obtuvieron distintas bacterias, siendo *Staphylococcus intermedius* y *Escherichia coli* las más frecuentes en los muestreos; las demás bacterias resultantes fueron: *Kluyvera ascorbata*, *Salmonella* spp, y *Citrobacter freundii*. El antibiograma arrojó resultados de resistencia a diversos antibióticos, por lo cual se les considera que estas bacterias tienen la característica de ser polifarmacorresistentes.

#### Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos se concluye que existe la presencia de bacterias coliformes (totales, fecales y *E. coli*), y bacterias que demostraron ser polifarmacorresistentes contra los diferentes sensibilizadores impregnados con fármacos (en este caso antibióticos), de uso para tratar infecciones por bacterias Gram positivas y negativas.

Lo anterior implicaría que para un futuro próximo se tenga una calidad de vida más baja, ya que de una forma indirecta estas bacterias que presentan esta propiedad de ser polifarmacorresistentes entran en contacto con la población en general y al momento de hacer algún tratamiento con un antibiótico, que sea en este caso de amplio

espectro, no tenga la misma respuesta hacia la eliminación de dicha bacteria y se tenga que optar por un tratamiento más costoso e incluso con la administración de distintos fármacos para tratar de eliminar en cierta manera a la bacteria presente en el organismo.

La mejora de la calidad del agua es una responsabilidad medioambiental esencial. El monitoreo continuo de las fuentes naturales de agua, como los ríos, los lagos y las aguas subterráneas, proporciona agua potable más segura y de mayor calidad y ayuda a detectar de manera temprana las sustancias (encontrándose aquí, bacterias que tengan la naturaleza de ser resistentes a diversos fármacos de uso “cotidiano”), que pueden dañar el medio ambiente y la salud de la población. El monitoreo también ayuda a identificar el nivel de nitratos, sustancias orgánicas y turbidez en las fuentes de agua para que los usuarios sepan cómo tratar el agua y puedan optimizar el proceso.

### *Recomendaciones*

El presente trabajo puede mejorar si se utilizan herramientas más sofisticadas para la identificación más acertada de las bacterias, por ejemplo, la utilización del método de PCR para su determinación y cuantificación.

Por otra parte, sería conveniente extraer más muestras de cada planta de tratamiento para que sea más aceptable los valores que se lleguen a obtener y dar un tratamiento estadístico a los resultados.

Por último, sería conveniente comparar los resultados obtenidos de un futuro muestreo con los equipos automatizados de identificación bioquímica y antibiograma (procesar las muestras que se obtengan para que el personal del laboratorio realice el antibiograma correspondiente).

### **Referencias**

- Chaverri-Fernández, JM, Cordero-García, E., Díaz-Madriz, JP, Moya-Blanco, M., & Vega-Brown, Y. (2014). Revisión del uso de antibióticos de amplio espectro en el ambiente hospitalario privado en Costa Rica. *Acta Médica Costarricense*, 56 (4), 158-162.
- Galler H, Feierl G, Peternel C, Reinthaler FF, Haas D, Habib J, et al. Multiresistant bacteria isolated from activated sludge in Austria. *Int J Environ Res Public Health*. 2018.
- Huibers, F. P., & Raschid-Sally, L. (2005). Design in domestic wastewater irrigation. *Irrigation and Drainage*, S113-S118.
- MacFaddin, J. F., Rondinone, S., & Giovanniello, O. (2003). *Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica* (3a ed.). Argentina: Médica Panamericana.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.
- Norma Mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015. Análisis de agua-enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerables) y *Escherichia coli*-Método del número más probable en tubos múltiples.
- Peleg AY, Hooper DC. Hospital-acquired infections due to gram-negative bacteria. *N Engl J Med*. 2010;362(19):1804-13.
- Pérez-Etayo, L., González, D., Leiva, J., & Vitas, A. I. (2020). Multidrug-Resistant Bacteria Isolated from Different Aquatic Environments in the North of Spain and South of France. *Microorganisms*, 8(9), 1425.
- Stoica C. ABIS online - Bacterial identification [Internet]. Tgw1916.net.

### **Notas Biográficas**

El **C. Jorge Eduardo Alvarado Espinosa** es alumno de la Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo de la Unidad Académica de Ciencias Químicas. Actualmente realiza proyecto de investigación en el Laboratorio de Microbiología de la Unidad Académica de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

El **M. en C. Rubén Octavio Méndez Márquez** es Químico Farmacéutico Biólogo por la Universidad Autónoma de Zacatecas (mención honorífica, 2003), Maestro en Ciencias por la Universidad de Guanajuato (2005), Docente del Laboratorio de Microbiología del Programa Académico de Químico Farmacéutico Biólogo y Docente Investigador de la Unidad Académica de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Es perfil PRODEP por la secretaria de Educación Pública. Integrante del Cuerpo Académico Consolidado CA-UAZ-175 “Farmacología en Biomedicina Molecular”.

La **Dra. en C. Rosalinda Gutiérrez Hernández** es Ingeniera Química con Doctorado en Ciencias en la Especialidad en Farmacología Médica y Molecular por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Docente en la Unidad Académica de Enfermería de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. Es perfil PRODEP por la Secretaría de Educación Pública. Líder del Cuerpo Académico Consolidado CA-UAZ-175 “Farmacología en Biomedicina Molecular”. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI I).

La **Dra. en C. Claudia Araceli Reyes Estrada** es Médico Cirujano por la Universidad Juárez del Estado de Durango, con Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Farmacología Médica y Molecular por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Docente en la Unidad Académica de Medicina Humana de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. Es perfil PRODEP por la secretaria de Educación Pública. Integrante del Cuerpo Académico Consolidado CA-UAZ-175 “Farmacología en Biomedicina Molecular”. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI I).

# La Enzima Glicoproteína-P (P-gp) de *Candida lusitaniae* como Modelo para el Estudio de Nuevos Compuestos con Actividad Antifúngica

Dra. Dulce María Andrade Pavón<sup>1</sup>, Dr. Jorge Omar Gómez García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Biología Molecular de Bacterias y Levaduras, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Plan de Ayala, prolongación Carpio, Casco de Santo Tomas, Ciudad de México CP 11340, México.

<sup>2</sup> Departamento de Química Orgánica, Escuela Nacional de e Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Plan de Ayala, prolongación Carpio, Casco de Santo Tomas, Ciudad de México CP 11340, México.

**Resumen**— *C. lusitaniae* se ha informado con mayor frecuencia en pacientes inmunocomprometidos. Algunos aislados son resistentes a la anfotericina B, la 5-fluorocitosina o el fluconazol, esta resistencia se ha debido comúnmente a la presencia de bombas de expulsión conocida como P- glicoproteínas. Por tal motivo en este trabajo se planteó el inicio de la obtención de la P-glicoproteína de *C. lusitaniae* así como su análisis in silico. El alineamiento de secuencias de la P-gp de *C. lusitaniae* y *H. sapiens* demostró la existencia de un dominio conservado que es el de unión a ATP. La presencia de tal dominio permitió la generación de la estructura 3d de la P-gp de *C. lusitaniae*, así como su interacción con benzopiranos demostrando que estos últimos reconocieron residuos de aminoácidos del sitio activo. Al mismo tiempo se diseñaron oligonucleótidos que permitieron amplificar y clonar el gen P-gpClu en los vectores de clonación y expresión.

**Palabras clave**—*C. lusitaniae*, antifúngicos, P-glicoproteínas, in silico.

## Introducción

Distintos tipos de levaduras pertenecientes al género *Candida* son simbioses al ser humano, encontrándose de manera natural en la flora intestinal, genital y oral, pero pueden volverse patógenos oportunistas, especialmente en pacientes inmunodeprimidos (Hall y Noverr, 2017).

Las especies del género *Candida* reconocidas como patógenos oportunistas más comunes son *Candida albicans*, ocupando el 40-80% de los casos de candidiasis, seguida de *Candida tropicalis*, *Candida glabrata*, *Candida dubliniensis*, *Candida parapsilosis*, *Candida orthopsilosis*, *Candida metapsilosis*, *Candida krusei*, *Candida famata*, *Candida guilliermondii* y *Candida lusitaniae* (Vázquez-González et al., 2013). Estas especies suelen, además de ser difíciles de identificar por métodos fenotípicos, mostrar perfiles variables de susceptibilidad ante fármacos antifúngicos. La infección por *C. lusitaniae* se consideraba fatal antes de la introducción del fluconazol al mercado, ahora la infección no se considera fatal, teniendo una mortalidad general del 5%. La infección generalmente se presenta como fungemia, es más común en pacientes con neoplasias hematológicas o que recién recibieron trasplante de médula ósea, y el síntoma más peligroso es la peritonitis (Hawkins y Baddour, 2003).

La terapia sistémica antifúngica fue desarrollada e implementada en el año 1958, con el descubrimiento de la Anfotericina B, volviéndose este compuesto el tratamiento de referencia por más de 40 años, aún pese a sus efectos y complicaciones adversas. Décadas después, el descubrimiento de los azoles en los años 60 y la introducción del Ketoconazol al mercado marcaron un precedente para el desarrollo de nuevos tratamientos antifúngicos, llevando al desarrollo posterior de los triazoles, entre ellos, el fluconazol, como fuertes fármacos antimicóticos. Los triazoles se mantuvieron como el tratamiento por excelencia de las infecciones por hongos, sin embargo, su falta de actividad contra mohos (p. ej. especies del género *Aspergillus*, *Mucorales* y *Fusarium*), la resistencia intrínseca de ciertas especies de *Candida*, y los efectos adversos de los medicamentos usados en esos tiempos, creó la necesidad de antifúngicos con un espectro aún más amplio, una necesidad que fue parcialmente cubierta con el desarrollo de las equinocandinas en los años 90. Ciertas especies de hongos presentan una resistencia intrínseca ante antimicóticos específicos, como *C. krusei* al fluconazol o *C. lusitaniae* a la Anfotericina B, mientras otros hongos presentan resistencia a todos los antimicóticos clínicamente disponibles. La resistencia a fármacos antifúngicos, también se puede desarrollar como consecuencia de mecanismos moleculares adquiridos durante la aplicación del fármaco. En general, la resistencia a los antimicóticos se da por 3 factores: las características del fármaco, del hongo y del paciente (Houšť et al., 2020).

<sup>1</sup> La Dra. Dulce María Andrade Pavón es profesora-investigadora de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Andrade\_eclud88@hotmail.com.

<sup>2</sup> El Dr. Jorge Omar Gómez García es profesor-investigador de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. gogamanj@hotmail.com

Los transportadores ABC (ATP-Binding Cassette) pertenecen a una de las superfamilias más grandes de proteínas transmembranales, proteínas que se unen al ATP usando la energía resultante para transportar moléculas a través de la membrana celular. Estas proteínas, que anteriormente se pensaba sólo estaban presentes en los procariontes, presentan un dominio de unión a ATP (o dominio de unión a nucleótidos) altamente conservado, dominio encontrado en la primera proteína eucarionte similar a los transportadores bacterianos, glicoproteína de permeabilidad ó P-glicoproteína. La p-glicoproteína fue la primera proteína identificada involucrada en la resistencia a fármacos de ciertos fenotipos, siendo las proteínas similares a proteínas MDR (MRP) en mamíferos así como las proteínas de resistencia a drogas pleiotrópicas (PDR) en plantas y hongos otras proteínas involucradas en ésta resistencia, las tres perteneciendo a la superfamilia ABC (Ferté, 2000).

La sobreexpresión de estas proteínas es un mecanismo de resistencia múltiple en enfermedades como el cáncer, hepatitis B y VIH/SIDA, así como resistencia a antimicóticos en hongos. Se estima que al menos el 50% de los fármacos listados en el catálogo Sigma-Aldrich son sustratos para la P-gp o para proteínas asociadas a multiresistencia. Se han encontrado y desarrollado múltiples fármacos que inhiben de manera específica y selectiva estos transportadores, combatiendo directamente la resistencia de las células, sean humanas o fúngicas, dominando este acercamiento la mayor parte de las líneas de investigación hacia inhibidores de transportadores ABC, mientras que otras líneas incluyen la inhibición genómica de la sobreexpresión de estos receptores. Actualmente, el desarrollo de inhibidores de P-gp se encuentra en su tercera generación, con fármacos que aparentemente tienen efectos adversos mínimos (Shukla et al., 2008).

Debido a lo anterior es importante la propuesta de nuevos compuestos, en este trabajo proponemos a los benzopiranos, los cuales también son conocidos como cromenos, son moléculas con un núcleo bicíclico formado por un anillo bencénico fusionado en la posición 5,6 con un anillo de pirano, siendo el miembro más básico de esta familia el 4H-1-Benzopirano. El desarrollo de fármacos a partir de este núcleo ha dado como resultado una extensa actividad antitumoral, anticonvulsiva, antimicrobial, anticolinesterasa, antituberculosa e inhibidora de la MAO. Varios fármacos pertenecientes a la clase de los benzopiranos tienen actividad sobre las P-glicoproteínas o sobre los transportadores ABC, pero la mayoría de ellos están en fase experimental o fueron retirados del mercado, como la Novobiocina, antibiótico producido por el actinomiceto *Streptomyces* o el Alvocidib, fármaco derivado de los flavonoides, ambos actúan inhibiendo a la proteína de resistencia del cáncer de mama (BCRP) (Nakanishi et al., 2003).

Por ello en este trabajo se pretende obtener la p-glicoproteína recombinante de *Candida lusitanae* y ser utilizada como herramienta en la evaluación de nuevos compuestos que puedan ser propuestos como inhibidores de esta enzima y contribuir a la mejora en la terapia antimicótica contra infecciones generadas por especies de este género.

## Metodología

### Alineamiento de la P-gp de *C. lusitanae* y *H. sapiens*.

El alineamiento se realizó descargando las secuencias de aminoácidos de las P-gp de *C. lusitanae* (XP\_002616782) y *Homo sapiens* de la base de datos del NCBI. Una vez descargadas, se realizó un alineamiento de secuencias con el fin de localizar los dominios de interés (sitios motivo) y los residuos de aminoácidos que forman parte del sitio catalítico de tales enzimas.

### Modelado y Docking Molecular.

Se realizó un estudio de acoplamiento previamente validado con el fin de explicar el modo de unión de los compuestos con la enzima P-gp de *C. lusitanae*. El acoplamiento se realizó utilizando el programa Autodock versión 4.0 (Morris et al., 2009). El modelo de P-gpClu se obtuvo con el programa Modeller, utilizando como molde la estructura cristalizada de la P-gp humana, cuya estructura se encuentra depositada en el Protein Data Bank (PDB). Una vez obtenido este modelo, se llevó a cabo su evaluación utilizando el programa Procheck. La estructura de los ligandos se dibujaron en el editor químico MarvinSketch (<https://www.chemaxon.com/products/marvin/marvinsketch/>) y se convirtió en mol2 en el programa Open Babel GUI. La preparación de los scripts de acoplamiento se programó utilizando el programa Autodock Tools 1.5.6. Las dimensiones de la caja fueron X: 62 Y: 44 y Z: 36 usando puntos separados por 0.375 Å. Los resultados de Docking fueron analizados en AutodockTools y editados en Discovery 4.0 Client.

### Los Microorganismos y Compuestos Empleados en este Estudio.

El microorganismo empleado en este estudio fue la cepa de *C. lusitanae*. La cepa fue previamente conservada en glicerol al 50% y almacenadas a -70°C. Los compuestos empleados fueron derivados de benzopiranos los cuales fueron amablemente proporcionados por el Dr. Francisco Delgado Reyes del Departamento de Química Orgánica.

### Diseño de Iniciadores.

Se diseñaron manualmente los iniciadores que se utilizaron en este trabajo para amplificar la región que codifica para la P-gpClu. Se consideraron sitios de corte GGATCC para BamHI y CTGCAG para PstI y expresarlo en el vector pET-15b.

### Medios de Cultivo Utilizados para el Crecimiento de *E. Coli*.

**Los medios de cultivo utilizados para el sistema de *E. coli* fueron los siguientes:**

**Medio de Luria (LB):** Peptona de gelatina 1.0%, extracto de levadura 0.5% y NaCl 0.5%, pH 7.0. Añadir ampicilina 50 mg/mL.

### Cepas de *E. coli* DH10B y BL21 Utilizadas para Transformación.

Para el crecimiento de estas cepas se utilizó medio Luria (LB) para obtención de biomasa, adicionado con ampicilina (100 mg/mL) líquido o sólido (con agar bacteriológico 1.5%),

### Extracción y Cuantificación del DNA Genómico de *C. Lusitaniae*.

Para obtener el DNA genómico de *C. lusitaniae* se utilizó el método descrito por Ausubel y col. (1992). La concentración se determinó espectrofotométricamente. Para determinar la concentración de DNA de doble cadena se aplicó la fórmula  $A_{260} \times \text{inverso de la dilución} \times 50 \mu\text{g/mL} = \mu\text{g/mL de DNA}$  (Green y Sambrook, 2012).

### Electroforesis de DNA en Geles de Agarosa.

El DNA genómico se evidenció por electroforesis en gel de agarosa al 0.8-1% utilizando el regulador de corrimiento TAE 1X, se tiñó con bromuro de etidio y se observó en un transiluminador.

### Amplificación del Gen P-gp por PCR.

Con los iniciadores que fueron diseñados para amplificar el gen *P-gpClu* y el DNA genómico de *C. lusitaniae*, se simplificó la región del gen *P-gpClu* que codificó para la enzima *P-gp* utilizando la técnica de PCR.

### Vectores de Clonación y Expresión Utilizados en este Estudio.

El vector de clonación a utilizar fue pJET 1.2/blunt, el cual fue diseñado para clonar amplificadores de PCR con extremos romos, confiere resistencia a ampicilina, contiene la secuencia del gen *eco471R* codificante de una enzima de restricción letal, dentro de la cual está el sitio de clonación múltiple, sólo sobreviven las portadoras de inserto. Respecto al vector de expresión utilizado fue pET-15b para expresar en *E. coli*. El vector pET-15b está diseñado para favorecer la expresión en forma soluble de proteínas unidas a una cola de histidinas.

### Purificación de los Productos de PCR.

La purificación de los productos de PCR se realizó utilizando el equipo de reactivos comerciales de Zymoclean Gel DNA Recovery Kit (ZymoResearch, CA.USA) para ello previamente se concentraron tales productos de PCR utilizando el equipo Concentrator 5301, después se procedió a correr en un gel de agarosa al 0.8% tales productos para posteriormente cortarlos y fundirlos utilizando el regulador ADB del kit comercial y finalmente se realizaron lavados con el reactivo DNA Wash Buffer y se resuspendieron el producto final en agua inyectable.

### Construcción de los Plásmidos pJET1.2/blunt+P-gpClu y pET-15b- P gpClu.

Para la ligación del purificado se procedió a realizar la siguiente mezcla de reacción seguida de una incubación toda la noche para la posterior transformación en células competentes de *E. coli* DH10B.

| En el vector de clonación<br>(clonar productos de PCR con<br>extremos romos) |                 | En el vector de expresión |           |
|--|-----------------|---------------------------|-----------|
| <b>Componentes</b>   | 1Rx             | <b>Componentes</b>        | 1Rx       |
| <b>Regulador</b><br><b>2X</b>  | 5 $\mu\text{L}$ | <b>Vector Lineal</b>      | 20-100 ng |

|                        |                    |  |                                 |                       |
|------------------------|--------------------|--|---------------------------------|-----------------------|
| <b>Producto de PCR</b> | 50-100 n           |  | <b>Inserto</b>                  | Relación 1:1<br>ó 5:1 |
| <b>DNA Bluntasa</b>    | 1.0 µL             |  | <b>Buffer 10x T4 DNA Ligasa</b> | 2.0 µL                |
| <b>pJET 1.2/blunt</b>  | 50 ng/ µL          |  | <b>Ligasa T4DNA PEG</b>         | 5 Unidades<br>2.0µL   |
| <b>T4 DNA Ligasa</b>   | 5 unidades<br>1 µL |  | <b>Volumen total</b>            | 20 µL                 |
| <b>Volumen total</b>   | 10 µL              |  |                                 |                       |

**Tabla 1.** Reactivos usados en la ligación de insertos en plásmidos. Para completar la ligación de plasmado con vector insertado se usa la mezcla de reactivos descrita en la tabla, incubando por una noche para completar la transformación de las células.

### Transformación.

A una alícuota de 100 µL de células competentes de *E. coli* DH10b ó BL21 se le adicionaron 5 µL de la mezcla de ligación o del plásmido recombinante. Esta mezcla se incubó por 45 min en hielo y se dio un choque térmico a 43°C durante 90 s. A la mezcla se le agregaron 500 µL de medio LB y se procedió a incubar a 37°C durante 45 min, posteriormente se plaquearon cajas con agar LB bajo en sal suplementado con ampicilina (50 mg/mL). Las cajas se incubaron durante 24 h a 37°C. Todas las colonias se seleccionaron como transformantes y se sembraron en 2 mL de medio LB bajo en sal con ampicilina (50 mg/mL).

### Extracción de DNA plasmídico.

La extracción de DNA plasmídico de las colonias sospechosas transformantes se llevó a cabo por el método de lisis alcalina (Green y Sambrook, 2012).

### Comprobación por Restricción de la Integración del gen P-gpClu en el Vector de Expresión pCold.

El DNA plasmídico de las transformantes se digirió con las enzimas seleccionadas con base al análisis teórico de restricción. La reacción de restricción se llevó a cabo según las indicaciones del proveedor. La posible construcción genética se sometió a una digestión con la enzima de restricción BamHI y Pst1, a 37°C durante 14 h. Los productos de la digestión fueron sometidos a electroforesis en gel de agarosa al 0.8% utilizando como regulador de corrimiento TAE 1X.

### Confirmación por PCR de la Integración del Gen P-gpClu en el Vector de Expresión pET-15b.

Las construcciones genéticas previamente obtenidas se amplificaron por PCR utilizando tanto los iniciadores que amplifican el gen *P-gpClu*, así como los iniciadores (descritos en materiales y métodos) que amplifican una región del vector de expresión pET-15b más el gen *P-gpClu*, a partir del DNA total aislado de las transformantes sospechosas para comprobar la clonación.

## Resultados

### Alineamiento de las Secuencias de la P-gp de *C. lusitaniae* con la del *H. sapiens*.

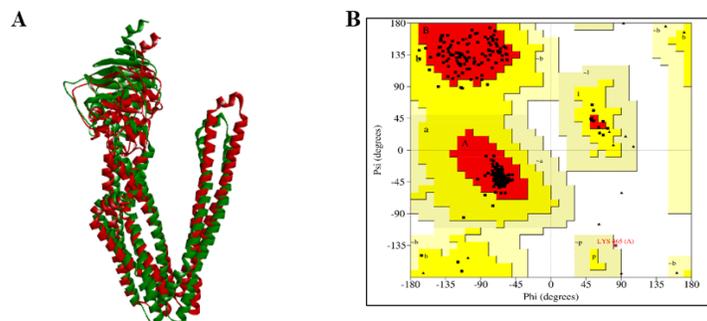
Se realizó un alineamiento de la P-gp de *C. lusitaniae* (P-gpClu) y la de *H. sapiens* (P-gpHs), utilizando el programa Water-Smith y obteniéndose un porcentaje de identidad del 43.2% y de similitud del 66.3% e identificándose los sitios altamente conservados de las secuencias, mismos sitios que se remarcan con color cyan (dominio de unión a ATP) y fushia (residuos de aminoácidos que participan en la unión a ATP), tal como ha sido reportado en células eucariotas como *H. sapiens* y fúngicas como *Saccharomyces cerevisiae*.

|              |     |   |     |
|--------------|-----|---|-----|
| Homo sapiens | 9   | KLLGLAYFERRLLAAVGLTMSVISMFAFFLQKIID-----        | 47  |
| C. lusitanae | 63  | KRLRLAERFRRSGLALCLATSTYMLVYFYSKRIITTKKEDKENE    | 113 |
| Homo sapiens | 48  | -----VITMPTVYVYEMILKCLGLAVFLCGAANAIKIVYIMTSG    | 90  |
| C. lusitanae | 113 | EREKPELILGLPFTQYTS-----GLVILFVCGSIAMFORIYLLRQVQ | 184 |
| Homo sapiens | 91  | QRIVRLSTLSPSILKQVAFDP-----KTRTGEIMRLSDTALLGR    | 134 |
| C. lusitanae | 185 | ERHVARLRSRFAVRLVQDSYFFDVQPTQKMGKTDGLISLSSDTQIKK | 204 |
| Homo sapiens | 135 | SVTENLSGLRAGAQAVGISMFFVFSRLATVLSVVPFVPIAVIYGR   | 184 |
| C. lusitanae | 205 | SELSMISDGAASLISGCVLHMCCVSWKLTCHSLIPFPLIMSTVGR   | 254 |
| Homo sapiens | 185 | YLRKLTIVTQSLAQATLAEKIQNIVRVAFGKEMTEIKYASVDVY    | 234 |
| C. lusitanae | 255 | RIRKLSRTIQDLSHMPVSEKFMKLEPLQSPAQQAQVRETRWFEDI   | 204 |
| Homo sapiens | 235 | NQLARKEAFRAGFFGATGLGNLIVLSVLYKGLMGSAMHIVGELSP   | 284 |
| C. lusitanae | 305 | FHKMLGSLGQVTSVMGFLGRITLIGLVVGSRLITAGEITIGDLSF   | 354 |
| Homo sapiens | 285 | IMYAPVQISIGLSPFYSIMKGLGAGGLWELEREPLFPFMEQVILN   | 334 |
| C. lusitanae | 385 | MHYAVTGSVPGLGNFTTEIMKGIKAERIFELIESKPIITSLGRVD   | 404 |
| Homo sapiens | 335 | EKSPQGLRFRPQVAVRARRVVFQDFSLIPGQVITALV           | 384 |
| C. lusitanae | 405 | --MLSGLEKSMWFAVSRGAVLIVLNLIRKGGCVLVA            | 452 |
| Homo sapiens | 385 | TVSKLLLYDACTLSDKNDIAQLPWRASRIGTVGQSLKSCSE       | 424 |
| C. lusitanae | 452 | YVQKQKSRFQFSGKDFRFRFVSRKSLRFRSRRVQVQKSPKSSSE    | 502 |
| Homo sapiens | 425 | AEKIVGNDSPSTAKICLQVAFANVAFVIMFQKPTITQCK         | 481 |
| C. lusitanae | 502 | SRPLRPLPSSVGGELVYASRSGSIVFVPLRPFVPLIGQSSDGS     | 552 |
| Homo sapiens | 482 | VLRGGQGGKIALKLLVPLPFLIDGACGKQKASGKTVGKALRQMG    | 521 |
| C. lusitanae | 552 | AKLGGQKRIKLANIIRKPLILQATFALDRSRETVTRHSDTICK     | 599 |
| Homo sapiens | 522 | CEKVVTVASRSTFASRHMVAVDQDCTVYQKMLRHPQVYSE        | 570 |
| C. lusitanae | 600 | RSQVITLAKSLTAKSRKLLVETKGVLEDGKTEKLLGSRKLSM      | 649 |
| Homo sapiens | 579 | LNHQRE 585                                      |     |
| C. lusitanae | 650 | LNHQRE 656                                      |     |

**Figura 1.** Alineamiento de las secuencias de aminoácidos de la P-gpClu y P-gpHs. Se muestran los sitios consenso: en cyan se muestra el dominio de casete de unión a ATP. En fushia se resaltan los residuos de aminoácidos que participan en la unión al ATP.

Se generó el modelo 3D de P-gpClu (Figura 2), tomando como molde la P-gpHs obtenida de la base de datos del Protein Data Bank, pues aún no hay una estructura cristalizada de dicha proteína para ninguna especie de *Candida*. Cabe resaltar que no existen en la literatura reportes de la elucidación de la estructura 3D de la P-gpClu, siendo este el primer trabajo en obtenerla y revelar la gran semejanza estructural que existe entre las P-gpClu y P-gpHs. Sin embargo, si se ha utilizado la técnica de modelamiento por homología para la generación de la 3D de P-gpHs (Shintre et al., 2013). Cabe mencionar que los únicos reportes que se tienen utilizando esta técnica para la generación del modelo 3D de la P-gp estudiada en este trabajo es en *H. sapiens*.

Una vez obtenido el modelo de P-gpClu se procedió a verificar su calidad mediante la obtención de un gráfico de Ramachandran el cual compara la estereoquímica del modelo obtenido con la proteína molde empleada, los resultados mostraron que el 95.6 % de residuos de aminoácidos se localizaron en las zonas A, B y L del gráfico obtenido (regiones rojas), lo cual corrobora la calidad del modelo previamente generado.



**Figura 2.** Sobrelapamiento y evaluación de la P-gpClu. A) se muestra el sobrelapamiento de la P-gpClu (rojo) y P-gpHs (verde). B) Gráfico de Ramachandran en donde se muestran en rojo las zonas permitidas, en amarillo zonas menos permitidas y en beige zonas desfavorables.

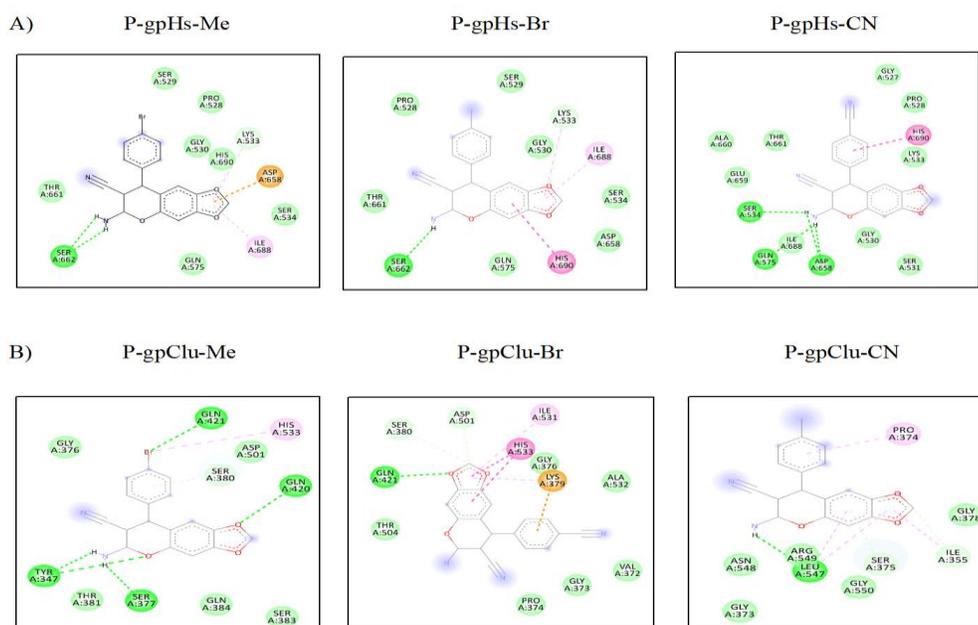
Una vez obtenido el modelo 3D de P-gpClu se realizaron mediante estudios de dockin molecular sitio dirigido las interacciones entre las moléculas 3D de los derivados de benzopiranos y la P-gpClu. Se obtuvieron 100 conformaciones para cada interacción, eligiéndose la conformación que arrojó el valor de menor energía posible. En Tabla 1 se muestran los resultados de los valores de energía de unión expresados en unidades de kcal/mol entre nueve de los derivados de benzopiranos y el sitio activo de la P-gpClu, en donde los mejores valores de energía de unión se

observaron en los compuestos con relación al compuesto de referencia (Laniquidar). Además, se observó que tales valores fueron más negativos en *C. lusitaniae* lo cual nos sugiere que tales compuestos podrían ser una opción en el tratamiento antimicótico. En Figura 9 se muestran como ejemplo los resultados de algunas de las interacciones entre tres de los nuevos derivados de benzopiranos y la P-gpClu y su comparación con la de P-gpHs, se muestra que los compuestos reconocieron residuos de aminoácidos que forman parte del dominio de unión a ATP (GPSDGSCKS), conservándose alguno de los siguientes residuos de aminoácidos Pro528, Ser529, Gly530, Lys533, Ser534 en *H. sapiens* y en *C. lusitaniae* Gly373, Pro374, Gly376, Gly376, Ser377, Lys379 y Ser380.

**Tabla 1.** Valores de energías de unión entre derivados de benzopiranos y el sitio activo de las P-gp de *Candida* spp.

| Compuesto  | P-gp              |                      |
|------------|-------------------|----------------------|
|            | <i>H. sapiens</i> | <i>C. lusitaniae</i> |
| Br         | -5.46             | -6.2                 |
| Cl         | -5.38             | -6.05                |
| CN         | -5.66             | -6.3                 |
| F          | -5.01             | -6.48                |
| H          | -5.01             | -7.23                |
| Me         | -5.56             | -6.44                |
| NO2        | -4.96             | -5.7                 |
| OMe        | -5.01             | -6.05                |
| Laniquidar | -4.01             | -0.2                 |

\*Los valores de energías de unión se expresan en Kcal/mol.

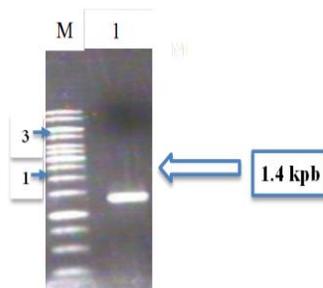


**Figura 3.** Interacción entre los aminoácidos del dominio de unión a ATP de las P-gp de *H. sapiens* (A) y *C. lusitaniae* con los grupos funcionales de los derivados de benzopiranos. Modelos 2D son mostrados.

Las interacciones son mostradas con líneas punteadas: convencionales puentes de hidrógeno (verde), Pi-sulfur (amarilla), Pi-Anion (naranja), Pi-Sigma (morado), Pi-Pi T-shaped (fushia) y Pi-Alkyl (rosa). Los residuos de aminoácidos en los cuales no se observan líneas punteadas están formando interacciones de tipo Van der Waals. Cabe señalar que no ha estudios que hayan reportado este tipo de interacciones, siendo este el primer trabajo y por lo tanto

sugiriendo el uso de estos compuestos como una alternativa en el tratamiento de infecciones ocasionadas por *C. lusitaniae* por reconocer el sitio activo de su P-gp.

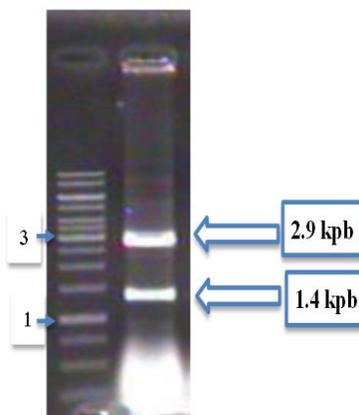
Una vez que se demostró que derivados de benzopiranos reconocen residuos de aminoácidos del sitio activo de la P-gpClu, se procedió a llevar a cabo el diseño de los iniciadores u oligonucleótidos para amplificar la región que codifica para la enzima P-gpClu, considerándose los sitios de corte GGATCC para BamHI y CTGCAG para PstI y expresarlo en el vector pET-15b.



**Figura 4.** Amplificación del gen que codifica para la enzima P-glicoproteína de *C. lusitaniae*. M: marcador 1Kb, carril 1: amplificado de 1.4 kpb para expresar en el vector pET-15b.

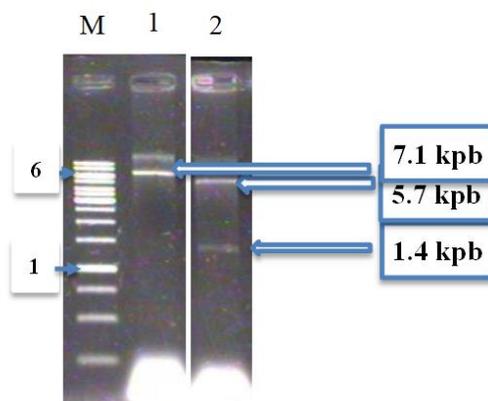
Una vez obtenido el amplificado se procedió a realizar la concentración del producto utilizando el kit Zimoclean™ Gel DNA Recovery, para poder realizar la ligación de los productos de acuerdo en lo descrito en materiales y métodos en el vector de clonación pJET 1.2/blunt. Una vez efectuada la ligación se procedió a realizar la transformación y selección de transformantes.

Se obtuvo la construcción genética (pJET1.2/blunt+HMGRCg) y para comprobarla, se realizó una doble digestión con la enzima BamHI y PstI, obteniéndose dos bandas esperadas, una correspondiente a 1.4 kpb (gen *P-gpClu*) y otra de 2.9 kpb (vector pJET1.2/blunt).



**Figura 5.** Digestión de la construcción (*P-gpClu*+pJET 1.2/blunt). M: marcador de 1Kb, carril 1: productos de digestión con las enzimas BamHI y PstI.

Una vez comprobada la clonación del gen *P-gpClu* en el vector pJET1.2/blunt, mediante doble digestión se obtuvo el fragmento de la P-gpClu de 1.4 kbp, el cual se cortó y purificó para poderlo ligarlo al vector de expresión pET-15b, de acuerdo a lo descrito en materiales y métodos. En la Figura 6 se muestra la comprobación de la construcción (pET-15b+P-gpClu) para expresarla en *E. coli*. Se realizó una doble digestión de la construcción genética (pET-15b+P-gpClu), obteniéndose dos bandas, una correspondiente a 1.4 kpb (gen *P-gpClu*) y otra de 5.7 kpb (vector pET-15b). Por otra parte se linearizó la construcción usando tanto la enzima BamHI como PstI, obteniendo un amplificado de 7 kpb, con lo cual se comprueba la clonación del gen de interés al vector de expresión.



**Figura 12.** Digestión de la construcción (*P-gpClu+pET-15b*). M: marcador de 1Kb, carril 1: productos de digestión con las enzimas BamHI y PstI. 2: productos de la digestión con BamHI.

### Conclusiones

- El alineamiento de las secuencias aminoácidas de la P-gpClu y P-gpHs permitió identificar el dominio conservado de unión a ATP.
- El modelo 3D de la pP-gpClu construido es adecuado, ya que el 90% de residuos de aminoácidos se localizaron en zonas favorables, basándose en el análisis por gráfica de Ramachandran.
- Los estudios de docking molecular permitieron inferir que derivados de benzopiranos podrían emplearse como una alternativa en la terapia antifúngica por reconocer el sitio activo de la P-gpClu.
- Los oligonucleótidos diseñados permitieron la correcta amplificación y clonación del gen P-gpClu.
- La clonación del gen P-gpClu permitirá la sobreexpresión y purificación de la P-gp de *C. lusitaniae*.

### Referencias

- Washington, W. y F. Frank. "Six things you can do with a bad simulation model," *Transactions of ESMA*, Vol. 15, No. 30, 2007.
- Ferté, J. "Analysis of the tangled relationships between P-glycoprotein-mediated multidrug resistance and the lipid phase of the cell membrane". *European Journal of Biochemistry*, Vol. 2, No.262, 2000.
- Hawkins, J. L. y Baddour, L. M. "Candida lusitaniae Infections in the Era of Fluconazole Availability". *Clinical Infectious Diseases*, Vol.2, No.36, 2003.
- Hall, R. A. y Noverr, M. C. "Fungal interactions with the human host: exploring the spectrum of symbiosis". *Current Opinion in Microbiology*, No.40, 2017.
- Houšť, J. Spížek, J. y Havlíček, V. "Antifungal Drugs". *Metabolites*, Vol. 3, N0.10, 2020.
- Nakanishi, T. Doyle, L. A. Hassel, B. Wei, Y. Bauer, K. S. Wu, S. Pumplin, D. W., Fang, H.-B., y Ross, D. D. "Functional characterization of human breast cancer resistance protein (BCRP, ABCG2) expressed in the oocytes of *Xenopus laevis*". *Molecular Pharmacology*, Vo.6, No.64, 2003.
- Shukla, S. Saini, P. Smriti, ha, S. Ambudkar, S. V. y Prasad, R. Functional Characterization of Candida albicans ABC Transporter Cdr1p. *Eukaryotic Cell*, Vo.2, No.6, 2003.
- Vázquez-González, D. Perusquía-Ortiz, A. M. Hundeiker, M. y Bonifaz, A. "Opportunistic yeast infections: candidiasis, cryptococcosis, trichosporonosis and geotrichosis". *JDDG: Journal Der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, Vol.5, No.11, 2013.

### Notas Biográficas

**La Dra. Dulce María Andrade Pavón** es una profesora investigadora de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, ella esta especializada en el área de Biología Molecular de Bacterias y Levaduras, es miembro del sistema nacional e investigadores por parte del CONACYT.

**El Dr. Jorge Omar Gómez García** es un profesor investigador de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, él esta especializado en el área de Química orgánica y el diseño de nuevos fármacos heterocíclicos, es miembro del sistema nacional e investigadores por parte del CONACYT

# Aneurisma Trombosado de la Arteria Basilar: Reporte de un Caso en el Segundo Nivel de Atención

Dr. Rubén Gijón Mitre<sup>(1,5)</sup>, Angel Jacobo Pérez Andrade<sup>(2,5)</sup>,  
Carlos Emiliano Galindo Dorantes<sup>(3,5)</sup>, Francisco de Jesús García Mendoza<sup>(4,5)</sup>,

**Resumen**— Un "aneurisma trombosado" exhibe un trombo intraluminal denso y estructurado cuyo diagnóstico se basa en las imágenes obtenidas por gabinete (tomografía computarizada, resonancia magnética y angiografía), la falta de acceso a ellas constituye un reto diagnóstico en aquellos casos donde se tiene sospecha de lesiones intracraneales expansivas vasculares circulares como lo son los aneurismas gigantes. A continuación, se presenta el caso de un femenino de 65 años a quien se le encuentra una lesión sólida que ejerce un efecto masa dentro de la bóveda craneal como hallazgo fortuito secundario a un Traumatismo Craneoencefálico Moderado que en primera instancia se diagnostica como una tumoración, pero debido a la presentación clínica y características de la lesión se establece como un aneurisma trombosado del tope de la arteria basilar. La angiografía constituye un auxiliar importante en el diagnóstico diferencial de este tipo de lesiones, pero en aquellos casos donde por diferentes cuestiones no se puede acceder a ella (ya sea por falta de infraestructura o por cuestiones socioeconómicas) el estudio a detalle de las estructuras reveladas en la TC y RMN pueden tener un carácter orientador al momento de definir el diagnóstico y tratamiento ulterior.

**Palabras clave**— Intracranial Aneurysm; Basilar Artery Aneurysm; Giant Intracranial Aneurysm; Thrombosed aneurysm; Hydrocephalus.

## Introducción

Un "aneurisma trombosado" es un aneurisma que exhibe un trombo intraluminal denso y estructurado, su diagnóstico se basa en imágenes preoperatorias (tomografía computarizada [TC], resonancia magnética [RM] y angiografía) 1. Aquellos aneurismas intracraneales trombosados suelen ser diagnosticados incidentalmente cuando se realiza un estudio por alguna causa no relacionada o por síntomas sumamente inespecíficos secundarios al efecto masa que ejercen sobre el encéfalo, sobre todo en aquellos aneurismas gigantes<sup>1</sup>. Un aneurisma se clasifica como gigante cuando tiene un diámetro mayor a 25 mm<sup>2</sup>. Estos conforman del 5-8% de todos los aneurismas intracraneales, de estos, el 39-60% se localizan en la arteria carótida interna, seguidos de la arteria basilar (15%), la arteria cerebral media (10-24%) y la arteria comunicante anterior (10%)<sup>2,3</sup>.

Generalmente se cree que la mayoría de los aneurismas intracraneales no rotos son asintomáticos o están presentes con síntomas inespecíficos, como dolor de cabeza o mareos debido al efecto masa que condicionan por su tamaño dentro de la bóveda craneal<sup>4</sup>. El diagnóstico diferencial con masas neoplásicas constituye un reto clínico sobre todo cuando hay limitantes de infraestructura o socioeconómicas. A continuación, presentamos el caso de una paciente de 65 años con diagnóstico incidental de un aneurisma gigante trombosado del tope de la arteria basilar tras sufrir un traumatismo craneoencefálico (TCE) moderado.

## Presentación del Caso

Paciente Femenino de 65 años originaria de Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México y residente de Tehuacán, Puebla, México; quien acude al servicio de urgencias refiriendo debilidad en miembros pélvicos y deterioro abrupto del estado funcional basal de 3 días de evolución posterior a TEC secundario a caída de su propia altura. Se realiza tomografía computarizada (TC) simple de cráneo reportando hematoma subdural laminar, ventriculomegalia leve y masa redondeada de densidad sólida de 32\*31\*35mm, localizada en la porción anterior y parasagital izquierda del tallo cerebral que condiciona compresión por efecto de volumen sobre las cisternas de la base y el tercer ventrículo (Figura 1); en ventana ósea dicha masa se aprecia hiperintensa en su periferia con calcificaciones gruesas en su

<sup>1</sup> Dr. Rubén Gijón Mitre. Médico adscrito al Servicio de Neurocirugía del Hospital Regional de Alta Especialidad ISSTE, Puebla, Puebla.rte, Manila, Veracruz. [neurodecolumna@gmail.com](mailto:neurodecolumna@gmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Estudiante Angel Jacobo Pérez Andrade. Estudiante de la Facultad Medicina del Complejo Regional Sur de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tehuacán, Puebla. [angel.perezandrade@viep.com.mx](mailto:angel.perezandrade@viep.com.mx)

<sup>3</sup> Estudiante Carlos Emiliano Galindo Dorantes. Estudiante de la Facultad de Medicina del Complejo Regional Sur de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tehuacán, Puebla. [angel.perezandrade@viep.com.mx](mailto:angel.perezandrade@viep.com.mx)

<sup>4</sup> Estudiante Francisco de Jesús García Mendoza. Estudiante de la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla.

<sup>5</sup> Capítulo Estudiantil Mission: Brain BUAP

región central (Figura 2), por lo que es referida al servicio de neurocirugía con el diagnóstico de TCE moderado con hidrocefalia secundaria a compresión del tercer ventrículo por tumoración calcificada de fosa posterior.

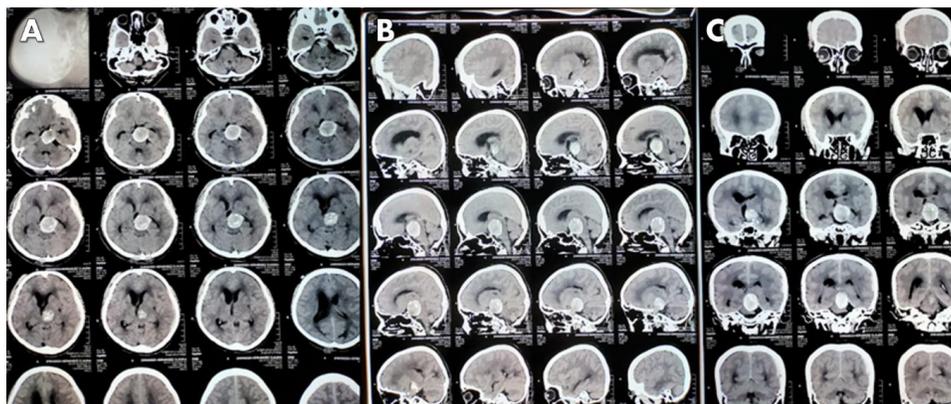


Figura 1. TC de cráneo que muestra hematoma subdural laminar, ventriculomegalia leve y masa redondeada de densidad sólida, cálcica en su periferia y calcificaciones gruesas en su región central de 32\*31\*35mm, localizada en la porción anterior y parasagital izquierda del tallo cerebral que condiciona compresión por efecto de volumen sobre las cisternas de la base y el tercer ventrículo. A. Muestra una vista axial. B Muestra una vista sagital. C. Muestra una vista coronal.

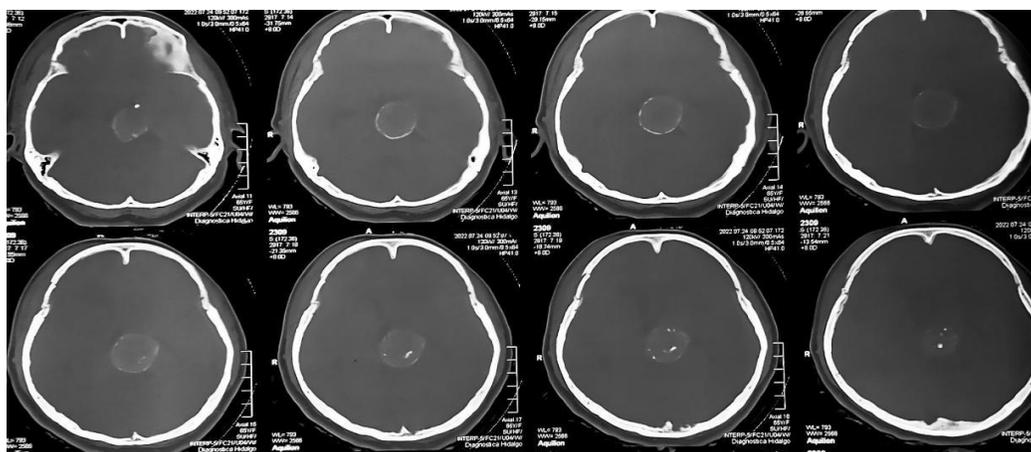


Figura 2. TC de cráneo; ventana ósea que muestra en detalle la masa redondeada de densidad sólida, cálcica en su periferia y calcificaciones gruesas en su región central, localizada en la porción anterior y parasagital izquierda del tallo cerebral.

La paciente no contaba con antecedentes heredofamiliares de eventos o enfermedades neurológicas similares. Se reporta alcoholismo ocasional como única toxicomanía. Entre los antecedentes personales patológicos se documenta hipertensión arterial de 28 años de evolución mal controlada, así como paresia del III par craneal del lado izquierdo de 10 años de antigüedad debido a probable evento cerebrovascular sin clasificar. Como antecedentes quirúrgicos refiere una histerectomía post cesárea hace 30 años sin recordar la indicación del procedimiento y una intervención más debido a hernia inguinal de 15 años de antigüedad.

Respecto a la situación basal previa al traumatismo, la paciente era independiente. Pero hacía 5 años había notado discreta y ocasional debilidad en miembros pélvicos que condicionaba caídas frecuentes pudiéndose catalogar en el grado 1 de 5 en la escala de incapacidad de la Cruz Roja.

En la exploración física se encuentra paciente obnubilada, saturando al 92%, frecuencia respiratoria de 14 rpm, frecuencia cardíaca de 112 lpm, y presión arterial de 145/90 mmHg. Mucosas y tegumentos de adecuada coloración e hidratación. En la exploración neurológica encontramos una Escala de Coma de Glasgow de 12 puntos, funciones mentales no valorables debido a estado de conciencia. Pupila derecha hiporreactiva al estímulo doloroso y luminoso

de 2 mm, pupila izquierda midriática arrefléctica a estímulos de 4 mm. Fuerza de miembros torácicos 3/5, y 1/5 para pélvicos en escala de Daniels. Reflejos de tallo presentes. Reflejos osteotendinosos disminuidos (+/++++), resto de la exploración sin alteraciones aparentes. Dentro de los laboratorios no se encontraron anomalías de importancia. Se solicita RMN donde se puede distinguir masa circular heterogénea, en la ponderación T2 presenta bordes hiperintensos, hipointensa en la zona pericentral e hiperintensa en el interior (indicando la presencia del trombo) en región del tope de la basilar, a nivel de la cisterna peduncular (Figura 3); en el estudio no se observa cola dural. Dada la cronología clínica y los estudios de imagen se establece el diagnóstico de TCE moderado, hematoma subdural laminar parietal izquierdo y aneurisma trombosado del tope de la arteria basilar. Sin posibilidad de reforzar el diagnóstico mediante angiografía por la falta de infraestructura de la región y de recursos económicos de la familia para acceder a un tercer nivel de atención.

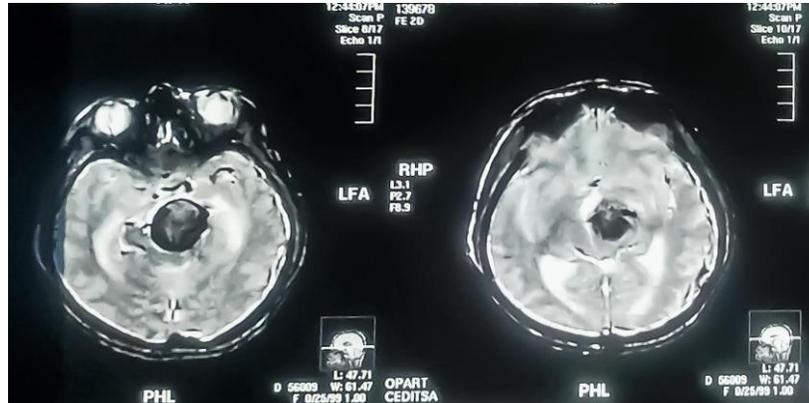


Figura 3. RMN de encéfalo; detalle al nivel de la cisterna interpeduncular. Donde se observa masa circular heterogénea hipointensa en la periferia e hiperintensa en el interior (trombo) en región del tope de la basilar, en el estudio no se observa cola dural.

Con lo explicado anteriormente, siendo causa de la hidrocefalia la obstrucción del tercer ventrículo debido al efecto de masa del aneurisma, y debido a la limitación económica de la familia, se programa a la paciente para colocación de válvula de derivación ventrículo peritoneal (DVP) para alivio de la hidrocefalia. Se realiza colocación de válvula de DVP por trépano precoronar derecho sin complicaciones intraoperatorias. Egresos de quirófano sin cambios apreciables respecto al preoperatorio, se inicia manejo con corticosteroides, antibiótico profiláctico y AINES. Se solicita TC para corroborar la posición de la válvula de DVP (Figura 4). A las 12 horas después de la cirugía, la paciente se mantiene estable, con oxígeno suplementario, heridas bien afrontadas, sin datos de sangrado, infección o fuga de líquido cefalorraquídeo manteniendo mismo tratamiento médico.

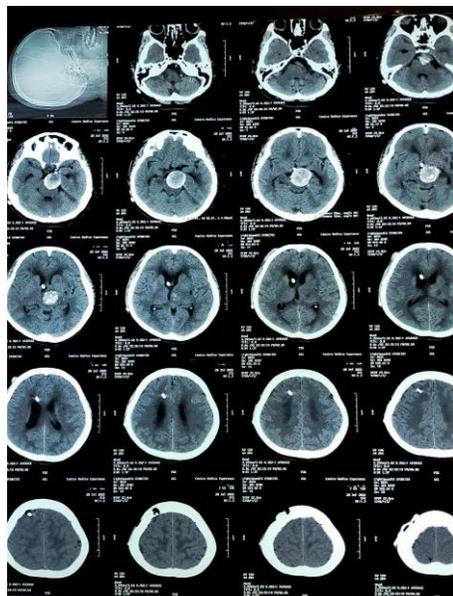


Figura 4. TAC de cráneo. Tomada como control 12 horas posteriores a la colocación de válvula de DVP. Se pueden apreciar los cambios postquirúrgicos en la región parietal superior derecha propios de la intervención, catéter parietal derecho, extremo distal parasagital al tercer ventrículo, hematoma subdural laminar, ventriculomegalia leve y masa redondeada de densidad sólida, cálcica de fosa posterior que condiciona compresión ventricular.

### Discusión

Los aneurismas intracraneales son más comunes en mujeres después de la tercera década de vida<sup>5</sup>. Los aneurismas trombosados gigantes en la fosa craneal posterior suelen causar un efecto de masa además de tener un pronóstico extremadamente malo<sup>6</sup>. Estos aneurismas varían de grandes (15-25 mm) a gigantes (>25 mm) y con frecuencia se presentan con neuropatía craneal relacionada con el efecto de masa que ocasionan<sup>2,7</sup>. Algunos de ellos como los aneurismas de la arteria comunicante posterior (ACoP), la punta basilar y la arteria cerebelosa superior pueden causar parálisis del III par craneal<sup>8</sup>.

Se ha propuesto que los aneurismas intracraneales no rotos pueden llegar a producir eventos cerebrovasculares isquémicos o ataques isquémicos transitorios<sup>9,10</sup>. Aquí cabe resaltar que, aunque nuestra paciente tenía paresia del III nervio craneal (NC III) atribuido a un evento cerebrovascular antiguo, debido a la falta de atención médica al momento de la aparición de dicha paresia, es difícil saber si fue o no consecuencia del efecto de masa ocasionado por el aneurisma o de un émbolo producido por el mismo aneurisma,

Debido al efecto masa no es raro encontrar que los aneurismas trombosados puedan causar hidrocefalia que requiere la instalación de una válvula de DVP<sup>2</sup>, como fue el caso de nuestra paciente cuya hidrocefalia fue consecuencia de la obstrucción por compresión del tercer ventrículo.

La literatura revela que los aneurismas trombosados imitan neoplasias intracraneales, las cuales constituyen un fuerte diagnóstico diferencial<sup>1</sup>, como en el caso de meningiomas, craneofaringiomas, hamartomas, gliomas, teratomas y granulomas<sup>11</sup>, en donde se involucre la fosa y/o la circulación posteriores<sup>12-16</sup>.

En cuanto a la decisión diagnóstica, García Pérez et al., mostraron un caso cuyo diagnóstico de un aneurisma gigante se hizo por tomografía computarizada (TC), la cual reveló el detalle de un aneurisma gigante parcialmente trombosado, por lo que fue necesario realizar una angiografía, que reveló un aneurisma gigante en el ápice basilar<sup>17</sup>. Young-Joon et al. hicieron un reporte en el cual la tomografía computarizada cerebral revela una masa en la cisterna interpeduncular<sup>13</sup>. Al solicitar la angiografía diagnóstica se muestra una porción canalizada, la cual revela el aneurisma. Otro caso presentado por Bhat et al, nos muestran que al solicitar la TC de cerebro se muestra una arteria basilar dilatada y tortuosa, que comprimía el mesencéfalo izquierdo y la protuberancia<sup>6</sup>. La resonancia magnética (RM) del cerebro con angiografía reveló un aneurisma de la arteria basilar parcialmente trombosado. En

nuestra paciente debido a la limitación socioeconómica no se pudo realizar una angiografía por lo que el diagnóstico se basó en las imágenes obtenidas por TC y RMN.

### Conclusiones

La literatura anterior nos muestra que ha habido informes raros en que los que los aneurismas gigantes completamente trombosados han imitado las neoplasias basadas en la presentación clínica inicial debido al efecto masa que provocan en el cerebro y las imágenes obtenidas por tomografía computarizada. La angiografía constituye un auxiliar importante en el diagnóstico de esta, pero en aquellos casos donde por diferentes cuestiones no se puede acceder a ella (ya sea por falta de infraestructura o por cuestiones socioeconómicas) el estudio a detalle de las estructuras reveladas por estudios de gabinete como la TC o IRM puede tener un carácter orientador y al correlacionarse con la presentación clínica se puede obtener un correcto diagnóstico permitiendo definir el manejo y tratamiento ulterior.

### Referencias

- 1.- Nguyen, H. S., Doan, N., Eckardt, G., Gelsomino, M., Shabani, S., Brown, W. D., Mueller, W., & Pollock, G. (2015). A completely thrombosed, nongiant middle cerebral artery aneurysm mimicking an intra-axial neoplasm. *Surgical neurology international*, 6, 146. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.164696>
- 2.- Santos, P. P. D., Pinos, M., Jairala, L., & Santos, J. (1999). Aneurismas Intracraneales Grandes y Gigantes. *Revecutatneurol.com*. <http://revecutatneurol.com/wp-content/uploads/2016/02/Aneurismas-Intracraneales-Grandes-y-Gigantes.pdf>
- 3.- Jeon TY, Jeon P, Kim KH. Prevalence of unruptured intracranial aneurysm on MR angiography. *Korean J Radiol*. 2011 Sep-Oct;12(5):547-53. doi: 10.3348/kjr.2011.12.5.547. Epub 2011 Aug 24. PMID: 21927555; PMCID: PMC3168795.
- 4.- Cianfoni, A., Pravatà, E., De Blasi, R., Tschuor, C. S., & Bonaldi, G. (2013). Clinical presentation of cerebral aneurysms. *European Journal of Radiology*, 82(10), 1618–1622. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.11.019>.
- 5.- Vlak, M. H., Algra, A., Brandenburg, R., & Rinkel, G. J. (2011). Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurology*, 10(7), 626–636. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70109-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70109-0).
- 6.- Yoshida, S., Kamatani, K., Maruyama, K., Hama, Y., Tashiro, N., Hiraoka, F., Yano, S., Aikawa, H., Go, Y. y Kazekawa, K. (2023). Estrategia de tratamiento para el aneurisma trombosado gigante de la arteria basilar con hidrocefalia obstructiva asociada. *Neurología quirúrgica internacional*, 14, 23. [https://doi.org/10.25259/SNI\\_961\\_2022](https://doi.org/10.25259/SNI_961_2022)
- 7.- Bhat, V. y Kodapala, S. (2022). Ataque isquémico transitorio debido a un aneurisma de la arteria basilar no roto. *Cureus*, 14(4), e24102. <https://doi.org/10.7759/cureus.24102>
- 8.- Kim, Y. J. y Ko, J. H. (2012). Tratamiento endovascular de un gran aneurisma de punta basilar parcialmente trombosado. *Revista de la Sociedad Coreana de Neurocirugía*, 51(1), 62–65. <https://doi.org/10.3340/jkns.2012.51.1.62>
- 9.- Calviere, L., Viguier, A., Da Silva, N. A., Jr, Cognard, C., & Larrue, V. (2011). Unruptured intracranial aneurysm as a cause of cerebral ischemia. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 113(1), 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2010.08.016>.
- 10.- Jiranukool, J., Thiarawat, P., & Galassi, W. (2020). Prevalence of intracranial aneurysms among acute ischemic stroke patients. *Surgical Neurology International*, 11, 341. [https://doi.org/10.25259/SNI\\_506\\_2020](https://doi.org/10.25259/SNI_506_2020).
- 11.- Lan ZG, Ma L, Duan J, You C. A fully thrombosed giant posterior inferior cerebellar aneurysm mimicking an intracranial tumour in a child. *Br J Neurosurg*. 2012;26:888–90.
- 12.- Lee W, Hui F, Sitoh YY. Intravascular papillary endothelial hyperplasia in an intracranial thrombosed aneurysm: 3T magnetic resonance imaging and angiographical features. *Singapore Med J*. 2004;45:330–3.
- 13.- Lim DH, Jung S, Jung TY, Kim TS. An Unusual Case of a Thrombosed Giant Distal PICA Aneurysm Simulating a Large Cavernous Angioma. *J Korean Neurosurg Soc*. 2008;43:155–8.
- 14.- Spallone A. Giant, completely thrombosed intracranial aneurysm simulating tumor of the foramen magnum. *Surg Neurol*. 1982;18:372–6.
- 15.- Whittle IR, Dorsch NW, Besser M. Spontaneous thrombosis in giant intracranial aneurysms. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1982;45:1040
- 16.- García-Pérez, D., Panero, I., Eiriz, C., Moreno, L. M., Munarriz, P. M., Paredes, I., Lagares, A. y Alén, J. F. (2020). Edema cerebral extenso retrasado causado por el crecimiento de un aneurisma de ápice basilar gigante tratado con obliteración de la arteria basilar: un informe de caso. *Neurología BMC*, 20(1), 232. <https://doi.org/10.1186/s12883-020-01819-9>

# Depresión en Adolescentes Embarazadas y su Asociación con el Nivel de Resiliencia, Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, 2022

Guadalupe Iracema González Díaz <sup>1</sup>, Imelda García Argueta <sup>2</sup>,  
Marcela Hernández Sánchez <sup>3</sup>, Martha Liliana Palacios Jaimes <sup>4</sup>

**Resumen**—El embarazo adolescente es un problema de salud pública. La Resiliencia permite adaptarse a situaciones de la vida y mejora su calidad. Objetivo: Analizar la asociación entre depresión y nivel de resiliencia en adolescentes embarazadas. Metodología: Estudio observacional, transversal, prospectivo y analítico. Muestra no probabilística por conveniencia. A 101 adolescentes se les aplicó escala de depresión Edinburgo y cuestionario de resiliencia. Resultados: 22.8% con Depresión. 56.5% con resiliencia alta y 43.5% resiliencia moderada ( $p$  valor  $<0.05$ ;  $\chi^2=11.9$ ); 68.3% sin depresión y resiliencia alta, (OR=0.17), en las edades 17 y 19 años fue más frecuente la presencia de depresión en 16% y de estas 75% con resiliencia moderada. 82.2% con nivel educativo secundaria-bachillerato y 96% reportó no trabajar. Conclusiones: La asociación entre Depresión y nivel de Resiliencia fue significativo; el nivel de resiliencia alto fue un protector contra la depresión; las relaciones de género inequitativas representan una barrera para detección oportuna.

**Palabras clave**—Embarazo adolescente, Depresión, Nivel Resiliencia.

## Introducción

La adolescencia es una etapa de transición entre la infancia y la edad adulta, esta etapa ocurre entre los 12 a los 18 años, en esta comienzan cambios físicos repentinos y psicológicos, se presenta una transformación en la capacidad de integración social, de igual forma se conforman nuevas normas y valores, así como se consolida la identidad sexual y afectiva, del mismo modo se forma el autoconcepto que es parte importante de la autoestima (3, 5).

El embarazo adolescente es un fenómeno de importancia en México, se asocia a grupos sociales en condiciones de alta vulnerabilidad, malnutrición y desigualdad de género. Por la inmadurez biológica y psicológica se considera que muchas de estas padecen baja autoestima que resulta en sintomatología depresiva que puede ir desde síntomas leves a severos (9, 11, 12, 22).

La depresión es un trastorno mental, que se caracteriza por la presencia persistente de tristeza, pérdida de interés y la incapacidad de llevar a cabo las actividades diarias durante 14 días o más. La etiología es el resultado de factores genéticos y del medio ambiente que impactan en la fisiología cerebral (18, 19).

El término resiliencia se refiere al aprendizaje, transformación y adaptación a situaciones de la vida cotidiana, es un proceso dinámico en el que las influencias del ambiente y del individuo interactúan en una relación recíproca que permite a la persona estabilizarse y reacomodarse a pesar de la adversidad. Existen factores que pueden compensar y proteger a la persona ante la presencia de algún estresor, a estos se les llama factores protectores; los factores protectores internos se refieren a resolución de problemas, los externos a redes de apoyo y por último la empatía se refiere más al comportamiento altruista y prosocial (34, 38, 39, 40).

Según las características de la personalidad de las personas se consideran tres niveles de resiliencia: Baja: La persona no maneja bien la presión, no sabe aprender de las malas experiencias y requiere tiempo para afrontar las situaciones de crisis de forma correcta; Moderada: Posee muchas de las aptitudes de una persona resiliente, pero por diferentes circunstancias no ha sabido potenciarla; Alta: Cuenta con habilidades para la solución de problemas de manera productiva, con la posibilidad de encontrar apoyo de la familia y/o personas significativas; tienen un

<sup>1</sup> M.C. Guadalupe Iracema González Díaz. Universidad Autónoma del Estado de México. Especialidad en Salud Pública. ggonzalezd009@alumno.uaemex.mx

<sup>2</sup> Dra. en C.A. y R.N. Imelda García Argueta. Universidad Autónoma del Estado de México. Especialidad en Salud Pública. jgarciaa@uaemex.mx

<sup>3</sup> Dra. en Educ. Marcela Hernández Sánchez. Universidad Autónoma del Estado de México. Especialidad en Salud Pública.

<sup>4</sup> Mtra. Martha Liliana Palacios Jaimes. Universidad Autónoma del Estado de México. Especialidad en Salud Pública.

comportamiento altruista y prosocial. Dentro de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud habla sobre la construcción de sistemas de salud resilientes y se aborda la importancia del desarrollo de la resiliencia (35, 45).

Existen diferentes instrumentos para llevar a cabo la detección de depresión durante el embarazo y puerperio, uno de estos instrumentos es la Escala de depresión posparto de Edinburgo. (The Royal College of Psychiatrists 1987. Translated from Cox. JL Holden JM & Sagovsky R. (1987), consta de 10 ítems con cuatro opciones de respuesta, Puntuación  $\geq 10$  se considera con Depresión. Este instrumento es útil para detección de depresión durante el embarazo, fue validado en 209 pacientes del “Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes” durante la etapa perinatal, cumple con los criterios de brevedad y validez, con una alta sensibilidad  $\alpha=0.965$  (31).

Para medir el nivel de resiliencia existen instrumentos varios; uno de ellos, el cuestionario de resiliencia para niños y adolescentes de González Arratia (2011), consta de 32 ítems con cinco opciones de respuesta, las puntuaciones van de mínima 32 a máxima 160: Resiliencia baja se considera con puntuaciones de 32 a 74 puntos, Resiliencia moderada de 75 a 117 puntos y Resiliencia alta va de 118 a 160 puntos. Este instrumento fue validado en niños y adolescentes de 10 a 19 años que se encontraban institucionalizados en albergues temporales de infantiles, Villa hogar y Villa juvenil, pertenecientes al sistema Desarrollo Integral de la Familia del Estado de México, cuenta con una confiabilidad de la prueba total Alpha de Cronbach  $\alpha=.9192$  (39).

## Metodología

### Procedimiento

Objetivo: Analizar la asociación entre la depresión y el nivel de resiliencia en adolescentes embarazadas, Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, 2022.

El tipo de Estudio fue observacional, transversal, prospectivo y analítico; la muestra fue no probabilística por conveniencia y participaron 101 adolescentes embarazadas. La investigación se enfocó en estudiar la depresión y la resiliencia en adolescentes de 12 a 19 años independientemente de las semanas de gestación del Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, para esto se encuestaron a pacientes que acudieron a consulta externa y al servicio de urgencias (pacientes en pródromos de trabajo de parto ó sin trabajo de parto activo y sin complicaciones), de manera directa e individual durante los meses de julio-diciembre 2022. Los datos obtenidos se clasificaron y tabularon con técnicas estadística descriptiva; para analizar la asociación entre las variables se utilizó la prueba Chi cuadrado, el coeficiente de V de Cramer, el coeficiente Phi y el Odds Ratio.

## Resultados

Se observó que el 22.8% de las adolescentes embarazadas estudiadas se detectó con Depresión, de estas el 56.5% presentaron resiliencia alta y el 43.5% resiliencia moderada; así mismo, en las pacientes de 17 y 19 años de edad fue más frecuente la presentación de depresión en un 16% y de estas el 75% tuvieron resiliencia moderada; de igual manera el 40% de las pacientes que viven en Zinacantepec se refirieron con depresión y de estas el 83.3% presentó resiliencia moderada; así como que el 21% de las adolescentes que no trabajan se detectó con depresión y de estas el 90.5% tenían resiliencia moderada; en cuanto al nivel educativo, de las pacientes con secundaria y bachillerato el 20% presentó depresión y de estas el 65% tenían resiliencia moderada; según el tipo de familia, las adolescentes que provenían de familia extensa el 72.2% se detectó con depresión y de estas el 30.8% presento resiliencia moderada; en cuanto al estado civil, el 27.4% de las adolescentes que viven en unión libre presentaron depresión y de estas el 60.9% se refirió con resiliencia moderada; por último el 68.3% de las adolescentes se encontraron sin depresión y con resiliencia alta.

La asociación estadística, se realizó con un p valor de 0.05, con un nivel de confianza del 95% y 2 grados de libertad, el Chi cuadrado de independencia calculado fue de  $\chi^2=11.9$ , así pues, existió asociación estadísticamente significativa entre la Depresión y el nivel de Resiliencia en las adolescentes embarazadas. De igual manera el Coeficiente V de Cramer fue de  $V=0.34$ , es decir que la asociación entre ambas es moderada; el coeficiente Phi calculado fue de 0.34, es decir que existe asociación positiva entre las variables, el crecimiento en el número de pacientes con nivel de resiliencia moderada aumentó también la presentación de depresión; el Odds Ratio, dio un

resultado de OR de 0.17, esto que indicó que la presencia de nivel de resiliencia alta tuvo un efecto protector para la ocurrencia de depresión en adolescentes embarazadas.

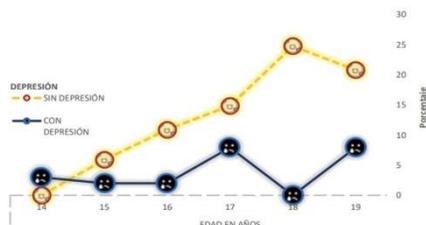
Se observó que el 83.2% de las adolescentes embarazadas estudiadas viven en unión libre, el 96% no trabajan, el 55% cuenta con nivel educativo secundaria y 27% con bachillerato, la tasa de prevalencia de depresión en adolescentes embarazadas fue de 56.5%, de igual forma, se observó que el 90% de las adolescentes embarazadas ignoraron qué es resiliencia, el 57.4% no supieron decir qué es depresión y desconocieron cómo detectarlo, el 87% no tenían información sobre dónde solicitar ayuda u orientación al respecto y el 23% comentaron que no existen psicólogos en los centros de salud cercanos a su domicilio.

Depresión y nivel de resiliencia en adolescentes embarazadas, Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, 2022.

| NIVEL RESILIENCIA | ALTA |      | MODERADA |      | TOTAL |       |
|-------------------|------|------|----------|------|-------|-------|
|                   | F    | %    | F        | %    | F     | %     |
| SIN DEPRESIÓN     | 69   | 68.3 | 9        | 8.9  | 78    | 77.2  |
| CON DEPRESIÓN     | 13   | 12.9 | 10       | 9.9  | 23    | 22.8  |
| TOTAL             | 82   | 81.2 | 19       | 18.8 | 101   | 100.0 |

Fuente: Concentrado de datos.  
Notas aclaratorias: F: Frecuencia, %: Porcentaje.  
Pruebas Estadísticas: Chi Cuadrado de Independencia (Chi=11.9).

Depresión y edad en adolescentes embarazadas, Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, 2022.



Nivel de resiliencia y edad cronológica de las adolescentes embarazadas, Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, 2022.



## Análisis

Se encontró asociación estadísticamente significativa entre la depresión y el nivel de resiliencia en las adolescentes embarazadas con un p valor de 0.05, con nivel de confianza del 95%, el Chi cuadrado fue de 11.9, la V de Cramer fue de 0.34 y el Coeficiente Phi de 0.34, esto indicó asociación moderada y positiva. Se observó también que el 83.2% de las adolescentes embarazadas viven en unión libre, el 96% no trabajan, el 55% cuenta con nivel educativo secundaria y 27% con bachillerato, lo que habla de un entorno social marcado por las relaciones de género inequitativas; de igual forma, el 22.8% de estas se detectó con depresión y cuya tasa de prevalencia fue de 56.5%. Al respecto Maldonado-Durán M. (2011) menciona que las principales causas de depresión en adolescentes que se encuentran embarazadas son de índole psicosocial y que cuando la depresión no es grave, puede ser difícil distinguir los síntomas depresivos de las quejas comunes durante del embarazo (13, 17).

En este estudio el 57.4% de las adolescentes ignoraron qué es depresión y cómo detectarlo, el 87% no tenían información sobre dónde solicitar ayuda u orientación al respecto, lo anteriormente mencionado representa una barrera importante para la detección oportuna de la depresión. Maldonado-Durán M. (2011) indica que hay importantes barreras para la detección de la depresión perinatal, pues culturalmente se considera a la gestación como un “período feliz”; de igual forma y siguiendo el punto anterior, Albaro Estramiana (2010) menciona que los desequilibrios en la estructura social, las desigualdades sociales, el bajo acceso a seguridad social, tienen un peso significativo en la probabilidad de que se desarrolle una mayor sintomatología depresiva (17, 19).

En la presente investigación se encontró asociación significativa entre la depresión y el nivel de resiliencia, así como, que el nivel de resiliencia alta tuvo un efecto protector para la ocurrencia de depresión, de la misma forma que de las pacientes con depresión el 43.5% presentó resiliencia moderada y que el 90% de las embarazadas ensuestadas desconocían qué es resiliencia, lo anterior representa un obstaculo que dificulta el desarrollo de la misma como factor protector para la aparición de depresión. González Arratia (2011) explica que a mayor resiliencia, mayores recursos positivos de la personalidad, lo que genera habilidades para ser más eficaces ante la adversidad (39).

## Conclusiones

El objetivo del presente estudio fue analizar la asociación entre la depresión y el nivel de resiliencia en las adolescentes embarazadas de 12 a 19 años del Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz, independientemente de las semanas de gestación, para esto, se encuestaron a pacientes que acudieron a consulta externa y al servicio de urgencias de manera directa e individual durante los meses de julio-diciembre 2022.

Los datos obtenidos arrojaron una asociación estadísticamente significativa entre la depresión y el nivel de resiliencia en las adolescentes embarazadas, con un p valor de 0.05 y con nivel de confianza del 95% se obtuvo un

Chi cuadrado calculado de 11.9, la V de Cramer fue de 0.34 y el Coeficiente Phi de 0.34, lo anterior indicó que la asociación fue positiva entre las variables y el crecimiento en el número de pacientes con nivel de resiliencia moderada aumentó también la presentación de depresión, de igual forma, el Odds Ratio fue de 0.17, lo que quiere decir que el nivel de resiliencia alta tuvo un efecto protector para la ocurrencia de depresión en adolescentes embarazadas.

También se observó que las edades que con más frecuencia presentaron depresión y resiliencia moderada fue de 17 y 19 años; la mayoría de las pacientes que viven en Zinacantepec se detectaron con depresión y resiliencia moderada, así como, las adolescentes con depresión se encontraron en unión libre y la mayoría de estas presentaron resiliencia moderada, de la misma forma, la mayoría de estas no trabajan y presentaron depresión y resiliencia moderada, el mayor número de las pacientes con depresión tienen secundaria y bachillerato y presentaron resiliencia moderada; se observó que el 90% de las adolescentes embarazadas ignoraron qué es resiliencia, el 57.4% no supieron decir qué es depresión y desconocieron cómo detectarlo, el 87% no tenían información sobre dónde solicitar ayuda u orientación al respecto, lo anteriormente descrito, habla de un contexto marcado por las relaciones de género inequitativas, lo que representa una barrera para detección oportuna, significa una situación de vulnerabilidad y aumenta la probabilidad para la presentación de depresión.

### *Recomendaciones*

Se propone, realizar estudios dirigidos principalmente a zonas conurbadas, ya que en esas zonas es donde se presentan los cinturones de pobreza.

Así como, efectuar investigación de tipo operativa del programa de salud materna, donde se verifiquen entre otras cosas las redes de atención psicológica para las mujeres embarazadas.

Por último, se propone llevar a cabo investigaciones de tipo cualitativas con intervenciones específicas para prevenir la presentación de depresión y ayudar a desarrollar resiliencia en adolescentes embarazadas, utilizando entre otros la consejería individual o grupal y observar el impacto.

### **Referencias**

1. Equipo Médico del Erin O. Anatomía y fisiología para Dummies. Barcelona (España). Centro Libros PAPP, S.L.U. Grupo Planeta; 2018. Pp 720-757.
2. Hidalgo M. et al. Adolescencia. Aspectos físicos, psicológicos y sociales. Anales de Pediatría Continuada. 2014. Vol.12. Núm. 1. Pp 42-46.
3. Secretaría de Salud. ¿Qué es la adolescencia?. 23 de abril de 2019 [citado el 5 de verano de 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/censia/es/articulos/que-es-la-adolescencia-131305?idiom=es>
4. Castro F. et al. Embarazo adolescente. Instituto Nacional de Salud Pública: 1ra edición. Comunicación Científica y Publicaciones del Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca Morelos, México. 2015.
5. Espinosa L. Crecimiento y comportamiento en la adolescencia. Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría. No 90. Junio 2004. Pp. 57-71.
6. Fondo de Población de las Naciones Unidas. Consecuencias socioeconómicas del embarazo adolescente en México. Agosto 2020. Informe de Situación. Pp 1-24
7. CENETEC. Prevención, diagnóstico y manejo de la depresión prenatal y postparto en el primer y segundo niveles de atención. Guía de Práctica Clínica: Evidencias y Recomendaciones. Guía de Referencia 2021.
8. López P. Embarazo adolescente, grave problema social. Órgano Informativo de la Universidad Nacional Autónoma de México. Gaceta UNAM. Septiembre 2021.
9. Grupo Interinstitucional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes. Estrategia Nacional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes (ENAPEA). Secretaría de Salud. Informe 2019. México, Distrito Federal.
10. Echarrí Cánovas C. J. Interseccionalidad de las desigualdades de género en México. Consejo Nacional de Población y Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres. Ciudad de México. 1a Edición junio 2020.
11. Heredia V. et al. El embarazo en la adolescencia, causas y consecuencias desde el ámbito psicológico. Revista Polo Conocimiento. Edición Núm. 13. Vol. 2. No. 11. Noviembre 2017. Pp. 189-200.
12. Secretaría de Salud. Estrategia Nacional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes. Instituto Nacional de las Mujeres. 22 de diciembre de 2021 [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/inmujeres/acciones-y-programas/estrategia-nacional-para-la-prevencion-del-embarazo-en-adolescentes-3345>
13. García Hernández G. E. Embarazo adolescente y pobreza, una relación compleja. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México. Julio-Diciembre 2014. Vol. 77. Pp. 13-53.
14. Stern C. Vulnerabilidad social y embarazo adolescente en México. El Colegio de México. Enero-Marzo 2004. Vol.10. No.39.
15. Secretaría de salud. Embarazo en la adolescencia pone en riesgo la salud. 26 de septiembre de 2016 [citado mayo 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/articulos/embarazo-en-la-adolescencia-pone-en-riesgo-la-salud>
16. Mirabal G. et al. Repercusión biológica, psíquica y social del embarazo en la adolescencia. Revista Cubana Enfermer. 2012. Vol. 18. No. 3. Pp 175-183.
17. Maldonado-Durán M. Salud mental perinatal. Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C. 2011. Pp 4-165.

18. Organización Mundial de la Salud. Depresión: hablemos dice la OMS. 30 de marzo de 2017 [citado marzo 2022]. Disponible en: [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13102:depressionletstalksayswhoasdepressiontopslstofcausesoffillhealth&Itemid=1926&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=13102:depressionletstalksayswhoasdepressiontopslstofcausesoffillhealth&Itemid=1926&lang=es)
19. Álvaro Estramiana J. L. et al. Causas Sociales De La Depresión: Una revisión crítica del modelo atributivo de la depresión. Revista Internacional de Sociología. Mayo-Agosto 2010. Pp 333-48.
20. Montesó Curto P. et al. Factores sociológicos que influyen en el desarrollo de la depresión en las mujeres. Revista Científica Universidad de Murcia. Diciembre 2011. Pp 1-22.
21. Vargas Isla L. E. Lecturas de la depresión. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. 1a Edición 2005. Producción editorial DEC. Impreso y hecho en México. Pp 7-10
22. Lander R. Depresión en niños y adolescentes. Editorial Psicoanalítica. Caracas 2011. Pp 39-57.
23. Asociación Americana de Psiquiatría. Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM 5. Asociación Americana de Psiquiatría. Arlington, V.A 2014. Pp 103-128
24. Secretaría de Salud. Salud mental: fundamental entre los jóvenes. 10 de octubre de 2018 [citado mayo 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/articulos/salud-mental-fundamental-entre-los-jovenes>
25. Voltas N. y Canals J. La depresión en la adolescencia: ¿Un problema enmascarado?. Universidad Rovira (URV). 2019. [citado marzo 2022]. Disponible en: [http://www.injuve.es/sites/default/files/adjuntos/2019/06/2.\\_la\\_depresion\\_en\\_la\\_adolescencia\\_un\\_problema\\_enmascarado.pdf](http://www.injuve.es/sites/default/files/adjuntos/2019/06/2._la_depresion_en_la_adolescencia_un_problema_enmascarado.pdf)
26. Capellino R. et al. Depresión subclínica: un problema no visibilizado. Vertex, Revista Argentina de Psiquiatría, Vol 30. 2019. Pp 253-258.
27. Organización Mundial de la Salud. Día Mundial de la Salud Mental: la depresión es el trastorno mental más frecuente. Informe 9 de octubre de 2012. [citado abril 2022]. Disponible en: [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73\\_05:2012-dia-mundial-salud-mental-depresion-trastorno-mental-mas-frecuente&Itemid=1926&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=73_05:2012-dia-mundial-salud-mental-depresion-trastorno-mental-mas-frecuente&Itemid=1926&lang=es)
28. Instituto Nacional De Salud Pública. Analizan la depresión posparto y la depresión materna en México. Cuernavaca, Morelos. México. 26 agosto 2020. [citado abril 2022]. Disponible en: <https://www.insp.mx/avisos/4137depresionpospartomx.html#:~:text=A%20nivel%20mundial%20se%20estima%20que%20la%20prevalencia,otra%20etapa%20de%20su%20vida%20%28%205%2C%207%29>
29. CENETEC. Catalogo Maestro de Guías de Práctica Clínica. Prevención, diagnóstico y manejo de la depresión prenatal y posparto en el primero y segundo niveles de atención. 2021.
30. Instituto Nacional de Salud Mental. Depresión. Publicación de NIH. Núm. SP 09. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. 2009. Pp 2-11.
31. CENETEC. Catalogo Maestro de Guías de Práctica Clínica SSA-161-09. Diagnóstico y Tratamiento del Trastorno Depresivo. Guía de Referencia Rápida. 2009.
32. Martínez-Paredes J. et al. Depresión en el Embarazo. Revista Colombiana de Psiquiatría. Elsevier España, S.L.U. 2019. Vol. 48. No. 1. Pp 58-65.
33. Jill J. Detección de la Depresión. American Medical Association. Vol. 315. No. 4. 2016. Pp 1-2
34. Lozada L. México país de resiliencia. Milenio. el 1 de junio de 2014. Sección Opinión. [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www.milenio.com/opinion/luis-lozada-leon/opinion/mexico-pais-de-resiliencia>
35. Páez Cala M. L. La salud desde la perspectiva de la resiliencia. Archivos de Medicina. Volumen 20. No 1. 2020. Pp 203-2016.
36. Amar Amar J. et al. Nuevo abordaje de la salud considerando la resiliencia. Artículo de Reflexión. Salud Uninorte. Barranquilla. Vol. 29. No 1. 2013. Pp 124-133.
37. Rafael A. Salud Pública y medicina Preventiva. Manual Moderno. 3a edición. pp 3-40.
38. Becoña Iglesias E. Resiliencia: Definición, Características y Utilidad Del Concepto. Facultad de Psicología, Universidad de Santiago de Compostela. Revista de Psicopatología y Psicología Clínica. 2006. Vol. 11. No.3. Pp 125-146.
39. González Arratía, López Fuentes N. I. Resiliencia y personalidad en niños y adolescentes, Cómo desarrollarse en tiempos de crisis. 2a Edición. Diseño y producción editorial: Eón. Impreso y hecho en México. Agosto 2016. Pp. 11-147
40. Bravo-Andrade H. et al. Propiedades psicométricas del cuestionario de resiliencia para niños, niñas y adolescentes en estudiantes de bachillerato mexicanos. Acta Colombiana de Psicología. Vol.22. No 2. 2019. Pp 292-305.
41. Aguilar Mendoza N. Los factores de la resiliencia. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Formación Integral. [citado mayo 2022]. Disponible en: [https://portalacademico.cch.unam.mx/sites/default/files/boletin\\_resiliencia.pdf](https://portalacademico.cch.unam.mx/sites/default/files/boletin_resiliencia.pdf)
42. Flórez de Alvis L. M. S. et al. Niveles de resiliencia y estrategias de afrontamiento: reto de las instituciones de educación superior. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Vol. 23. No. 3. Colombia 2020, Pp 35-47.
43. Instituto Español de Resiliencia. Resiliencia. [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://resiliencia-ier.es/resiliencia/>
44. Secretaría de Salud del Estado de México. Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz. [citado marzo 2022]. Disponible en: [https://salud.edomex.gob.mx/hmpmonica\\_pretelini/home.html](https://salud.edomex.gob.mx/hmpmonica_pretelini/home.html)
45. Organización Mundial de la Salud. Las 7 recomendaciones de política de la OMS sobre la construcción de sistemas de salud resilientes. Octubre 2021. [citado mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/news/item/19-10-2021-who-s-7-policy-recommendations-on-building-resilient-health-systems>
46. Ignacio Zarragoitia A. Depresión Generalidades y Particularidades. Editorial Ciencias Médicas. La Habana 2011. Pp 3-35.
47. Álvarez A. et al. Frecuencia de depresión posparto en pacientes de dos clínicas de medicina familiar en México. Archivos de Medicina Familiar, Facultad de Medicina, UNAM. 2008. Vol.9. No 4. Pp 133-136.
48. Martínez M. et al. Metodología de la Investigación para el área de la Salud. 2a Edición. 2013. Mc Graw Hill Education. México, Distrito Federal. Pp.47-62.
49. González Lugo, S., et al (2018). Depresión adolescente: factores de riesgo y apoyo social como factor protector. Universitas Psychologica, 17(3), 1-11. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy17-3.daftr>
50. Muñoz Regalado K. V. et al. Prevalencia de depresión y factores asociados en adolescentes. Escuela de Medicina, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Cuenca, Ecuador. Rev. Ecuat. Pediatría 2021;22(1). Artículo 6:1-8. DOI: 10.52011/0008

## Apéndice

### Cuestionario utilizado en la investigación

**Cuestionario de resiliencia para niños y adolescentes**  
Autor: González Arratia, L. F. N. I.

| NUM. | Pregunta  | Siempre (5) | La mayoría de las veces (4) | Indeciso (3) | Algunas veces (2) | Nunca (1) |
|------|---|-------------|-----------------------------|--------------|-------------------|-----------|
| 1    | Yo soy feliz cuando hago algo bueno para los demás. | 5           | 4                           | 3            | 2                 | 1         |
| 2    | Yo soy respetuoso de mí mismo y de los demás.       | 5           | 4                           | 3            | 2                 | 1         |
| 3    | Soy agradable con mis familiares.                   | 5           | 4                           | 3            | 2                 | 1         |
| 4    | Soy capaz de hacer lo que quiero.                   | 5           | 4                           | 3            | 2                 | 1         |
| 5    | Confío en mí mismo.                                 | 5           | 4                           | 3            | 2                 | 1         |
| 6    | Soy inteligente.                                    | 5           | 4                           | 3            | 2                 | 1         |
| 7    | Yo soy acomodo y cooperador.                        | 5           | 4                           | 3            | 2                 | 1         |

|    |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 8  | Soy amable.   | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 9  | Soy compartido.   | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 10 | Yo tengo personas que me quieren incondicionalmente.            | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 11 | Conmigo hay personas que quieren que aprenda a deservirme solo. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 12 | Hay personas que me ayudan cuando estoy enfermo o en peligro.   | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 13 | Cerca de mí hay amigos en quien confiar.                        | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 14 | Tengo personas que me quieren a pesar de lo que sea o haga.     | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 15 | Tengo deseos de triunfar.                                       | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

|    |  |   |   |   |   |   |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 16 | Tengo metas a futuro.  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 17 | Estoy dispuesto a responsabilizarme de mis actos.            | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 18 | Estoy siempre pensando la forma de solucionar mis problemas. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 19 | Estoy siempre tratando de ayudar a los demás.                | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 20 | Soy firme en mis decisiones.                                 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 21 | Me siento preparado para resolver mis problemas.             | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 22 | Comúnmente pienso en ayudar a los demás.                     | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 23 | Enfrento mis problemas con serenidad.                        | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 24 | Yo puedo controlar mi vida.                                  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

|    |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 25 | Puedo buscar la manera de resolver mis problemas. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 26 | Puedo imaginar las consecuencias de mis actos.    | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 27 | Puedo reconocer lo bueno y lo malo para mi vida.  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 28 | Puedo reconocer mis cualidades y defectos.        | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 29 | Puedo cambiar cuando me equivoco.                 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 30 | Puedo aprender de mis errores.                    | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 31 | Tengo esperanza en el futuro.                     | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 32 | Tengo Fe en que las cosas van a mejorar.          | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

(39).

**Cuestionario Depresión Edinburgo**

| PREGUNTA  | RESPUESTA |
|---|-----------|
| 1. He sido capaz de reír y ver el lado bueno de las cosas:      |           |
| 0 Tanto como siempre  |           |
| 1 No tanto ahora  |           |
| 2 Mucho menos   |           |
| 3 No, no he podido  |           |
| 2. He mirado el futuro con placer:                              |           |
| 0 Tanto como siempre  |           |
| 1 Algo menos de lo que solía hacer                              |           |
| 2 Definitivamente menos   |           |
| 3 No, nada  |           |
| 3. Me he culpado sin necesidad cuando las cosas no salían bien: |           |
| 3 Si, la mayoría de las veces                                   |           |
| 2 Si, algunas veces   |           |
| 1 No muy a menudo   |           |
| 0 No, nunca   |           |
| 4. He estado ansiosa y preocupada sin motivo:                   |           |
| 0 No, para nada   |           |
| 1 Casi nada   |           |
| 2 Si, a veces   |           |
| 3 Si, a menudo  |           |
| 5. He sentido miedo o pánico sin motivo alguno:                 |           |
| 3 Si, bastante  |           |
| 2 Si, a veces   |           |
| 1 No, no mucho  |           |
| 0 No, nada  |           |

|   |  |
|---|--|
| 6. Las cosas me oprimen o agobian:                                  |  |
| 3 Si, la mayor parte de las veces                                   |  |
| 2 Si, a veces   |  |
| 1 No, casi nunca  |  |
| 0 No, nada  |  |
| 7. Me he sentido tan infeliz, que he tenido dificultad para dormir: |  |
| 3 Si, la mayoría de las veces                                       |  |
| 2 Si, a veces   |  |
| 1 No muy a menudo   |  |
| 0 No, nada  |  |
| 8. Me he sentido triste y desgraciada:                              |  |
| 3 Si, casi siempre  |  |
| 2 Si, bastante a menudo   |  |
| 1 No muy a menudo   |  |
| 0 No, nada  |  |
| 9. He estado tan infeliz que he estado llorando:                    |  |
| 3 Si, casi siempre  |  |
| 2 Si, bastante a menudo   |  |
| 1 Solo ocasionalmente   |  |
| 0 No, nunca   |  |
| 10. He pensado en hacerme daño a mí misma:                          |  |
| 3 Si, bastante a menudo   |  |
| 2 A veces   |  |
| 1 Casi nunca  |  |
| 0 No, nunca   |  |
| TOTAL   |  |

(31).

# Efecto del Paracetamol en la Producción de Pigmentos de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris*)

Dra. María Magali Guillen Morales<sup>1</sup>, Dr. Rafael Manuel de Jesús Mex Álvarez<sup>2</sup>, Lic. Lázaro Guadalupe Ramos Gómez<sup>3</sup>, Dra. Patricia Margarita Garma Quen<sup>4</sup>, Dr. David Yanez Nava<sup>5</sup>, Lic. María Isabel Novelo Pérez<sup>6</sup>

**Resumen**—La presencia de paracetamol en aguas residuales y el uso de estas para el riego de cultivos puede tener graves consecuencias en la salud humana y ambiental; por ello, es necesario el uso de metodologías adecuadas que permitan medir los efectos nocivos del paracetamol en el medio ambiente. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el efecto del paracetamol sobre los pigmentos fotosintéticos del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). El estudio se realizó en un medio de germinación y crecimiento de plántulas de *P. vulgaris* en agar-agar al 0.5%, la cuantificación de clorofila total y carotenos se realizó mediante espectrofotometría. Los resultados mostraron que el paracetamol disminuye la producción de clorofila b y carotenos en las hojas de las plántulas de frijol. La especie *P. vulgaris*, además de ser plantas de rápido crecimiento también muestran rápidas reacciones a los efectos del paracetamol, lo que permitió observar los efectos en pocos días.

**Palabras clave**—paracetamol, *Phaseolus vulgaris*, clorofila, carotenos.

## Introducción

El paracetamol es un fármaco de venta libre a nivel mundial, con actividad analgésica y antipirética, posee pocos efectos adversos y es el fármaco más utilizado en medicina humana. Sin embargo, se ha detectado la presencia del paracetamol en aguas residuales tratadas, aguas superficiales o subterráneas y en el suelo (Li 2014, López 2016). Las plantas de tratamientos de aguas residuales no pueden eliminar completamente el paracetamol; es por ello por lo que surge la preocupación del uso de aguas residuales utilizadas para el riego de cultivos que puede tener graves consecuencias en la salud humana y ambiental (Santiago et al, 2020). Por lo anterior, es necesario el uso de metodologías adecuadas que permitan medir los efectos nocivos del paracetamol en el medio ambiente.

Los resultados de diversos estudios demuestran la sensibilidad de *P. vulgaris* como una especie bioindicador para el monitoreo e impacto de contaminantes sobre un ecosistema (Arias et al, 2017). Además, los resultados de varias investigaciones sugieren al género *Phaseolus* como biomodelo para evaluar la afectación de la producción de pigmentos como son la clorofila y los carotenos ante la presencia del paracetamol (Torres et al, 2017; Taschina et al, 2017 y Taschina et al, 2022).

## Metodología

### Procedimiento

El presente trabajo de investigación fue de tipo experimental y transversal. Las semillas de *Phaseolus* se enjuagaron con agua, desinfectadas por remojo en una solución de hipoclorito de sodio al 2% y nuevamente lavadas con agua potable. Las semillas saneadas se remojaron en agua potable en una relación 1:3 (p/v) durante 6h (Cava et al., 2009).

Para la realización del medio de crecimiento, se preparó 720 ml de medio de cultivo Agar-Agar al 0.5% y se colocó en viales de plástico (previamente curados con ácido acético al 1% y enjuagados con agua esterilizada desionizada durante toda la noche) 20 ml cada uno. Seguidamente, los viales se extendieron sobre unas cámaras de plástico previamente lavadas y desinfectadas, con una capa de agua de 1 cm de altura, completamente sellado y germinadas a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  a la luz del día en un ambiente con humedad relativa de  $78 \pm 4\%$  durante 18 días.

En caso de los grupos de estudio, se realizó un medio de crecimiento con una cantidad de paracetamol de 0.1 mg. Para ello se utilizó una solución de paracetamol comercial con una concentración de 3.2 g/100 mL y un medio sin paracetamol (testigo), n=12. El proceso de germinación fue repetido 5 veces,

<sup>1</sup> La Dra. María Magali Guillen Morales es Profesora de Bioquímica en la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

[mmguille@uacam.mx](mailto:mmguille@uacam.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El Dr. Rafael Manuel de Jesús Mex Álvarez es Profesor de Farmacoterapéutica en la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

[rafammex@uacam.mx](mailto:rafammex@uacam.mx)

<sup>3</sup> El Lic. Lázaro Guadalupe Ramos Gómez es Químico Farmacéutico Biólogo de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

[al058911@uacam.mx](mailto:al058911@uacam.mx)

<sup>4</sup> La Dra. Patricia Margarita Garma Quen es Profesora de Biología Molecular en la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

[pamgarma@uacam.mx](mailto:pamgarma@uacam.mx)

<sup>5</sup> El Dr. David Yanez Nava es Profesor de Química Heterocíclica en la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

[davyanez@uacam.mx](mailto:davyanez@uacam.mx)

<sup>6</sup> La Lic. María Isabel Novelo Pérez es Química Farmacéutica Bióloga de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

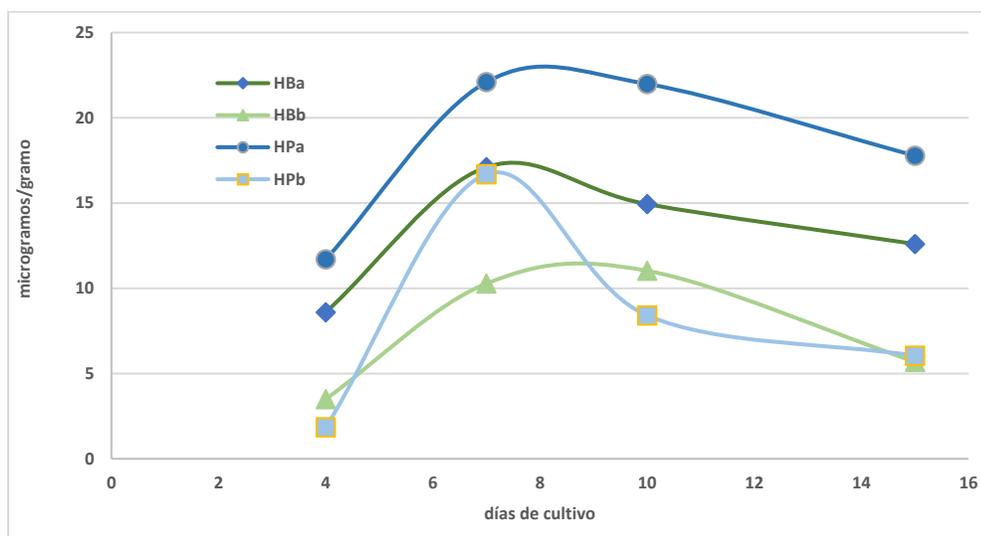
[al052128@uacam.mx](mailto:al052128@uacam.mx)

Para la cuantificación de clorofila total y carotenos (Figuroa et al, 2010 & Zaccari et al, 2017), se adicionaron 10 mL de acetona al 80 % a 10 mL del extracto, la solución se filtró y se obtuvo la absorbancia a 663, 646 y 476 nm, con acetona como blanco. Las concentraciones se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{Clorofila a (C}_a\text{)} &= 12.25 A_{663} - 2.79 A_{646} \\ \text{Clorofila b (C}_b\text{)} &= 21.50 A_{646} - 5.10 A_{663} \\ \text{Clorofila total (C}_{a+b}\text{)} &= 7.15 A_{663} + 18.71 A_{646} \\ \text{Carotenos} &= (1000 A_{476} - 1.63 C_a - 104.96 C_b)(221^{-1}) \end{aligned}$$

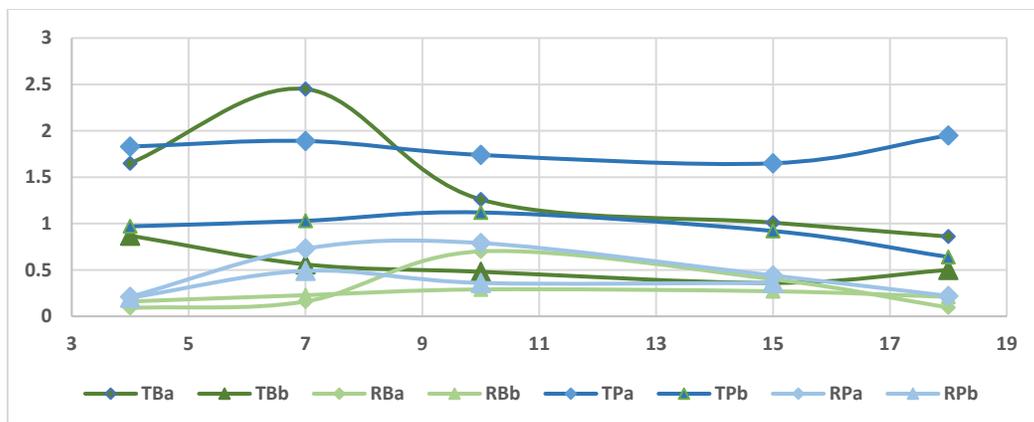
### Resultados

Las hojas de las plántulas de *Phaseolus vulgaris* expuestas a paracetamol (0.1 mg) produjeron mayor cantidad de clorofila a (22.1 µg de clorofila/g de materia vegetal) en el día 7 de germinación comparado con el control (16.7), esta cantidad de clorofila a disminuyó con el tiempo y en el día 15 de germinación fue de 17.78. En el caso de la clorofila b, en el día 7 de germinación se presentaron los valores más altos (16.7) pasado este tiempo, disminuyó presentando valores similares al control en los días 10 y 15 de germinación, ver Figura 1.



**Figura 1.** Cantidad de clorofila en hojas de plántulas de *P. vulgaris* en presencia (0.1 mg) y ausencia de paracetamol. H, hoja; B, blanco; P, paracetamol; a, clorofila a y b, clorofila b.

El tallo de las plántulas de *Phaseolus vulgaris* produjeron la mayor cantidad de clorofila a (2.45) en el día 7 de germinación en los grupos blanco, ver Figura 2. Por otra parte, en el tratamiento con paracetamol (0.1 mg), la cantidad de clorofila a es menor (1.89) comparada contra el blanco, esta cantidad de pigmento se mantuvo a los 10, 15 y 18 días de germinación. En el caso de la producción de clorofila b en el tallo en presencia de paracetamol (0.1 mg) es mayor comparado con el blanco.



**Figura 2.** Cantidad de clorofila en tallo y raíz de plántulas de *P. vulgaris* en presencia de paracetamol (0.1 mg) y ausencia de paracetamol. T, tallo; B, blanco; a, clorofila a; b, clorofila b y P.

La producción de carotenos en las hojas de las plántulas de *P. vulgaris* expuestas con paracetamol (0.1 mg) es menor comparado con el grupo blanco. Además, se observa que la cantidad de carotenos disminuye conforme aumentan los días de cultivo, ver Figura 3. Nuestros resultados muestran que en presencia de paracetamol hay una disminución de la producción de los carotenos en el frijol común (*P. vulgaris*).



**Figura 3.** Cantidad de carotenos presentes en las plántulas de *P. vulgaris* en ausencia y presencia de paracetamol (0.1mg). F, frijol (*P. vulgaris*); H, hoja; T, tallo ; R, raíz ; B, blanco y P, paracetamol.

### Conclusiones

Las plantas de la especie *P. vulgaris*, además de ser plantas de rápido crecimiento también muestran rápidas reacciones a los efectos del medicamento (Paracetamol), lo que permitió observar los efectos en pocos días.

El paracetamol influye en la producción de pigmentos de plántulas de frijol común (*P. vulgaris*). Los resultados del este estudio han demostrado que el paracetamol disminuye la concentración de clorofila b y de carotenos en las hojas de *P. vulgaris* después de 8 días de exposición.

### Limitaciones

El trabajo de investigación se puede replicar utilizando diferentes concentraciones de paracetamol y analizar las plántulas del frijol común, siguiendo la metodología antes descrita, pero utilizando como base de crecimiento agar-agar.

### Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en el factor de la concentración y su influencia en la expresión de genes del sistema antioxidante de las plántulas de *P. vulgaris*.

### Referencias

- Arias, A., Rivera-Cruz, M. D. C., & Trujillo Narcía, A. Fitotoxicidad de un suelo contaminado con petróleo fresco sobre *Phaseolus vulgaris* L. (leguminosae). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(3), 411-419. 2017.
- Cava, R; Sangronis, E; Rodríguez, M y Colina, J. Calidad microbiológica de semillas germinadas de *Phaseolus vulgaris*. *Interciencia* 34 (11): 796-800. 2009.
- Figuroa, I., Martínez, M.T., Rodríguez, E., Colinas, M.T., Valle, S., Ramírez, S., & Gallegos, C. Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia* spp.) de México. *Agrociencia*. 44:763-771. 2010.
- García, M.; G. García; M. Sanabria. Efecto de la salinidad sobre el crecimiento, daño oxidativo y concentración foliar de metabolitos secundarios en dos variedades de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia* 35(11): 840-846. 2010.
- Li, J., Ye, Q. y Gan, J. (2014). Degradation and transformation products of acetaminophen in soil. *Water Research*. 49: 44-52.
- López, I.E; Vallejo, B.M; Plazas, C.E; Gómez, L.M; y Barbosa, H. de J. Estudio del impacto ambiental de medicamentos de control especial en Bogotá, Colombia. Caso de estudio: Lorazepam. *Gestión y Ambiente* 19 (1): 34-47. 2016.
- Taschina, M., Copolovici, D.M., Bungau, S., Lupitu, A.I., Copolovici, L & Iova, C. The influence of residual acetaminophen on *Phaseolus vulgaris* L. Secondary mebatolites. *FARMACIA*, 65(5): 709-713. 2017.
- Taschina, M.; Moisa, C.; Lupitu, A.; Copolovici, D.M.; Copolovici, L. Influence of Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs (NSAIDs) on Photosynthetic Parameters and Secondary Metabolites of Plants from Fabaceae Family. *Appl. Sci.* 12, 6326. 2022.
- Torres, A., Héctor, E.F., Hernández, G., Cué, J.L & Fosado, O.A. Efectos del BIOSTAN® en los índices de crecimiento y los pigmentos fotosintéticos de *Phaseolus vulgaris* L. 18: 27-35. 2017.
- Zaccari, F., Del Puerto, M., Vignale, B., & Pritsch, C. Parámetros colorimétricos y contenido de pigmentos en cinco colores de cáscara de fruto de guayabo [*Acca sellowiana* (Berg) Burret]. *Agrociencia Uruguay*. 21 (2): 23-30. 2017.

# Efectividad de un Programa de Fisioterapia Respiratoria en la Función Pulmonary Postcovid-19 Vía Telerehabilitación

Emmanuel Jiménez Mejía<sup>1</sup>, Xochilt Candelaria Canté Cuevas<sup>1</sup>,  
Leidy Sofía Javier Rivera<sup>2</sup>, Juan Jovany Telumbre Terrero<sup>3</sup>.

## Resumen—

En este artículo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en 47 pacientes post- COVID-19 residentes de la ciudad de México. El objetivo fue comprobar la efectividad de un programa de fisioterapia respiratoria aplicada vía telerehabilitación, en la disnea y cansancio. Se midió evaluando la respuesta al estrés impuesto por el ejercicio y el nivel de esfuerzo percibido valorado mediante la prueba de caminata de seis minutos y la escala de Borg. El estudio fue cuantitativo, preexperimental con mediciones pre y post-test en un solo grupo. Antes de la intervención el 57.44% de los participantes presentaban sensación de muy ligero a intenso cansancio, al finalizar solo un 23.4% percibió ligero cansancio. En lo que respecta a disnea, el 51% que inicio con este síntoma, concluyo la intervención sin ningún nivel de esta sensación. Conforme a los resultados obtenidos se establece que la fisioterapia respiratoria aplicada mediante telerehabilitación mejora la función pulmonar de pacientes postcovid-19 en lo que respecta a cansancio y disnea.

**Palabras clave**—Fisioterapia respiratoria, disnea, fatiga, Covid-19, Telerehabilitación.

## Introducción

El síndrome respiratorio agudo (SARS-CoV-2) impactó en la salud, economía, educación y todas las áreas de la sociedad desde su expresión explosiva en diciembre del 2019, entre las consecuencias negativas se encontró el deceso de 6.618.579 personas (OMS, 2022). Aun cuando el número de casos decrece año a año, las consecuencias vinculadas a su expresión variable y que fluctúa de leve hasta crítica, se relaciona con cambios en la función respiratoria que pueden prolongarse hasta por más de 12 semanas (NICE, 2022); entre los síntomas frecuentes se reportan: fiebre, mialgia o fatiga, tos seca, disnea e hipoxemia, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) o insuficiencia orgánica terminal (Huang et al, 2020). La rehabilitación de estas disfunciones incluye la fisioterapia respiratoria que ha demostrado su contribución positiva ante las secuelas de la COVID-19 teniendo como objetivo mejorar la dificultad respiratoria, disminuir la ansiedad y depresión, entre otros (Vitaca et al. 2020; Zhao et al. 2020).

Aunque el abordaje terapéutico la incluye como elemento esencial, es una realidad que la demanda es mayor que los recursos para otorgarla, debido a esto, estrategias como la telerehabilitación es uno de los métodos de manejo que se recomiendan para disminuir el empleo de equipos de protección y combatir las infecciones cruzadas (He et al. 2021; World Physiotherapy, 2021). Dentro de los síntomas persistentes y más frecuentes se encuentra la disnea y la fatiga, que fueron el objetivo de la investigación realizada y que son abordados desde la fisioterapia respiratoria (Arnold et al.2021; López- León et.al,2021). Debido a que la evidencia científica que soporta dosificación y tipos de ejercicios que pueden aplicarse en etapa postaguda, donde se incluyan jóvenes adultos y sin antecedentes de hospitalización, se basa en estudios preliminares, es que se decide realizar la siguiente investigación, como señala Abreus Mora y González Curbelo (2020) no se evidencian estudios con suficientes argumentos para confirmar su repercusión en la recuperación de pacientes post-COVID-19 y es insuficiente los reportes de los resultados obtenidos mediante telerehabilitación, que aún debe ampliar los aportes de esta modalidad tecnológica para mejoría de los pacientes en cualquier fase de evolución (Piquet, 2021; Salawu et. al, 2020).

## Metodología

### Procedimiento

Estudio con enfoque cuantitativo, preexperimental con mediciones pre y post test en un solo grupo, el muestreo aplicado fue de tipo no probabilístico constituido por 47 pacientes postcovid- 19, sin antecedentes de hospitalización, mayores de 18 años, residentes de la ciudad de México que se encontraban estables en su domicilio, con acceso a internet y tiempo disponible para las sesiones.

<sup>1</sup> Emmanuel Jiménez Mejía es egresado de la licenciatura en Fisioterapia por la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche  
Xochilt Candelaria Canté Cuevas, es docente de tiempo completo en la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche.  
xcante@pampano.unacar.mx (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> La Mtra. Leidy Sofía Javier Rivera es docente de tiempo completo por la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche.  
ljavier@pampano.unacar.mx

<sup>3</sup>El Dr. Juan Yovanny Telumbre Terrero es docente de tiempo completo por la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche.  
jtelumbr@pampano.unacar.mx

Después de pasar por el proceso de revisión ante el comité de investigación de la disciplina de Fisioterapia adscrita en la Universidad Autónoma del Carmen, se procedió a la difusión de la convocatoria de participación por flyers, los cuales se publicaron en medios digitales, tales como WhatsApp, Twitter, Facebook e Instagram. Se conformó el grupo de intervención posterior a la evaluación por semiología clínica y con historial clínico comprobable que corroborará la cumplimentación de los criterios mediante la aplicación de WhatsApp, en esta etapa se agendó un horario consensuado para realizar la historia clínica, la prueba de caminata de 6 minutos y la escala de Borg. Se cuidó la confidencialidad de sus datos personales a través de los mecanismos proporcionados por la aplicación WhatsApp de cuidado de datos por cifrado.

Posteriormente se realizó una video llamada grupal donde se les mostró el uso del programa de videoconferencias Zoom, sumado a un video de apoyo para su descarga y uso, se les propuso como medio de comunicación las video llamadas y se proporcionó un plan de seguimiento para continuar los controles y el envío de videos y archivos de los materiales por correo electrónico, se confirmó el entendimiento de las indicaciones de forma verbal.

La comunicación inicial la direccionó el investigador principal, quien se encargó de liderar el trabajo operativo y verificar los datos de los signos vitales antes, durante y después del ejercicio como: FC, TA, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>).

La implementación del programa y su seguimiento fue por zoom y por cuatro semanas, con dos sesiones en vivo de 30 a 45 minutos incluyendo la demostración y la exposición de materiales gráficos, el desarrollo fue de la siguiente manera: En la primera semana de trabajo, se realizó una reeducación del patrón respiratorio con ejercicios destinados a mejorar el movimiento y perfusión con dos ejercicios de respiración abdominal o diafragmática y respiraciones costales, con dos ejercicios de expansión torácica.

En lo que respecta a la segunda semana, se tuvo como objetivo mejorar y aumentar el control en el patrón de la respiración con inhalaciones y exhalaciones profundas y con pautas específicas, al igual se agregó un entrenamiento respiratorio para aumentar la capacidad de entrada de aire y mejorar la expansión torácica con un total de cuatro ejercicios con variación de repeticiones de forma diaria.

En la tercera semana se trabajó en la regulación del patrón respiratorio realizando ejercicios de resistencia ligeros para musculatura periférica, con un protocolo en donde se marcaron sentadillas, movimientos de abducción en bipedestación y movimientos de extensión de cadera tomando una silla y flexiones en bipedestación siempre con un control en la inhalación y exhalación.

Finalmente, en la cuarta semana se buscó fortalecer los músculos respiratorios con ayuda de presiones espiratorias y ejercicios de inhalación y exhalación. En el primer ejercicio de espiración con ayuda de presión espiratoria positiva doméstica, se mostró a los pacientes cómo realizar un espirómetro con ayuda de popote y un vaso de agua para realizar el entrenamiento muscular, posteriormente se trabajó la respiración abdominal o diafragmática en sedestación, la respiración costal (ejercicios de expansión torácica) agregando ejercicio aeróbico subiendo y bajando un escalón con opción a reincorporar actividades físicas de manera progresiva y de acuerdo al estado de salud del participante.

Para no perder continuidad, se realizó material digital del trabajo por semana, el cual fue enviado los lunes, se preguntaba si había dudas a través del grupo de WhatsApp y se les pedía a los participantes que enviaran un video realizando los ejercicios, y ese mismo día corregir en caso de realizarlos erradamente, se monitoreó el seguimiento. Al finalizar el proceso se realizó una revaloración con la prueba de caminata de 6 minutos aplicada al inicio de la intervención, en donde recorrieron los mismos metros marcados en la misma zona que delimitaron para dicho proceso. La prueba empleada es válida y confiable ya que permite la valoración de las variables en la comunidad (Holland, et al. 2014).

### **Resultados**

La distribución de la variable sexo fue la siguiente: el 72.35% fueron mujeres y el 27.65% hombres, predominó el rango de edad comprendido entre los 31 a 55 años (53.19%), la patología agregada más frecuente fue ansiedad con un 23.40% (tabla 1).

Tabla 1.  
Variables medidas antes del inicio del tratamiento

| <b>Sexo</b>                      | <i>f</i> | %     |
|----------------------------------|----------|-------|
| Hombre                           | 13       | 27.65 |
| Mujer                            | 34       | 72.35 |
| <b>Rango de edad</b>             |          |       |
| 18 a 25 años                     | 6        | 12.76 |
| 26 a 30 años.                    | 8        | 17.02 |
| 31 a 55 años.                    | 25       | 53.19 |
| 56 a 65 años.                    | 6        | 12.76 |
| 66 a 75 años.                    | 2        | 4.27  |
| <b>Comorbilidades</b>            |          |       |
| Ansiedad                         | 11       | 23.40 |
| Hipertensión arterial.           | 5        | 10.63 |
| Enfermedad crónica degenerativa. | 4        | 8.50  |
| Enfermedad renal crónica.        | 3        | 6.38  |
| Enfermedad hepática.             | 1        | 2.12  |

Nota: *f*= frecuencia, %= porcentaje

En los resultados pretest de las variables de estudio, la frecuencia cardiaca obtuvo un puntaje promedio de 78.98, posterior a la aplicación de la fisioterapia respiratoria se obtuvo un promedio de 78.26, mostrando que la varianza no fue significativa (Tabla 2).

Tabla 2.  
Frecuencia cardiaca pre y post aplicación en grupo de intervención.

|                 | Pre-intervención |        | Post-intervención |          |     |
|-----------------|------------------|--------|-------------------|----------|-----|
|                 | Media            | DE     | Media             | DE       |     |
|                 | 78.98            | 13.315 | 78.26             | 8.823    |     |
| FC<br>(lat/min) | <i>f</i>         | %      | FC<br>(lat/min)   | <i>f</i> | %   |
| 59              | 1                | 2.1    | 62                | 2        | 4.3 |
| 60              | 2                | 4.3    | 65                | 1        | 2.1 |
| 64              | 1                | 2.1    | 68                | 2        | 4.3 |
| 65              | 4                | 8.5    | 69                | 2        | 4.3 |

|        |    |       |     |       |       |
|--------|----|-------|-----|-------|-------|
| 66     | 1  | 2.1   | 71  | 4     | 8.5   |
| 67     | 2  | 4.3   | 72  | 4     | 8.5   |
| 68     | 3  | 6.4   | 73  | 3     | 6.4   |
| 70     | 1  | 2.1   | 74  | 1     | 2.1   |
| 71     | 4  | 8.5   | 75  | 2     | 4.3   |
| 75     | 1  | 2.1   | 78  | 4     | 8.5   |
| 76     | 1  | 2.1   | 79  | 1     | 2.1   |
| 77     | 1  | 2.1   | 80  | 1     | 2.1   |
| 78     | 2  | 4.3   | 81  | 3     | 6.4   |
| 79     | 2  | 4.3   | 82  | 5     | 10.6  |
| 80     | 3  | 6.4   | 83  | 1     | 2.1   |
| 81     | 1  | 2.1   | 85  | 1     | 2.1   |
| 82     | 1  | 2.1   | 86  | 1     | 2.1   |
| 83     | 1  | 2.1   | 87  | 4     | 8.5   |
| 84     | 1  | 2.1   | 89  | 1     | 2.1   |
| 85     | 1  | 2.1   | 92  | 1     | 2.1   |
| 87     | 1  | 2.1   | 93  | 1     | 2.1   |
| 89     | 1  | 2.1   | 98  | 1     | 2.1   |
| 90     | 2  | 4.3   | 102 | 1     | 2.1   |
| 92     | 2  | 4.3   |     |       |       |
| 93     | 1  | 2.1   |     |       |       |
| 96     | 2  | 4.3   |     |       |       |
| 103    | 1  | 2.1   |     |       |       |
| 107    | 1  | 2.1   |     |       |       |
| 108    | 1  | 2.1   |     |       |       |
| 111    | 1  | 2.1   |     |       |       |
| Total: | 47 | 100.0 | 47  | Total | 100.0 |

Nota: DE: Desviación estándar FC: Frecuencia cardiaca, f: frecuencia, % porcentaje

Con respecto a la saturación de oxígeno medido antes de la aplicación del protocolo, el promedio fue de 90.19 comparada con el post test que fue de 94.19, este cambio fue significativo ( $p < 0.001$ ), de igual manera para la disnea y el cansancio ( $p < 0.001$ ) (Tabla 3 y 4).

Tabla 3

Comparación de variables pre y post aplicación en grupo de intervención

| Variable  | Pre   | Post  | p      |
|-----------|-------|-------|--------|
| SpO2 (%)  | 90.19 | 94.19 | <0.001 |
| Disnea    | 1.319 | .000  | <0.001 |
| Cansancio | 1.319 | .138  | <0.001 |

Nota: FC: Frecuencia cardiaca, SpO2: porcentaje de saturación de oxígeno en sangre

Tabla 4  
Nivel de disnea pre y post aplicación en grupo de intervención

| Disnea          | Pre-intervención |        | Post-intervención |       |
|-----------------|------------------|--------|-------------------|-------|
|                 | Media            | DE     | Media             | DE    |
|                 | 1.319            | 1.5723 | .00               | .000  |
|                 | <i>f</i>         | %      | <i>f</i>          | %     |
| Nada            | 23               | 48.9   | 47                | 100   |
| Muy, muy ligera | 2                | 4.2    |                   |       |
| Muy ligera      | 2                | 4.2    |                   |       |
| Ligera          | 8                | 17.0   |                   |       |
| Moderada        | 7                | 14.9   |                   |       |
| Algo intensa    | 3                | 6.4    |                   |       |
| Intensa         | 2                | 4.3    |                   |       |
| Total           | 47               | 100.0  | 47                | 100.0 |

Nota DE: Desviación estándar *f*: frecuencia, % porcentaje

Tabla 5  
Nivel de cansancio pre y post aplicación en grupo de intervención

| Fatiga.         | Pre-intervención |        | Post-intervención |       |
|-----------------|------------------|--------|-------------------|-------|
|                 | Media            | DE     | Media             | DE    |
|                 | 1.319            | 1.5549 | 138               | .2699 |
|                 | <i>f</i>         | %      | <i>f</i>          | %     |
| Nada            | 20               | 42.6   | 36                | 76.6  |
| Muy, muy ligero | 4                | 8.5    | 9                 | 19.1  |
| Muy ligero      | 4                | 8.5    | 2                 | 4.3   |
| Ligero          | 10               | 21.3   |                   |       |
| Moderado        | 2                | 4.3    |                   |       |
| Algo intensa    | 5                | 10.6   |                   |       |
| Intensa         | 2                | 4.3    |                   |       |
| Total           | 47               | 100.0  | 47                | 100.0 |

Fuente: elaboración propia. DE: Desviación estándar *f*: frecuencia, % porcentaje

### *Análisis*

Los resultados del estudio muestran efectos favorables y positivos de la fisioterapia respiratoria en pacientes post-COVID-19 en lo que respecta a disnea y cansancio. El estado del arte muestra diversidad en los tamaños de la muestra de pacientes en quienes se aplicaron los protocolos (1-100 sujetos), el del presente estudio se encuentra en la mitad de los que se tiene de referencia, aunque no se comunica la relevancia de este factor, se sabe que la aplicación en grupos poblaciones que cumplen los criterios de selección es lo que robustece los datos obtenidos y permite generar conclusiones sólidas. Haciendo referencia al sexo de los participantes, las mujeres fueron las que predominaron (72.35%) contrastando con la literatura que reporta mayor proporción de varones, esta situación se relaciona con la presencia de factores protectores mayores en las féminas que en los varones, debido a que presentan menores concentraciones de receptores de coronavirus (ECA2) (Bwire, 2021; Liu et al.2020; Piquet.,2021; Sama, et al.2020).

Similar comportamiento se presentó en lo que respecta a las comorbilidades encontradas, debido a que la literatura señala que la HTA es la que presenta mayor prevalencia, en el presente estudio, el primer lugar fue para la ansiedad con el 23.4% y en segundo puesto la HTA (Liu et al (2020), Piquet (202), Liu et al (2020), Paneroni (2021), Sha (2020).

Los resultados obtenidos muestran que la fisioterapia respiratoria mejora la capacidad respiratoria disminuyendo significativamente la disnea y el cansancio, contribuyendo a robustecer la evidencia de que la modalidad de ejecución mediante telerehabilitación es útil y permite la aplicación, seguimiento y corrección de los ejercicios de rehabilitación, al igual señala la relevancia del trabajo de fortalecimiento de la musculatura respiratoria diafragmática, después de tener un cuadro de Covid-19 (Santus (2020), Shakerian., et al, 2020).

### **Conclusiones**

Aunque se sugiere incrementar el tamaño de la población de estudio, robustecer la vigilancia estricta de los ejercicios terapéuticos de manera remota y complementar la evaluación con baterías que permitan medir la capacidad funcional de pacientes post-COVID-19, se puede concluir, que la investigación comprobó el aporte significativo de la fisioterapia respiratoria en la fatiga y cansancio que presentan este tipo de pacientes. La telerehabilitación es un método a distancia que permite aplicar la fisioterapia respiratoria para tratar las secuelas sin disminuir su efectividad, empleando el potencial de uso de las aplicaciones y plataformas de comunicación.

### *Limitaciones*

El servicio de internet presentó fallas lo que generó cortes de comunicación, fueron mitigadas con tiempo adicional o reprogramación de la sesión. El tamaño de la muestra requiere incrementarse.

### *Recomendaciones*

Sería altamente favorable que se elaboren indicaciones más precisas relacionadas con la frecuencia, intensidad y el volumen de ejercicios, así como incrementar el número de semanas de aplicación para valorar con mayor precisión los cambios en las variables de estudio, así como la valoración del estado psicológico antes y después del tratamiento. Relacionar la intervención con las comorbilidades reportadas, en este caso la interrelación entre los ejercicios de respiración dirigida con la ansiedad encontrada en los pacientes.

### **Referencias**

- Abreus Mora, Jorge Luis, & González Curbelo, Vivian Bárbara. (2021). Fisioterapia respiratoria y COVID- 19. *Revista Finlay*, 11(3), 323-326. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2221-24342021000300323&lng=es&tlng=es..](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342021000300323&lng=es&tlng=es..)
- Arnold, D. T., Hamilton, F. W., Milne, A., Morley, A. J., Viner, J., Attwood, M., Noel, A., Gunning, S., Hatrick, J., Hamilton, S., Elvers, K. T., Hyams, C., Bibby, A., Moran, E., Adamali, H. I., Dodd, J. W., Maskell, N. A., & Barratt, S. L. (2021). Patient outcomes after hospitalisation with COVID-19 and implications for follow-up: results from a prospective UK cohort. *Thorax*, 76(4), 399–401. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-216086>.
- COVID-19 Rapid Guideline: Managing the Longterm Effects of COVID-19 9—NICE, RCGP, and SIGN. 1.20 Publicado el 3 de Noviembre del 2022. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng188/resources/covid19-rapid-guideline-managing-the-longterm-effects-of-covid19-pdf-51035515742>
- Chang, María De La P., Davancens, Agustina, Rourich, María C., Vincenti, Juan M., Valencia, Priscila, Guarriello, María F., Costilla, César M., & Estol, Conrado J.. (2021). Telemedicina en prevención secundaria y rehabilitación del accidente cerebrovascular durante la pandemia por COVID-19. *Medicina (Buenos Aires)*, 81(3), 415-420. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0025-76802021000300415&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802021000300415&lng=es&tlng=es).

- Chinese Association of Rehabilitation Medicine, Respiratory Rehabilitation Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine, & Cardiopulmonary Rehabilitation Group of Chinese Society of Physical Medicine and Rehabilitation (2020). Zhonghua jie he he hu xi za zhi = Zhonghua jiehe he huxi zazhi = Chinese journal of tuberculosis and respiratory diseases, 43(4), 308–314. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112147-20200228-00206>
- Gandotra, S., Lovato, J., Case, D., Bakhru, R. N., Gibbs, K., Berry, M., Files, D. C., & Morris, P. E. (2019). Physical Function Trajectories in Survivors of Acute Respiratory Failure. *Annals of the American Thoracic Society*, 16(4), 471–477. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201806-375OC>
- He ZF, Zhong NS, Guan WJ. The benefits of pulmonary rehabilitation in patients with COVID-19. *ERJ Open Res*. 2021 May 31;7(2):00212-2021. doi: 10.1183/23120541.00212-2021. PMID: 34084778; PMCID: PMC8165367.
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., Cheng, Z., Yu, T., Xia, J., Wei, Y., Wu, W., Xie, X., Yin, W., Li, H., Liu, M., Xiao, Y., ... Cao, B. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet (London, England)*, 395(10223), 497–506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)
- Holland A.E., Spruit M.A., Troosters T., Puhan M.A., Pepin V., Saey D., et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. 2014;44(6):1428–1446. doi: 10.1183/09031936.00150314
- Liu, K., Zhang, W., Yang, Y., Zhang, J., Li, Y., & Chen, Y. (2020). Respiratory rehabilitation in elderly patients with COVID-19: A randomized controlled study. *Complementary therapies in clinical practice*, 39, 101166. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101166>
- Lopez-Leon, S., Wegman-Ostrosky, T., Perelman, C., Sepulveda, R., Rebolledo, P. A., Cuapio, A., & Villapol, S. (2021). More than 50 Long-term effects of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *medRxiv : the preprint server for health sciences*, 2021.01.27.21250617. <https://doi.org/10.1101/2021.01.27.21250617>
- OMS Dashboard Updated to 2/12/2022. Available online: <https://covid19.who.int/> (accessed on 3 enero December 2023)
- Paneroni, M., Simonelli, C., Saleri, M., Bertacchini, L., Venturelli, M., Troosters, T., Ambrosino, N., & Vitacca, M. (2021). Muscle Strength and Physical Performance in Patients Without Previous Disabilities Recovering From COVID-19 Pneumonia. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 100(2), 105–109. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001641>
- Piquet, V., Luczak, C., Seiler, F., Monaurry, J., Martini, A., Ward, A. B., Gracies, J. M., Motavasseli, D., & Covid Rehabilitation Study Group (2021). Do Patients With COVID-19 Benefit from Rehabilitation? Functional Outcomes of the First 100 Patients in a COVID-19 Rehabilitation Unit. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 102(6), 1067–1074. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.01.069>
- Shan, M. X., Tran, Y. M., Vu, K. T., & Eapen, B. C. (2020). Postacute inpatient rehabilitation for COVID-19. *BMJ case reports*, 13(8), e237406. <https://doi.org/10.1136/bcr-2020-237406>.
- Salawu A., Green A., Crooks M.G., Brixey N., Ross D.H., Sivan M. A. (2020). Proposal for Multidisciplinary Tele- Rehabilitation in the Assessment and Rehabilitation of COVID-19 Survivors. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(13):4890. doi: 10.3390/ijerph17134890.
- Santus, P., Tursi, F., Croce, G., Di Simone, C., Frassanito, F., Gaboardi, P., Airoldi, A., Pecis, M., Negretto, G., & Radovanovic, D. (2020). Changes in quality of life and dyspnoea after hospitalization in COVID-19 patients discharged at home. *Multidisciplinary respiratory medicine*, 15(1), 713. <https://doi.org/10.4081/mrm.2020.713>
- Sama, I. E., Ravera, A., Santema, B. T., van Goor, H., Ter Maaten, J. M., Cleland, J. G. F., Rienstra, M., Friedrich, A. W., Samani, N. J., Ng, L. L., Dickstein, K., Lang, C. C., Filippatos, G., Anker, S. D., Ponikowski, P., Metra, M., van Veldhuisen, D. J., & Voors, A. A. (2020). Circulating plasma concentrations of angiotensin-converting enzyme 2 in men and women with heart failure and effects of renin-angiotensin-aldosterone inhibitors. *European heart journal*, 41(19), 1810–1817. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa373>.
- Shakerian, N., Mofateh, R., Saghazadeh, A., Rezaei, N., & Rezaei, N. (2020). Potential Prophylactic and Therapeutic Effects of Respiratory Physiotherapy for COVID-19. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 92(1), e2021020. <https://doi.org/10.23750/abm.v92i1.10289> Vitacca M., Lazzeri M., Guffanti E., Frigerio P., D'Abrosca F., Gianola S., et al. Associazione Riabilitatori dell'Insufficienza Respiratoria Sip Società Italiana di Pneumologia Aifi Associazione Italiana Fisioterapisti
- Vitacca, M., Lazzeri, M., Guffanti, E., Frigerio, P., D'Abrosca, F., Gianola, S., Carone, M., Paneroni, M., Ceriana, P., Pasqua, F., Banfi, P., Gigliotti, F., Simonelli, C., Cirio, S., Rossi, V., Beccaluva, C. G., Retucci, M., Santambrogio, M., Lanza, A., Gallo, F., ... Arir Associazione Riabilitatori dell'Insufficienza Respiratoria Sip Società Italiana di Pneumologia Aifi Associazione Italiana Fisioterapisti And Sifir Società Italiana di Fisioterapia E Riabilitazione, O. B. O. A. A. I. P. O. (2020). Italian suggestions for pulmonary rehabilitation in COVID-19 patients recovering from acute respiratory failure: results of a Delphi process. *Monaldi archives for chest disease = Archivio Monaldi per le malattie del torace*, 90(2), 10.4081/monaldi.2020.1444. <https://doi.org/10.4081/monaldi.2020.1444>
- World Physiotherapy; London, UK: 2021 Julio 30. World Physiotherapy Respondisse to COVID-19 Briefing Paper 9. Safe rehabilitation approaches for people living with Long COVID: physical activity and exercise. <https://world.physio/sites/default/files/2021-06/Briefing-Paper-9-Long-Covid-FINAL-2021.pdf>.
- Zhao, H. M., Xie, Y. X., Wang, C., & Chinese Association of Rehabilitation Medicine; Respiratory Rehabilitation Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine; Cardiopulmonary Rehabilitation Group of Chinese Society of Physical Medicine and

Rehabilitation (2020). Recommendations for respiratory rehabilitation in adults with coronavirus disease 2019. Chinese medical journal, 133(13), 1595–1602. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000848>.

### Apéndice

#### 1.-Formato- Prueba de caminata 6 minutos.

| <b>6 MWT. 30 METROS.</b>                |  |
|---|--|
| <b>SaO2 (sentado y en reposo)</b>       |  |
| <b>SaO2 (con oxígeno suplementario)</b> |  |

|                 | <b>FC</b> | <b>SaO2</b> | <b>BORG<br/>Disnea.</b> | <b>BORG<br/>Fatiga.</b> |
|-----------------|-----------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>REPOSO</b>   |           |             |                         |                         |
| <b>VUELTA 1</b> |           |             |                         |                         |
| <b>VUELTA 2</b> |           |             |                         |                         |

|                  |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|
| <b>VUELTA 3</b>  |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 4</b>  |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 5</b>  |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 6</b>  |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 7</b>  |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 8</b>  |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 9</b>  |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 10</b> |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 11</b> |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 12</b> |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 13</b> |  |  |  |  |
| <b>VUELTA 14</b> |  |  |  |  |
| <b>FINAL.</b>    |  |  |  |  |

|                  |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|
| <b>MINUTO 1.</b> |  |  |  |  |
| <b>MINUTO 3.</b> |  |  |  |  |
| <b>MINUTO 5.</b> |  |  |  |  |

**Distancia:**

**Metros:**

**Se detuvo:**

**Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_**

**Motivo:**

**Mareo: Disnea: Angina:**

**Dolor: Otros.**

# Diseño de Muleta con Ajustes Ergonómicos

M. en D. Ariadna Mandujano de los Santos<sup>1</sup>, C. Alex Benítez Ponciano<sup>2</sup>, C. Abigail González Nava<sup>3</sup>.

## Resumen

En la actualidad existen diversas herramientas de apoyo que cumplen la función de auxiliar a personas con algún tipo de discapacidad motriz de las extremidades inferiores específicamente, o bien aquellas que por enfermedad o lesión necesitan de ellas, y que cumplen el objetivo de satisfacer necesidades básicas en el día a día. Se pretende el diseño de una Muleta reducible con ajustes ergonómicos (muleta con mecanismo de doblez básico, complementado con la implantación de un ajuste ergonómico en la zona axilar con válvula de aire, y el uso de resortes para el mecanismo de doblez; así como minimizar el impacto del dispositivo en la parte inferior), que cumpla con estándares de calidad, costo, y que satisfaga las necesidades de quien las use. La metodología que se sigue es basada en Planes de negocios del Centro de Incubación e Innovación Empresarial del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo (TESVB). La finalidad principal es la elaboración y comercialización del producto señalado.

**Palabras clave:** muleta, muleta reducible, válvula de aire, discapacidad motriz.

## Introducción

Se presentan avances del proyecto de investigación denominado: Diseño de Muleta con ajustes ergonómicos, es un proyecto que será terminado en agosto del año 2024, por tal motivo el documento plasma el avance que se posee hasta el momento, su fecha de inicio fue el primero de septiembre del año 2022. El objetivo principal del proyecto es diseñar una muleta con ajustes ergonómicos que atiendan el descanso maxilar con válvula de aire, el doblez para transportar de manera sencilla el dispositivo, y por último la disminución del impacto al utilizar la muleta en la parte inferior de la misma. Se ha realizado una búsqueda técnica ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), de tal forma que se pueda visualizar si existe o no dispositivos similares en el mundo (como modelo de utilidad, patente o comercializados), y si en un momento dado se podría hacer uso de un modelo de utilidad sin patente en México. Se ha elaborado un Plan de negocios para conocer la factibilidad y rentabilidad del proyecto (Estudios de mercado, organizacional, técnico y financiero). Se han llevado a cabo pruebas de diseño técnico para obtener el prototipo que se considere idóneo, según características propias de los modelos de utilidad, marcados en los lineamientos del IMPI. Se llevan a cabo los ajustes mencionados para poder facilitar el uso y transporte de la muleta para personas con discapacidad motriz de las extremidades inferiores. La metodología que se lleva a cabo es mixta, se utilizan los métodos cuantitativo, cualitativo y descriptivo; también se complementa con un paradigma Sociocrítico/crítico reflexivo. Los resultados hasta el momento son positivos, pero aún el proyecto se encuentra por realizar pruebas, para que la válvula de aire de descanso del área axilar sea idónea y no “roce” al usuario, las pruebas con respecto al doblez continúan para que los resultados sean los adecuados.

## Metodología

La metodología que se utiliza para el desarrollo del proyecto es mixta, se utilizan los métodos cuantitativo, cualitativo y descriptivo; también se complementa con un paradigma Sociocrítico/crítico reflexivo.

**Investigación cuantitativa.** Es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados. Es concluyente en su propósito ya que trata de cuantificar el problema y entender qué tan generalizado está mediante la búsqueda de resultados proyectables a una población mayor (Neill, 2018).

Se utiliza el método cuantitativo ya que se lleva a cabo una investigación de mercado para conocer si el producto es susceptible de ser comercializado con éxito (encuestas y datos estadísticos), cabe aclarar que el resultado de esa investigación de mercado ya se encuentra lista, y se siguió la metodología de Miguel Santasmases Mestre (Doctor en

<sup>1</sup> M. en D. Ariadna Mandujano de los Santos es profesora en el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, México. [ariadna.ms@vbravo.tecnm.mx](mailto:ariadna.ms@vbravo.tecnm.mx) (autor correspondiente).

<sup>2</sup> C. Alex Benítez Ponciano es estudiante del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, México. [L201938033@vbravo.tecnm.mx](mailto:L201938033@vbravo.tecnm.mx).

<sup>3</sup> C. Abigail González Nava es estudiante del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, México. [L201938003@vbravo.tecnm.mx](mailto:L201938003@vbravo.tecnm.mx).

Ciencias Económicas y Empresariales, catedrático emérito de Comercialización e Investigación de Mercados de la Universidad de Alcalá, Madrid, España).

**Investigación cualitativa.** Se puede concluir que la Investigación cualitativa es utilizada generalmente en el análisis de las Ciencias Sociales, siendo un proceso metodológico que utiliza como herramientas las palabras, textos, discursos, dibujo, gráfico e imágenes (datos cualitativos) para comprender la vida social por medio de significados, desde una visión holística, es decir que trata de comprender el conjunto de cualidades que se al relacionarse producen un fenómeno determinado. Según Orozco 1997 los métodos cuantitativo y cualitativo no son compatibles desde el punto de vista epistemológico, sin embargo, pueden ser complementarios, y que existe a la aspiración entre los científicos sociales de tener una investigación integrada cuantitativa y cualitativa (Gómez, 1997).

También se sigue la Investigación cualitativa, ya que dentro de la investigación se manejan distintos focos grupales o reuniones con personas que poseen conocimiento acerca del tema para enriquecer el proyecto de investigación en la parte técnica.

**Investigación descriptiva.** La Investigación descriptiva tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes. El investigador puede elegir entre ser un observador completo, observar como participante, un participante observador o un participante completo (Alban, 2020).

El método descriptivo puesto que se describen los actores del proyecto, los elementos principales y su quehacer dentro del proyecto de investigación.

Se utiliza el Paradigma sociocrítico/crítico reflexivo (el individuo construye su realidad, y desde ella la transforma como sujeto creativo crítico reflexivo). Los sujetos crean su realidad, se sitúan en ella y desde ella son seres capaces de transformarla como sujetos creativos crítico reflexivos. El Paradigma Crítico goza de un enfoque cualitativo con connotaciones interpretativas que permiten profundizar en la investigación desde una perspectiva holística, atendiendo a la propia significatividad del contexto real en que se encuadre (YIN, 1987). Aunque no es sencillo conjugar la diversidad de criterios para tener en cuenta, resulta una opción valiosa en la investigación (Lorenzo, 2006).

Se aborda un Paradigma Sociocrítico/crítico reflexivo donde el individuo construye su realidad propia, y desde esta realidad la transforma como sujeto activo, creativo, crítico y reflexivo (se necesita sujetos con las características mencionadas para que el proyecto pueda ser comercializado con éxito y en primera instancia ser desarrollado técnicamente de manera exitosa).

Se da inicio al proceso de Modelo de utilidad, cabe mencionar que no será una patente, sino Modelo de utilidad lo que se desarrollará, sería conveniente aprovechar una inconsistencia de registro de patentes en algún país con productos parecidos al que se distribuiría en el mercado sin infringir leyes de patentes.

**Elaboración de las muletas:** para la elaboración de las muletas, es fundamental dar a conocer que se contará con un proveedor de materia prima que como tal son las muletas, donde se le especificará que no deben de tener la zona del descanso axilar, debido a que esta será modificada de acuerdo con el Diseño de la Muleta reducible con ajustes ergonómicos. Para el proceso de fabricación se consideran los siguientes pasos:

1. La materia prima (muletas) proporcionada por los proveedores, pasará por una estación o área de trazado, donde se le aplicaran las medidas estándar establecidas, y macaran los tubos que cuentan con un diámetro de  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  pulgadas, para su corte.
2. Posteriormente, las muletas pasaran al área de corte, donde se establecerá a la medida determinada para el sistema de doblez.
3. Con los cortes ya listos, la muleta pasará por un área donde se lijarán los tubos de las muletas, dejando una superficie lisa para poder trabajar en ella, y también con la finalidad de eliminar rebabas en los cortes elaborados.

4. Una vez terminada la acción antes mencionada, los operarios introducirán un elástico por dentro del tubo para unir las dos partes en las cuales se cortó la muleta, buscando una tensión y evitando esta se desensamble, únicamente cuando quien las use lo requiera.
5. Hasta este paso, pareciera que la muleta ya tiene o cuenta con la estructura base del diseño establecido, pero, es importante mencionar que el ajuste ergonómico tendrá su propia línea de producción trabajando ambas líneas a la vez, y llegar a un punto de ensamble.
6. El soporte ya diseñado por un proveedor ingresa a la línea de producción de un material a base de madera (polín).
7. En otra de las estaciones de esta línea, los operarios tomarán las bases de madera, y las introducirán en un contenedor con arena, con la finalidad de que esta pueda absorber la humedad que puedan contener.
8. Después de unos minutos, las bases pasarán a otra estación, donde serán pulidas, con la finalidad de eliminar las impurezas.
9. Después de lo ya mencionado, dentro de la base ya diseñada, se colocará la válvula de aire, donde tendrá la funcionalidad de generar un “cero impactos” es decir, eliminará la rigidez y simulará una suspensión en las muletas haciéndolas cómodas y ergonómicas.
10. Posteriormente el operario deberá tapizar, forrando la válvula de aire y uniéndola a la base haciendo de esta una sola pieza.
11. Por último, será el ensamble de las dos piezas, la muleta con el ajuste ergonómico, teniendo como resultado una sola pieza, es decir el producto terminado para después ser empaquetados y estén listos para la distribución y venta.

Este será el proceso de fabricación, que el proyecto de Diseño de Muleta reducible con ajustes ergonómicos tendrá, debido al nuevo diseño y las implementaciones que esta tendrá, buscando la innovación y el posicionamiento por ser un producto único en el mercado, y con funcionalidades que buscan bienestar de usuarios.

## Resultados

Los resultados con los que se cuentan hasta el momento del proyecto son parciales, puesto que la vigencia de este es del primero de septiembre de 2022 al 31 de agosto de 2024, se encuentra en la mitad de su avance, todo se encuentra cronometrado para ese lapso. A continuación, se presenta el avance obtenido hasta el momento.

1. Buscar propuestas para proyecto de investigación con prototipos.
2. Presentación de propuesta para proyecto de investigación con prototipos.
3. Inicio de elaboración del Protocolo de investigación.
4. Búsqueda de Asesor técnico para complementar al Proyecto de investigación.
5. Desarrollo de Protocolo de investigación.
6. Entrega de Protocolo de Investigación al Departamento de Investigación de Ciencia y Tecnología del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.
7. **Investigación acerca de la factibilidad de llevar a cabo el Proyecto de investigación.**
8. Asesoría con Asesor técnico.
9. Estudio de mercado (Investigación de mercado, Pronósticos de ventas, requisitos para dar de alta una empresa, Análisis de la competencia, Benchmarking empresarial).
10. Elaboración de Prototipo experimental.
11. Estudio de mercado (Investigación de mercado, Pronósticos de ventas, requisitos para dar de alta una empresa, Análisis de la competencia, Benchmarking empresarial).
12. Estudio organizacional del Proyecto (Organigrama, Análisis y Descripción de puestos).
13. Estudio Técnico (Layout, Requisiciones de materias primas e insumos, Procesos).

14. Estudio financiero del Proyecto de investigación (Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), Valor Actual Neto (VAN), Estados de resultados, Estudios financieros, Análisis de costos, Análisis de gastos).

Nota: este es el avance del proyecto, cabe mencionar que el proyecto inicia a partir del punto siete hasta el catorce; también cabe comentar que el punto catorce ya se tiene terminado aún cuando en cronograma de actividades no es tiempo. Hasta el momento con el avance de la investigación deducimos que el proyecto es rentable, factible.

### Conclusiones

Con base en la información mostrada en el apartado de resultados, se puede concluir lo siguiente:

El proyecto presenta un Estudio de mercado que arroja resultados positivos con respecto a la comercialización de este (aspectos claves con enfoques en las Estrategias de mercado del Marketing Mix: Producto, Plaza, Precio, Promoción), el Estudio de mercado fue llevado a cabo con base en una segmentación delimitada y con márgenes de error bajos y niveles de confianza altos, con catálogos de localidades directos de Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), tamaño de muestra calculada y con base en principio de equiprobabilidad; por tal motivo arrojan resultados verificables y verdaderos. Los resultados en sí fueron positivos para la comercialización del producto, puesto que no existen productos similares al producto de esta investigación (se llevó a cabo una Búsqueda Técnica por parte del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, IMPI); por tal motivo concluimos que posee viabilidad comercial el proyecto terminado.

Presenta un Estudio organizacional con el cual se puede deducir, que se posee viabilidad del proyecto, siempre y cuando al inicio de operaciones no se incrementen los puestos dentro de la organización sin ser necesarios, en el entendido de que si se incrementan las demandas de los productos podría incrementarse el número de puestos organizacionales dentro de la misma, de no ser así solamente incrementaría los costos y las utilidades mantendrían un mínimo (administración pura).

Presenta un Estudio técnico que arroja factibilidad, los materiales son relativamente accesibles y lo más importante, las piezas se encuentran dentro del país (huelga comentar que, aun encontrándose fuera de este, con la globalización sería fácil acceder a ellos).

Por último, el Estudio financiero arroja resultados tales como: Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI): dos años, siete meses, veintisiete días. Punto de equilibrio de unidades anuales a vender en 2,428.2 unidades (lo cual es un número relativamente bajo si se posee una estrategia de distribución adecuada, una estrategia de promoción coherente, y una estrategia de precios de introducción o de penetración). Tasa Interna de Retorno (TIR): por 36.73%, lo cual redundaría en un proyecto rentable totalmente. El Valor Actual Neto (VAN) es por \$53,388.92. Todos estos cálculos fueron llevados a cabo con base en Inflación y Producto Interno Bruto (PIB), para el caso de Presupuestos de ventas, costos y de Inversión inicial, se consideran cinco años y un año base.

En este momento el proyecto se encuentra en fase de investigación focalizada sobre la válvula de aire del descanso axilar, se realizan pruebas de resistencia de materiales, pruebas de comodidad, pruebas de ergonomía; se conoce que esto afectaría el Estudio financiero, porque supondría modificar los costos de los materiales; por tal motivo podemos comentar que este estudio se ha llevado a cabo para visualizar la rentabilidad del proyecto, pero no como una final.

### Referencias

- Neill, D. A. (2018). Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica. *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*, Jorge Maza Córdova, 125. UTMACH. doi:978-9942-24-093-4
- Gómez, G. O. (1997). La Investigación en comunicación desde la perspectiva cuantitativa. *La Investigación en comunicación desde la perspectiva cuantitativa*. México, La Investigación en comunicación desde la: Universidad Nacional de la Plata. Recuperado el 15 de abril de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263153520009.pdf>
- Alban, G. P. (01 de julio de 2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*, 163-173.

Ecuador: Reci mundo Revista Científica Mundo de la Investigación y el COnocimiento. doi:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173

Lorenzo, C. R. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Contribución sobre los paradigmas de investigación*, 31(1). Santa María, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria. Recuperado el 15 de abril de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/1171/117117257002.pdf>

### Notas biográficas

La **M. en D. Ariadna Mandujano de los Santos** es catedrático investigador y miembro de Comité de Investigación del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo (TESVB); Maestría en Docencia por la Universidad Lucerna en Ciudad de México; Doctorado en Investigación en curso. Vinculación con el ámbito turístico de Valle de Bravo al realizar Investigaciones de Mercado y Social Media para el mismo.

El **C Alex Benítez Ponciano**, estudiante de la Licenciatura en Turismo del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, ha realizado Investigaciones de mercado y Social media para empresas turísticas en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México, México; y ha participado de manera reciente en el Verano de la Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico, en la Universidad de Manizales, Colombia.

La **C. Abigail González Nava** estudiante de la Licenciatura en Turismo del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, ha realizado Investigaciones de mercado y Social media para empresas turísticas en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México, México.

# Gestión de Inventarios de Sustancia Químicas en Laboratorios Escolares en una Escuela Superior de Farmacia

Dr. Rafael Manuel de Jesús Mex Alvarez<sup>1</sup>, Dr. David Yanez Nava<sup>2</sup>, Dra. María Magali Guillen Morales<sup>3</sup>, Mtra. Dayana de Jesús Kuk Blanquet<sup>4</sup>, Dra. Giselle Guillermo Chuc<sup>5</sup>, pQFB María Novelo Pérez<sup>6</sup>

**Resumen**— Se diseñó un prototipo de aplicación web para administrar, a través de smartphones, los inventarios de sustancias químicas que posee un laboratorio de docencia. El prototipo de aplicación fue colocado a la disposición del personal técnico y docente del laboratorio, a través de un código QR, el objetivo fue compartir el acceso a la aplicación para que el personal del laboratorio la utilice, con la finalidad de agilizar la búsqueda de sustancias, simplificar la entrada o salida de productos en almacén y gestionar información importante, de una manera rápida y armonizada. Posterior a la implementación del prototipo, se aplicó un cuestionario a los 20 académicos que administran los laboratorios para evaluar la adopción de la herramienta digital y los resultados fueron satisfactorios, encontrando la siguiente información: El 90% de los participantes refirieron no tener ningún problema en el uso de la aplicación, el 85% refirieron que la aplicación debería ser instaurada de manera permanente, el 70% refirió estar de acuerdo en usar su smartphone para la gestión de la información, el 100% logró identificar el lugar y la cantidad en almacén de un insumo.

**Palabras clave**— Gestión escolar, administración de laboratorio, optimización de procesos.

## Introducción

Dentro de las actividades que se realizan en un laboratorio, la parte administrativa que realizan los profesionales de la salud es fundamental, pues el responsable de un laboratorio debe no solo conocer aspectos técnicos, también debe asumir funciones de gestión que le permita alcanzar la calidad en las actividades que desempeña su área. Los laboratorios que se dedican a la docencia son ambientes de aprendizaje y espacios formativos, que en las últimas décadas, al igual que la enseñanza en aula, están teniendo grandes cambios que implican el uso de las tecnologías y la adopción de sistemas que promuevan la mejora continua en sus procesos (Falcon et al., 2021). La gestión rápida de la información a través de tecnologías de la información (TIC's) es tan solo un aspecto básico y necesario a implantar en cualquier laboratorio, debido al manejo de una gran cantidad de datos, como es el caso de los inventarios y las Hojas de Datos de Seguridad de los productos químicos.

Los inventarios, definidos de manera general, son aquellos artículos a la mano destinados para consumo o para ser utilizados en alguna actividad, este inventario se obtiene por la diferencia matemática entre la cantidad de productos que se tienen disponibles para el consumo (oferta) y la cantidad de productos que los clientes consumen (demanda), cuando se busca administrar un área con un control de inventarios se busca satisfacer las demandas de los clientes a un nivel predefinido con bajo costo (Alvarez & Cabrera, 2007). Las Hojas de Datos de Seguridad es la información que refiere sobre las características y propiedades de las sustancias o mezclas, así como de las condiciones de seguridad e higiene necesarias, por lo que es necesario siempre disponer de ellas en un laboratorio, de acuerdo a la Normatividad Mexicana del Sistema Armonizado de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (2015) es obligatorio contar con esta información en el área donde se resguarden químicos peligrosos.

En gran parte de las instituciones públicas de educación superior en México la tecnología no tiene el mismo impulso, el disponer de aplicaciones para el control de inventarios o administrar información a través de un smartphone, aún no está al alcance de todos, sobre todo cuando no existen estudios que puedan avalar la factibilidad de implementar algo que supone costos por desarrollo de software, es por ello que el prototipar una aplicación con uso de herramientas No-Code es una primera opción para valorar la factibilidad de invertir en herramientas digitales para mejorar los procesos. Es por lo anterior expuesto que se diseñó un prototipo de aplicación, programado en la plataforma <https://www.glideapps.com> la cual es considerada como una plataforma No-Code. No-Code, es una técnica para el desarrollo de aplicaciones web que proporcionan un ambiente gráfico donde no se escriben códigos de programación para generar una aplicación con información propia (Roig, 2021).

<sup>1</sup> Rafael Mex Alvarez es Profesor del Área de Farmacia de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche. [rafammex@uacam.mx](mailto:rafammex@uacam.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> David Yanez Nava es Docente de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche.

<sup>3</sup> María Guillen Morales es profesora de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche.

<sup>4</sup> Dayana Kuk Blanquet es profesora de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche.

<sup>5</sup> Giselle Guillermo Chuc es profesora de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Campeche.

<sup>6</sup> María Novelo Pérez es tesista de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche.

El presente trabajo se presenta como una oportunidad de mejora para el manejo de inventarios de un laboratorio de docencia en farmacia para administrar el stock de reactivos químicos y disponer de las hojas de seguridad a través de una aplicación web que funciona con smartphones con sistema iOS y android. Para el desarrollo de la aplicación se llevó a cabo con las 5 etapas del Design Thinking considerando comenzar con “Empatizar con el Usuario” (Castillo Vergara et al., 2014), para lo cual se obtuvo información del personal de laboratorios de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la institución en donde se detecta la oportunidad de mejora en el manejo de inventarios, de la información obtenida se prioriza 5 aspectos con los que se elabora el prototipo:

- Diseño User Experience and User Interface (UX/UI): Que la aplicación sea fácil, funcional e intuitiva que pueda ser utilizada por cualquier persona con conocimientos básicos en uso de aplicaciones digitales.
- Pertinencia al problema: La aplicación permite localizar rápidamente una sustancia química en el cuarto de reactivos del laboratorio en cuestión, disponer en segundos de su Hoja de Datos de Seguridad y saber con precisión cuánto se tiene en stock sin estar presente en las instalaciones, además de agregar y dar salida de inventario con la posibilidad de exportar informes institucionales.
- Acorde a normatividad: Qué la aplicación les permita acceder a información que sea mostrada con datos actualizados acorde a la identificación de la sustancia y si es peligrosa con su número de CAS y Hojas de Datos de Seguridad de 16 apartados en Sistema Global Armonizado.
- Baja demanda de internet: Que la aplicación pueda funcionar correctamente con el internet suministrado por la institución o con baja demanda de datos de telefonía.
- Compatibilidad con inventarios realizados en hojas de cálculo: Que la aplicación pueda emplear inventarios importados de hojas de cálculo para poder emplear una base de datos ya existente, siendo solo necesario incorporarlos a la aplicación.

## Metodología

Se diseñó un prototipo de aplicación para la gestión de inventarios de sustancias químicas con acceso a sus Hojas de Datos de Seguridad, lo anterior correspondiente a un almacén de reactivos químicos de un laboratorio de docencia donde se imparte prácticas para estudiantes de farmacia, el diseño, la programación, testeo y validación de la aplicación fue realizada por cuatro docentes de nivel superior de la institución educativa, certificados en uso de herramientas digitales, el diseño y programación se realizó con base a un estudio previo realizado al personal de laboratorios, considerando sus preferencias de usuario y expectativas en el diseño, por lo que la aplicación fue prototipada considerando fases del Design Thinking (Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y Testear) el prototipo fue programado en la plataforma No-Code de Glide® disponible en <https://www.glideapps.com>.

## Resultados

Se obtuvo un prototipo de aplicación que contenía solo 5 botones como panel estándar de funciones, el cual sufrió mejoras posterior a recibir retroalimentación por parte de los usuarios y colocado nuevamente en fase de prueba.

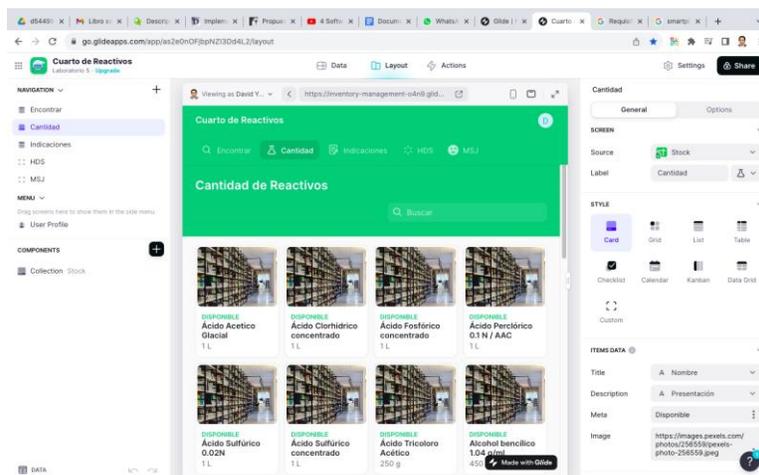


Figura 1. Pantalla Principal programación No-Code del prototipo  
(Fuente: Imágenes obtenidas de <https://www.glideapps.com> al programar el prototipo)

El prototipo no mostró problemas de compatibilidad al cargar la base de datos de inventarios realizados con Google Sheets, siendo necesario sólo ajustes, al correr la aplicación en versión smartphone no se experimentó errores considerando hasta 10 usuarios consultando información simultáneamente.

En la evaluación del prototipo, después del testeo, se alcanzaron resultados satisfactorios, teniendo mínimos reportes de fallas <10%:

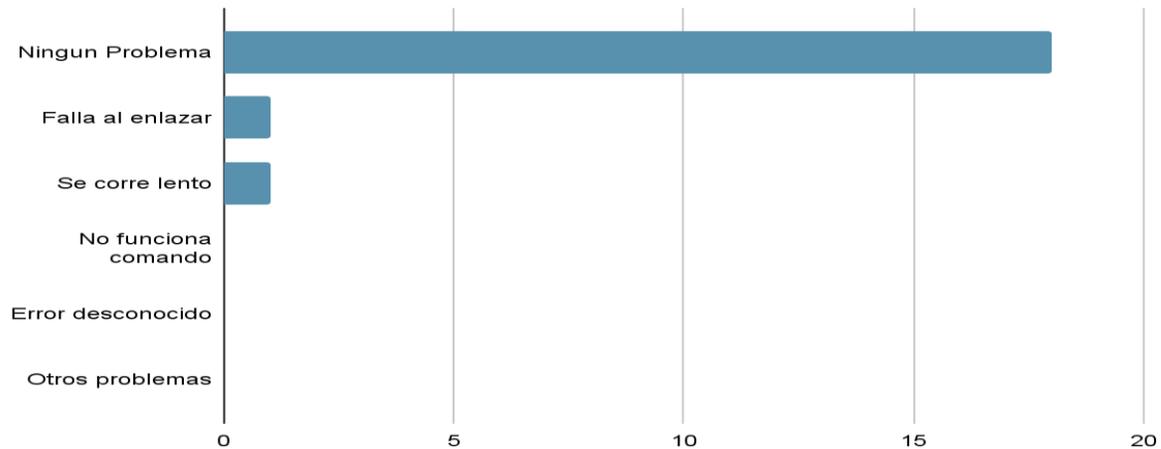


Figura 2. Fallas experimentadas por los usuarios con el prototipo

### Conclusiones

La aplicación propuesta para el manejo de inventarios y Hojas de Datos de Seguridad tuvo una buena aceptación por parte del personal de laboratorio, se considera viable y se recomienda su desarrollo, entre los puntos a mejorar se encuentra que pueda funcionar sin conexión a internet con opción de actualizarse cuando se tenga conexión, mejorar la interfaz para el acceso a información de Hojas de Seguridad y la implementación deberá ser opcional si se pretende que opere con el uso de smartphones del personal.

### Referencias

- Álvarez-Herrera, C.A., & Cabrera-Ríos, M. (2007). Control de inventarios y su aplicación en una compañía. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 241-248. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432007000400003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432007000400003&lng=es&tlng=es).
- Castillo-Vergara, M., Alvarez-Marin, A., & Cabana-Villca, R. (2014). Design thinking: cómo guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación. *Ingeniería Industrial*, 35(3), 301-311.
- FALCON ANAYA, Christopher Edgar; GONZALEZ REY, Gonzalo y BRIANZA GORDILLO, Gerardo.
- El laboratorio docente como espacio formativo en la práctica de ingeniería de engranaje.
- RP [online]. 2021, vol.9, n.1, pp.114-126. Epub 21-Dic-2021. ISSN 2308-3042.
- Norma Oficial Mexicana , 2015. NOM-STPS-2015. Diario Oficial de la Federación, 9 de octubre de 2015.
- Roig, D. (14 de Noviembre de 2021). Tecnologías Low-Code y No-Code: Un caso práctico para estudiar su potencial y limitaciones. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/174725/Roig%20-%20Tecnologias%20LowCode%20y%20NoCode%20Un%20caso%20practico%20para%20estudiar%20su%20potencial%20y%20limitacione.s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# Análisis Numérico del Esfuerzo en Fémur con Recubrimiento de Materiales Biocompatibles en la Cabeza Femoral

Lic. Ana Elisabeth Olivares Hernández<sup>1</sup>, Dr. Miguel Ángel Olivares Robles<sup>2</sup>,  
M. en C. Olao Yair Enciso Montes de Oca<sup>3</sup>, Dr. Juan Vicente Méndez Méndez<sup>4</sup>

**Resumen**—El uso de materiales no tóxicos y biocompatibles con el cuerpo humano, permite que la realización de prótesis y recubrimientos que favorezcan la integridad del hueso, mejorando la calidad de vida de los pacientes con diversas patologías óseas, previniendo las fracturas a nivel femoral. En esta investigación, se realiza el análisis de resistencia mecánica de un fémur sujeto a la carga que ejerce el peso corporal de un adulto promedio sobre la cabeza femoral. Los resultados se obtienen a través de un análisis numérico con diversos recubrimientos y se determina la concentración del esfuerzo máximo y la deformación. Los resultados muestran que el valor de la deformación más bajo se obtiene al recubrir con acero inoxidable la cabeza femoral, es decir para un esfuerzo máximo de  $3.1571 \times 10^7 \text{ Pa}$  se obtiene una deflexión en el fémur de 2.654 mm que es menor en un 8.23 % a la deflexión obtenida sin recubrimiento.

**Palabras clave**—Deformación de fémur, Materiales biocompatibles, Análisis de elemento finito, Concentración de esfuerzos

## Introducción

Las fracturas de la extremidad inferior del cuerpo humano son un problema de salud pública en México por su orevalencia. En México, se estima que existe una prevalencia anual de caídas de 30%, en donde 10-15% resultan en una fractura. (Rondanelli, 2005)

Según un estudio realizado en el hospital de Traumatología y Ortopedia “Lomas Verdes” del Instituto Mexicano del Seguro Social, se observó que la fractura transtrocanterica fue el subtipo más frecuente presentado de acuerdo con la localización anatómica. Se ha reportó que las fracturas intertrocantericas, transtrocantericas o pertrocantericas corresponden al 40-45% de todas las fracturas de la cadera. (Lovato-Salas *et al.* 2015)

El sector esférico de la cabeza femoral fue descrito por Pauwels en 1963. Representa el hueso subcondral que soporta las cargas compresivas de manera continua y con dirección constante. (Álvarez *et al.* 2011, Kapandji 1988, Plischuk *et al.* 2014) El área femoral que entra en contacto con el área de carga acetabular es denominada sector esférico de carga de la cabeza femoral, su importancia radica en el análisis del estudio de las fuerzas que actúan directamente sobre la superficie de la cabeza femoral para posteriormente distribuir dichas fuerzas a lo largo del fémur. Cuando las fuerzas son superiores al módulo elástico del hueso se llega a una fractura, y en ocasiones los pacientes reciben una cirugía de cadera, la cual varía dependiendo de la ubicación de la lesión, es decir, si la fractura se presenta en el cuello femoral se suele utilizar osteosíntesis como tornillos o sistemas diseñados para este tipo de fracturas. Asimismo, cuando el cartílago de la articulación se desgasta gradualmente y el espacio articular protector entre los huesos disminuye (artrosis) se llega a requerir un reemplazo articular de cadera. (Rueda *et al.* 2017 y Pablo *et al.* 2002)

Los materiales de los cuales se componen dichos reemplazos llegan a tener una vida útil de entre 5-10 años, para posteriormente ser cambiados poniendo en riesgo la integridad del hueso y la salud del paciente. Por ello, en esta investigación se propone el análisis del esfuerzo en fémur ante recubrimientos con materiales compatibles con hueso que nos promuevan la disminución de éste al ser sujeto a la carga que ejerce el peso corporal de un adulto promedio sobre la cabeza femoral.

<sup>1</sup> Lic. Ana Elisabeth Olivares Hernández es actualmente actualmente Fisioterapeuta egresada de la Facultad de Medicina de la UNAM y estudiante de Doctorado en Nanociencias y Micro-nanotecnologías en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Unidad Zacatenco (ENCB Zacatenco) Instituto Politécnico Nacional (IPN) [anaeli99@gmail.com](mailto:anaeli99@gmail.com)

<sup>2</sup> Dr. Miguel Ángel Olivares Robles recibió el grado de Maestro en Ciencias en Física y el Grado de Doctor en Ciencias en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Iztapalapa), actualmente es Profesor Investigador Titular, definitivo y de tiempo completo en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Culhuacán del IPN [olivares@ipn.mx](mailto:olivares@ipn.mx) [gpgomez@unorte.edu](mailto:gpgomez@unorte.edu) (autor corresponsal)

<sup>3</sup> M. en C. Olao Yair Enciso Montes de Oca es actualmente estudiante de doctorado en Nanociencias y Micro-nanotecnologías en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Unidad Zacatenco (ENCB Zacatenco) Instituto Politécnico Nacional (IPN) [olaoyairenciso1991@gmail.com](mailto:olaoyairenciso1991@gmail.com)

<sup>4</sup> Dr. Juan Vicente Méndez Méndez recibió el Grado de Maestro en Ciencias en ESIME Zacatenco y Doctor en Ciencias en la Universidad de Manchester en 2010, es actualmente Profesor e Investigador en el Centro de Nanociencias y Micro- Nanotecnologías del Instituto Politécnico Nacional. [jmendezm@ipn.mx](mailto:jmendezm@ipn.mx)

## Metodología

### Condiciones de Simulación del Fémur.

El análisis de resistencia mecánica del fémur se lleva a cabo utilizando el software de ANSYS, el cual resuelve el sistema mediante el método de elemento finito. Durante la simulación numérica, se considera que el fémur está sometido a una carga de 750 N, el extremo inferior del hueso permanece inmóvil y se usan recubrimientos metálicos biocompatibles con el cuerpo humano sobre la cabeza femoral. En la figura 1, se observa el fémur sometido a una carga excéntrica y las respectivas partes del mismo, además, las propiedades mecánicas utilizadas se muestran en la Tabla 1.

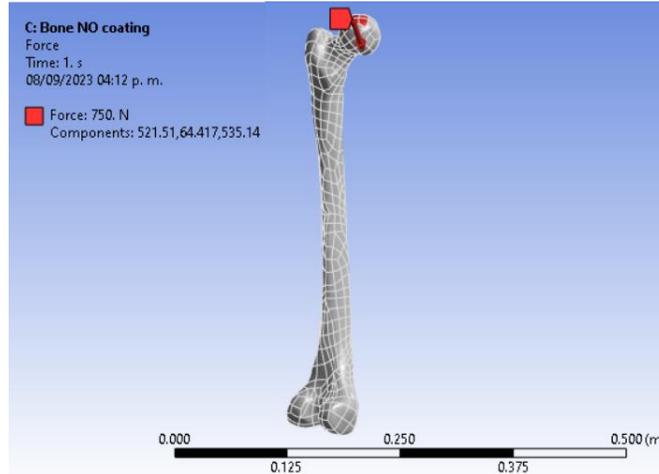


Figura 1. Simulación del fémur y zona de aplicación de carga

| Propiedad del material  | Símbolo | Valor                   |
|-------------------------|---------|-------------------------|
| Módulo de Elasticidad   | $E$     | 17 Gpa                  |
| Coefficiente de Poisson | $\nu$   | 0.33                    |
| Densidad                | $D$     | 1800 kg m <sup>-3</sup> |
| Longitud del fémur      | $L$     | 46.77 cm                |
| Carga                   | $F$     | 750 N                   |

Tabla 1. Propiedades mecánicas y dimensiones de fémur.

Por otro lado, los materiales biocompatibles utilizados para recubrir la cabeza femoral son los siguientes: oro, titanio y acero inoxidable. Cada uno cuenta con distintas propiedades mecánicas, las cuales se observan en la Tabla 2. Se realizan 4 distintas simulaciones para los recubrimientos anteriormente mencionados y se analizan los resultados.

| Propiedades Mecánicas del Oro              |                          |
|--|--------------------------|
| Módulo de Elasticidad                      | 7.576E+10 Pa             |
| Coefficiente de Poisson                    | 0.42                     |
| Densidad                                   | 19300 kg m <sup>-3</sup> |
| Espesor                                    | 1 mm                     |
| Propiedades Mecánicas del Titanio          |                          |
| Módulo de Elasticidad                      | 9.6E+10 Pa               |
| Coefficiente de Poisson                    | 0.36                     |
| Densidad                                   | 4620 kg m <sup>-3</sup>  |
| Espesor                                    | 1 mm                     |
| Propiedades Mecánicas del Acero Inoxidable |                          |
| Módulo de Elasticidad                      | 2E+11 Pa                 |
| Coefficiente de Poisson                    | 0.3                      |
| Densidad                                   | 7850 kg m <sup>-3</sup>  |
| Espesor                                    | 1 mm                     |

Tabla 2. Propiedades mecánicas de los materiales biocompatibles.

**Ecuación para la deflexión y esfuerzo máximo**

La ecuación diferencial utilizada por ANSYS para calcular la deflexión del fémur es la siguiente:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{P}{EI} v = -\frac{P}{EI} e \tag{1}$$

donde  $P$ ,  $E$ ,  $I$ ,  $e$  y  $v$  son la carga aplicada, el módulo de elasticidad, el momento de inercia, la excentricidad y la deflexión, respectivamente.

$$\sigma_{Max} = \frac{P}{A} \left( 1 + \frac{ec}{r^2} \text{Sec} \left( \frac{L}{2r} \sqrt{\frac{P}{EA}} \right) \right) \tag{2}$$

donde  $\sigma_{Max}$ ,  $r$  y  $A$  son el esfuerzo máximo, el radio de giro y el área de sección transversal del fémur, respectivamente.

**Resultados**

Estableciendo las condiciones iniciales e introduciendo los valores de los parámetros dimensionales y propiedades mecánicas de los materiales, obtenemos los resultados de los valores máximos del esfuerzo y la deflexión del fémur. En la figura 2, se muestra la deflexión que el fémur va adquiriendo conforme se avanza hasta su longitud final para los distintos recubrimientos. El fémur sin recubrimiento presenta una deflexión máxima de  $v_{max} = 28.923 \text{ mm}$ , el recubierto por oro de  $v_{max} = 27.337 \text{ mm}$ , el recubierto por titanio de  $v_{max} = 27.144 \text{ mm}$  y el recubierto por acero inoxidable de  $v_{max} = 26.54 \text{ mm}$ . Los resultados muestran que la deflexión del fémur va disminuyendo cuando se usa un recubrimiento sobre la cabeza femoral. El recubrimiento de oro, titanio y acero inoxidable disminuyen en un 5.48%, 6.15% y 8.23%, respectivamente, la deflexión que el fémur experimenta cuando no se usa ningún recubrimiento.

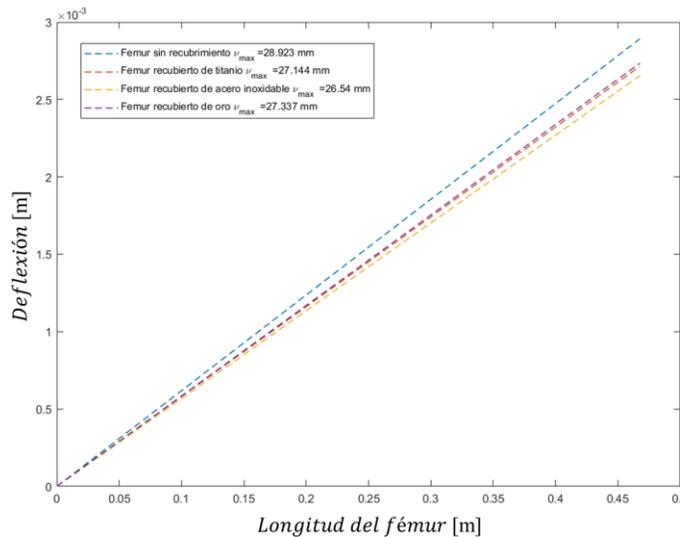


Figura 2. Deflexión del fémur con los distintos recubrimientos.

En la figura 3, se puede observar la concentración del esfuerzo máximo para los distintos recubrimientos. El fémur sin recubrimiento, el recubierto con oro, el recubierto con titanio y el recubierto con acero inoxidable, presentan un esfuerzo máximo sobre el cuerpo de  $3.1265 \times 10^7 \text{ Pa}$ ,  $3.1466 \times 10^7 \text{ Pa}$ ,  $3.1491 \times 10^7 \text{ Pa}$ , y  $3.1571 \times 10^7 \text{ Pa}$ , respectivamente.

| Material          | Esfuerzo máximo $\times 10^7$ (Pa) |
|-------------------|------------------------------------|
| Sin recubrimiento | $3.1265 \times 10^7$               |
| Oro               | $3.1466 \times 10^7$               |
| Titanio           | $3.1491 \times 10^7$               |
| Acero inoxidable  | $3.1571 \times 10^7$               |

Tabla 3. Esfuerzos máximos del fémur por los distintos recubrimientos.

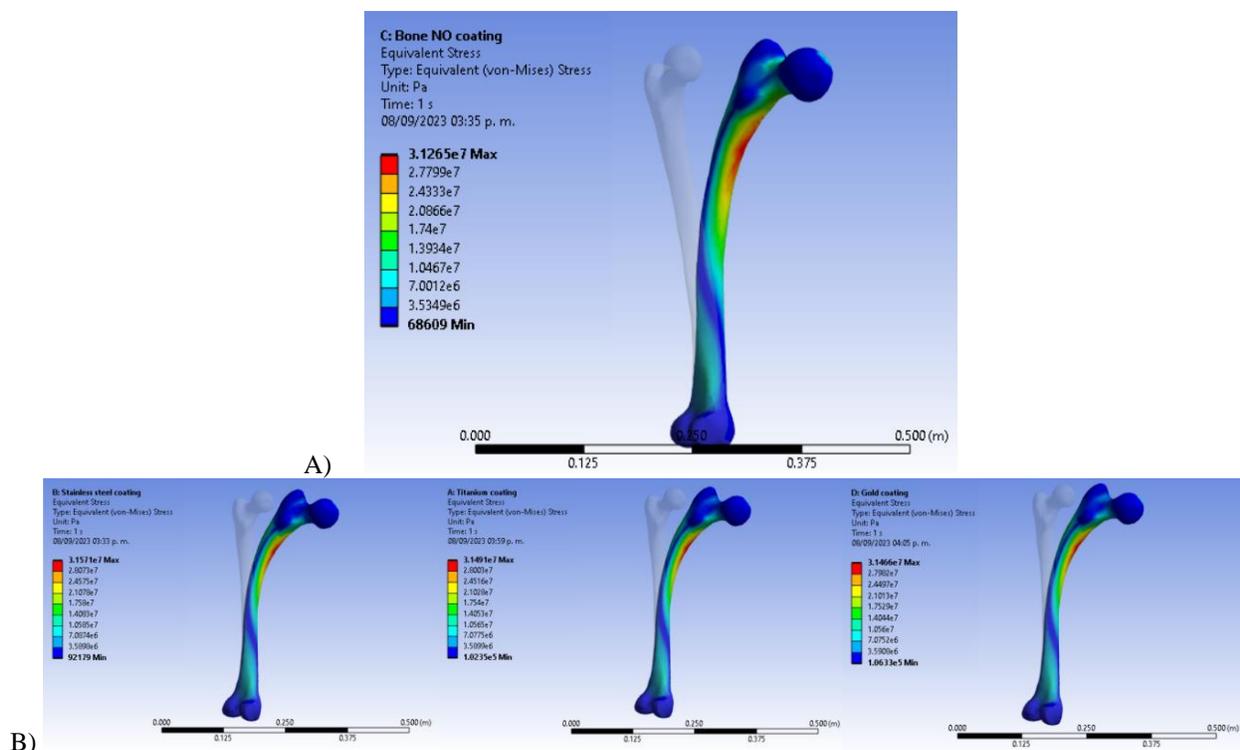


Figura 3. (A) Muestra los resultados obtenidos de la simulación del estrés máximo en el fémur sin recubrimiento, por otro lado, la (B) Muestra los resultados estrés máximo en el fémur con recubrimiento de acero inoxidable, titanio y oro respectivamente.

### Discusión de resultados

Se propone un recubrimiento de la epífisis proximal de fémur con biomateriales, los cuales muestran una disminución en la deflexión del fémur ante la carga de peso corporal en la cabeza femoral. Se consideraron tres materiales biocompatibles como oro, titanio y acero inoxidable.

El recubrimiento de acero inoxidable permite que el fémur tenga la deflexión más baja, también es el recubrimiento que genera el esfuerzo máximo más grande. El esfuerzo máximo aumenta 306 KPa con respecto al fémur sin recubrimiento. Sin embargo, este esfuerzo máximo no rebasa el valor del módulo de elasticidad y, por lo tanto, no representa un riesgo de fractura. El recubrimiento en el cuello femoral se lleva a cabo como una medida para prevenir las fracturas más comunes en este hueso. Por consiguiente, el recubrimiento de titanio y oro presentan un desempeño similar en la deflexión de fémur, sin embargo, al analizar los esfuerzos máximos de estos recubrimientos, el oro es el material que genera menor esfuerzo máximo.

Dichos recubrimientos al ser implementados en el cuerpo humano sugieren un método de prevención de fracturas, donde no se compromete la integridad del hueso y al ser de materiales biocompatibles evitarían el rechazo de éste por un tiempo mayor.

### Conclusiones

El análisis del esfuerzo máximo y la deflexión de un fémur bajo una carga constante y con distintos recubrimientos, nos lleva a concluir lo siguiente:

\*Al someter el fémur a una carga constante y sin recubrimiento, se obtiene un valor de esfuerzo máximo más pequeño. Sin embargo, hay un alto riesgo de que suceda una fractura en el cuello femoral debido a la carga que se aplica sobre la cabeza femoral.

\*El análisis del fémur recubierto con acero inoxidable, ayuda a determinar que la deformación que experimenta el fémur con este recubrimiento es la más baja. Su deflexión disminuye en un 8.23% en comparación con el fémur que no tiene recubrimiento.

\*Recubrir el cuello femoral con una capa de acero inoxidable, aumenta en 306 KPa el esfuerzo máximo en el cuerpo del fémur con respecto al fémur sin recubrimiento. Sin embargo, el recubrimiento permite una disminución del riesgo de fractura del cuello femoral y el esfuerzo máximo es menor al módulo de elasticidad del fémur.

### Limitaciones

Esta investigación no toma en consideración la disposición del sistema trabecular en la cabeza del fémur, lo cual puede influir en la simulación de fracturas. Así como las inserciones musculares distribuidas a lo largo de la epífisis proximal y diáfisis del fémur.

### Recomendaciones

Se recomienda que las futuras investigaciones puedan incluir en el análisis del estrés en fémur condiciones de salud donde la integridad del hueso se vea comprometida o bien factores de riesgo que promuevan la presencia de fracturas en éste, como la osteoporosis y osteogénesis imperfecta, y bien la obesidad como principal condición de salud que afecta a nuestro país en la actualidad.

## Referencias

- Álvarez San Martín, Raúl, & Velutini Kochen, José Antonio. (2011). Anatomía de la Cabeza Femoral Humana: Consideraciones en Ortopedia, Parte II. Biomecánica y Morfología Microscópica. *International Journal of Morphology*, 29(2), 371-376. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022011000200010>
- Kapandji, I. A. Cuadernos de fisiología articular. 4ª. Ed. Barcelona, Masson, 1988.
- Lovato-Salas, F, Luna-Pizarro, D, Oliva-Ramírez, SA, Flores-Lujano, J, & Núñez-Enríquez, JC. (2015). Prevalencia de fracturas de cadera, fémur y rodilla en la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes" del Instituto Mexicano del Seguro Social. *Acta ortopédica mexicana*, 29(1), 13-20. Recuperado en 08 de septiembre de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2306-41022015000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022015000100002&lng=es&tlng=es).
- Pablo, de L. C. & Domínguez, E. Tratamiento de las fracturas de huesos largos. *Manual de Osteosíntesis*. Madrid, Masson, 2002. pp.88-97.
- M. Plischuk, A.M. Inda, A.L. Errecalde, Modificaciones de la estructura ósea del fémur proximal. Análisis de una muestra esqueletal, *Revista Argentina de Radiología*, Volume 78, Issue 1, 2014, Pages 42-48, ISSN 0048-7619, [https://doi.org/10.1016/S0048-7619\(14\)70038-9](https://doi.org/10.1016/S0048-7619(14)70038-9). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048761914700389>)
- Rondanelli, A. M. (2005). Fracturas de cadera en ancianos. *Revista colombiana de ortopedia y traumatología*, 19(1).
- Rueda, G., José Leonardo Tovar, Saúl Renán León Hernández, Quintero, D., & Carlos Andrés Beltrán. (2017). Características de las fracturas de fémur proximal. *Repertorio de Medicina Y Cirugía*, 26(4), 213–218. <https://doi.org/10.1016/j.reper.2017.09.002>

## Notas Biográficas

La Lic. **Ana Elisabeth Olivares Hernández** ha presentado publicaciones en colaboración con la Unidad de Investigación en Fisioterapia (UNIFIS) de la UNAM, y con la Universidad de Sydney en Australia. Actualmente su línea de investigación es la biomecánica del cuerpo humano.

El **Dr. Miguel Ángel Olivares Robles** actualmente es Profesor Investigador Titular, definitivo y de tiempo completo en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Culhuacán del IPN, dirige Tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado. Tiene varias líneas de investigación y es miembro de la Red de Nano ciencias del Instituto Politécnico Nacional.

El **M. en C. Olao Yair Enciso Montes de Oca** obtuvo el grado de ingeniero mecánico por el Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Tláhuac II en año 2016. Posteriormente, se graduó del Instituto Politécnico Nacional obteniendo el título de Maestría en Ciencias de Ingeniería en Sistemas Energéticos con mención honorífica. Actualmente es estudiante de doctorado en Nanociencias y Micro-nanotecnologías en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

El **Dr. Juan Vicente Méndez Méndez** es actualmente Profesor e Investigador en el Centro de Nanociencias y Micro- Nanotecnologías del Instituto Politécnico Nacional. Dirige Tesis de Maestría y Doctorado del alumnado del Instituto Politécnico Nacional.

# Causas De Ingreso Al Área De Neonatología Asociadas A La Lactancia Materna En El Periodo Enero – Diciembre 2022 en un Hospital Público de la Ciudad de Matehuala San Luis Potosí

Sara Lidia Ramírez Obregón<sup>1,2</sup>; Lucia Ávila Mendoza<sup>1</sup>; Lizbeth Edith Orozco Villanueva<sup>1</sup>., Alma Delia Lara Cerda<sup>1</sup>, Nereyda Hernández Nava<sup>2</sup>

**Resumen**— La lactancia materna es una de las formas más eficaces de garantizar la salud y la supervivencia de los niños. De acuerdo a la OMS menos de la mitad de los lactantes se alimentan exclusivamente con leche materna. Las complicaciones por no hacerlo repercuten en la salud del niño. Metodología: Estudio cuantitativo, retrospectivo, el objetivo fue conocer las causas de ingreso hospitalario en recién nacidos y la relación que guardaba la alimentación exclusiva con leche materna. La fuente de información fueron los registros de ingreso hospitalario y expedientes clínicos, análisis SPSS. Resultados: Se encontró como principal causa de ingreso hospitalario la deshidratación, hipoglucemia e hiperbilirrubinemia y esta guardaba una relación directa con la no alimentación exclusiva de Seno materno. Conclusiones: Es necesario fomentar el apego inmediato, desde el quehacer de la enfermería ya que este disminuye el riesgo de fracaso de la lactancia materna, además de que ayuda a prevenir enfermedades en el recién nacido.

**Palabras clave**— Neonatología, Ingreso Hospitalario, lactancia Materna

## Introducción

La lactancia materna es una de las formas más eficaces de garantizar la salud y la supervivencia de los niños. Sin embargo, contrariamente a las recomendaciones de la OMS, menos de la mitad de los lactantes se alimentan exclusivamente con leche materna. La Organización Mundial de la Salud OMS, hace referencia que la lactancia materna debe ser exclusiva desde nacimiento hasta los seis meses de vida y complementaria hasta los dos años o más si así lo desea. La presente investigación da la oportunidad de identificar las causas de ingreso al área de neonatología asociadas a la lactancia materna, con la finalidad de disminuir los ingresos innecesarios al área, fortaleciendo las intervenciones necesarias para el inicio oportuno y temprano, así como el establecimiento eficaz de la lactancia materna intrahospitalaria en los primeros días de vida, favoreciendo la continuidad en el manejo domiciliario del recién nacido. En el último año se ha incrementado el ingreso de recién nacidos al área de neonatología con patologías asociadas a la lactancia materna, por lo que es preocupante y necesario el identificar las principales causas que contribuyen a la inadecuada alimentación que se le está brindando al recién nacido en sus primeras horas de vida, ya que esto nos lleva a la necesidad de una mayor vigilancia del apego a la lactancia materna. Consideramos que parte del problema está enfocado en el apego tardío posterior al parto, la vigilancia de la lactancia materna exclusiva, la vigilancia de las técnicas correctas para brindar la lactancia materna, la falta de asesoría a madres con problemas evidentes para el inicio y mantenimiento de la lactancia materna, la orientación a la madre trabajadora cuando egresa de la unidad, sobre las técnicas para el mantenimiento de la lactancia materna durante sus horarios laborales, así como los beneficios para el binomio durante el establecimiento de la lactancia materna, por lo cual creo que este protocolo de investigación dará la pauta para identificar la problemática y tomar acciones correctivas y efectivas que permitan establecer una lactancia materna eficaz en los recién nacidos de esta unidad. De aquí que surja la pregunta de investigación ¿Cuáles son las causas de ingreso al área de neonatología asociadas a la lactancia materna en el periodo enero-diciembre 2022? El objetivo que se pretende alcanzar es: Determinar las causas de ingreso al área de neonatología asociadas a la lactancia materna del periodo enero-diciembre 2022 en un hospital público de la ciudad de Matehuala.

## Metodología

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que busca conocer las cifras y las similitudes entre ellas. Es un estudio de corte transversal, ya que se recopilaron datos en un solo momento. Se consideraron únicamente las estadísticas del año 2022 enero-diciembre, de acuerdo a la información registrada en el Hospital Público.[4]

Los criterios de inclusión para este estudio fueron pacientes pediátricos registrados atendidos en el Hospital Público en el periodo de enero-diciembre 2022, tomando como variables los elementos que se llevan en la cédula de registro

<sup>1</sup> Hospital General de Matehuala

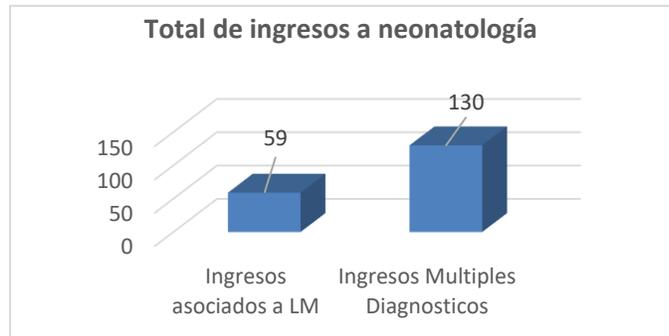
<sup>2</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Autor corresponsal: [nereyda.hernandez@uaslp.mx](mailto:nereyda.hernandez@uaslp.mx)

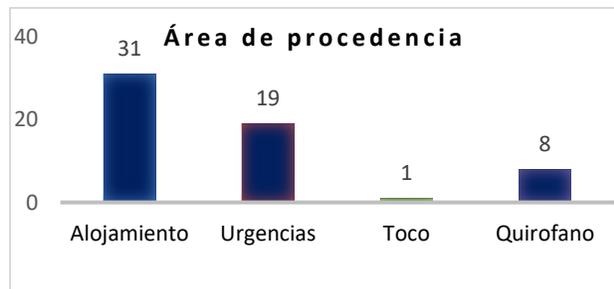
electrónico del Hospital. Posteriormente, se elaboró un informe. La información se manejó en SPSS v23 y en paquete de Windows Excel. Se presentan los resultados en porcentajes y numero frecuentes. En cuanto a las consideraciones éticas, se siguieron los lineamientos establecidos en la , la Declaración de Helsinki, la Ley General de Salud (artículos 2, 3, 17, 68 fracción IV, Título Quinto Investigación para la Salud, artículos 96, 97, 99, 100 fracción IV consentimiento informado, 101, 102 fracción IV protocolo de investigación y 465 penas), el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, y la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la investigación en seres humanos.

### Resultados

Se clasifican los datos correspondientes a los 59 expedientes que cumplieron con los criterios de inclusión, para ser analizados mediante el programa SPSS.



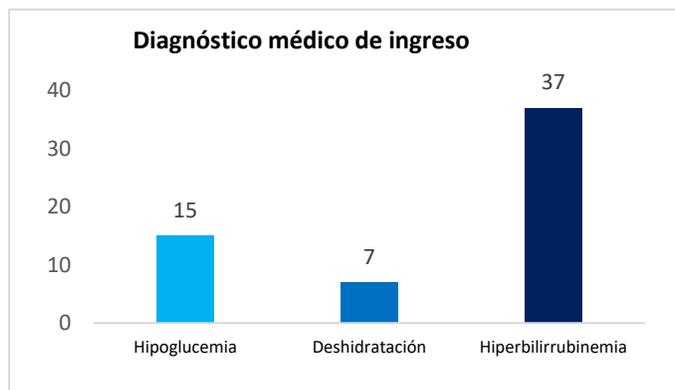
En base a la gráfica anterior se puede observar que del total de ingresos al área de neonatología en el periodo 2022, el 31.2% de estos están relacionados con diagnósticos asociados a la lactancia materna. Lo que corresponde a casi una tercera parte de la población atendida. Gráfica No.1 Fuente: Expedientes clínicos.



Basados en esta gráfica, se puede observar que el mayor número de ingresos al área de neonatología son procedentes del área de Alojamiento conjunto y corresponden al 52.5% del total, lo que es un indicativo de que durante las primeras horas de atención al recién nacido no se le está brindando la vigilancia estrecha y necesaria para el correcto establecimiento de la lactancia materna. Aquí mismo se puede observar que la segunda área de mayores ingresos a neonatología es urgencias con un 32.2% y esto puede ser derivado de las malas técnicas

alimenticias que se establecen en el hogar y que no están ligadas a la lactancia materna exclusiva

En esta gráfica se puede observar, que el diagnostico medico con mayor porcentaje es la hiperbilirrubinemia con un 62.7%, lo cual pudiera considerarse que esta puede ser multifactorial, sin embargo al hacer revisión de los expedientes y en base a los días de estancia hospitalaria, se puede asociar a la mala técnica de alimentación y el mejoramiento en el establecimiento de la lactancia materna, ya que de lo contrario la hiperbilirrubinemia patológica prolongaría más la estancia del recién nacido





Con respecto a la mención de la gráfica anterior, en esta grafica se puede observar que los días de estancia con un porcentaje de 80% son de 1 a 3 días, lo que se asocia a que durante este periodo se vigila y se establece de manera correcta la lactancia materna y se egresa al recién nacido a su domicilio con las bases necesarias para una correcta alimentación. Gráfica No.4 Fuente: Expedientes clínicos.

En esta gráfica se observa que desafortunadamente al 100% de los ingresos a el área de neonatología se les indicó alimentación suplementaria con sucedáneo de la leche materna durante la estancia hospitalaria, considerando que esto incrementa los factores de abandono de la lactancia materna y aumenta las causas de ingreso a el área de neonatología. Gráfica No.5 Fuente: Expedientes clínicos.



Se puede observar que existe prevalencia en el mes de septiembre y junio, sin embargo, esto no es indicativo de prevalencia de factores que asocian los ingresos a el área de neonatología con el mes de nacimiento.

De igual manera, el resto de las causas resultan de la plena responsabilidad del personal enfermero, pues no debe llegar ninguna gestante al momento del parto, con las mamas no aptas, la preparación de éstas debe comenzar desde el mismo momento de la captación del embarazo detectándose desde entonces cualquier alteración y/o anomalía en las mismas que puedan comprometer la futura lactancia materna.

En otras causas se recoge una mamá que, aunque lacta a su bebé no lo hace de manera eficaz, pues combina la leche materna con otros alimentos alegando que el bebé no se llena. Esta es una causa frecuente de interrupción de la exclusividad de la lactancia materna, según múltiples estudios realizados relacionados con los factores que propician la interrupción precoz de la lactancia materna. Otras causas frecuentes referidas en estudios realizados al respecto revelan que la hipogalactia es otra de las causas frecuentes de abandono temprano. Gráfica No.6 Fuente: Expedientes clínicos.

### Conclusiones

El trabajo mancomunado y sólido del personal de enfermería a la vanguardia del equipo de salud con sus acciones independientes desde el mismo momento de la captación del embarazo hasta la obtención del producto de la concepción y entre cuatro y seis meses después de éste, garantizará que toda mamá egrese del hospital materno con la categoría diagnóstica lactancia materna eficaz, y que ésta no se revierta y se convierta en la categoría diagnóstica lactancia materna ineficaz. El personal de enfermería tiene la responsabilidad plena de que ello no ocurra. Se presenta

el predominio de las que realizan la lactancia materna eficaz, sobre aquellas que la realizan ineficazmente, siendo la principal causa de ello la práctica de una técnica incorrecta, en lo cual tiene gran responsabilidad el personal de enfermería.

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación llegamos a las siguientes conclusiones.

El apego inmediato, disminuye el riesgo de fracaso de la lactancia materna.

Las patologías encontradas en el presente estudio, pueden ser multifactoriales, sin embargo, en base a la revisión de expediente se observó que las aquí mencionadas si están asociadas a las inadecuadas técnicas de lactancia materna.

Basado en el análisis se observa que no se da la vigilancia necesaria por parte del personal de salud, para la alimentación efectiva del recién nacido con la implementación de la lactancia materna exclusiva.

Se puede observar que los ingresos que se realizan al área de neonatología, son significativos y se considera que pudieran ser innecesarios si se llevara a cabo la lactancia materna exclusiva y efectiva desde el nacimiento hasta el egreso del recién nacido, con la oportunidad de seguimiento constante por medio de la clínica de lactancia materna en su grupo de apoyo. Lo cual contribuye a la optimización de recursos institucionales.

### Referencias

1.- Ynguil Amaya, W., Caciano Leiva, B., Vega Díaz, H., & Bravo Avilés, J. (2022). Factores de riesgo asociados a hipoglucemia en recién nacidos. *Acta Médica Peruana*, 39(1), 65-72.

2.- Sanisaca Vera, H. S., & Vargas Loor, M. H. (2021). Hipoglucemia neonatal asociada a lactancia materna inadecuada (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Médicas. Carrera de Obstetricia).

3.- López Martín D, Alonso Montejó MM, Ramos Fernández JM, Córdón Martínez AM, Sánchez Tamayo T, Urda Cardona AL. Deshidratación hipernatrémica grave neonatal por fallo en la instauración de la lactancia materna: estudio de incidencia y factores asociados. *Rev Pediatr Aten Primaria*. 2018; 20:229-35.

4.- Hernández Sampieri Roberto, F. C. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ta. Edición. México D.F.: McGrawHill, Interamericana Editores, S.A. de C.V.

5.- Martínez Montaña María Del Lurdes C, B. R. (2013). *Metodología de la Investigación para el área de la Salud*. II edición. México D.F.: McGrawHill.

6.- Ñaupás Paitán Humberto, M. M. (2014). *Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis*. 4ta, Edición. Bogota Colombia: Ediciones de la U.

7.- Sergio, G. B. (2012). *Metodología de la Investigación*. Estado de México: Red Tercer Milenio S.C.

Nota: Agradecemos todo el apoyo al Hospital por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación, así como el apoyo incondicional de la Jefe de enfermeras

# Comparación de Métodos de Purificación usando IMAC para el Dominio vNART1 Recombinante Expresado en *E. coli* con Reconocimiento a TGFβ Humano

Ing. Luz Aurora Ramírez Ronzón<sup>1</sup>, Dr. Néstor Emmanuel Díaz Martínez<sup>2</sup>, Dr. Pavel Hayl Lugo Fabres<sup>3</sup>, Dra. Tanya Amanda Camacho Villegas<sup>4\*</sup>.

**Resumen**—Los dominios vNAR, presentes en peces cartilagosos, se consideran como los fragmentos de anticuerpos con capacidad de reconocimiento más pequeñas encontradas en la naturaleza y pueden tener diferentes usos terapéuticos o de diagnóstico. Su estructura sencilla permite su expresión recombinante en bacterias, facilitando su extracción y purificación. La forma predilecta de purificar proteínas con etiqueta de histidinas es mediante IMAC (Cromatografía de Afinidad a Metales Inmovilizados), para lo cual existen equipos como el FPLC o columnas de gravedad. El objetivo del presente estudio fue comparar la pureza y el rendimiento de ambas metodologías de purificación para el dominio vNART1 partiendo de las mismas condiciones de extracción desnaturizante y replegamiento. Como resultado se encontró una mayor pureza y un rendimiento tres veces mejor en la purificación por FPLC en comparación con la columna de gravedad.

**Palabras clave**—purificación, FPLC, vNAR, IMAC, cuerpos de inclusión.

## Introducción

En la década de los noventa, en peces cartilagosos fueron descritos anticuerpos poco convencionales llamados IgNAR por sus siglas en inglés “inmunoglobulina del nuevo receptor de antígeno”. A diferencia de las inmunoglobulinas convencionales, los IgNAR sólo poseen dominios de cadena pesada constantes y una región variable (vNAR) con capacidad de reconocimiento a antígeno (Greenberg, A.S. et al. 1995). Este dominio variable de cadena pesada denominado vNAR puede ser utilizado de manera independiente del resto del anticuerpo y por su pequeño tamaño (12-15 kDa), resistencia a altas temperaturas, alto grado de osmolaridad, resistencia a pH extremo y alta especificidad, se ha vuelto una molécula atractiva para aplicaciones terapéuticas y de diagnóstico (Ubah O.C. et al. 2018). Las técnicas actuales como el despliegue en fagos permiten seleccionar dominios vNAR contra diferentes citocinas y receptores de interés biológico, ya sea para neutralizar o acarrear un fármaco.

Gracias a su estructura sencilla comparada con las inmunoglobulinas humanas (por ejemplo, las IgG), los dominios vNAR pueden producirse de manera exitosa en sistemas de expresión bacteriana sin la necesidad de células de mamífero, reduciendo así su costo de producción (Zielonka S. et al. 2014). Una vez expresada, la proteína puede ser almacenada de manera soluble en el periplasma o de manera insoluble en los cuerpos de inclusión de la bacteria hospedera. La primera alternativa permite obtener la proteína soluble en su forma nativa, sin embargo, los rendimientos (cantidad de vNAR/volumen de inducción, mg/L) no son altos. La segunda alternativa genera un mayor rendimiento de la proteína, no obstante, es necesario solubilizarla y replegarla antes de la purificación. El método predilecto para purificar proteínas recombinantes con una etiqueta de histidinas a través de la cromatografía de afinidad con iones metálicos inmovilizados (IMAC), que está disponible comercialmente en diferentes tipos de formatos, siendo las matrices de níquel-ácido nitrilotriacético (Ni-NTA) las más utilizadas (Priestersbach, A. et al. 2015). El NTA es un ligando quelante unido en una matriz de agarosa al 6% altamente entrecruzada, que une iones Ni<sup>2+</sup> mediante cuatro posibles enlaces covalentes coordinados. Este proceso se basa en la interacción de los iones de níquel con el anillo de imidazol presente en los residuos de histidina (Block, H. et al 2009). La elución de la proteína de interés se realiza empleando altas concentraciones de imidazol (100-500 mM) que compiten con la interacción de las proteínas unidas a la resina. Esta metodología se puede realizar de manera manual con columnas de gravedad o de manera automática con equipos de cromatografía especializados por ejemplo la cromatografía líquida de flujo rápido

<sup>1</sup> La Ingeniera Biotecnóloga Luz Aurora Ramírez Ronzón es estudiante de la Maestría en Ciencias en Innovación Biotecnológica con opción terminal en Biotecnología Médica Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Guadalajara, México. [luramirez\\_al@ciatej.edu.mx](mailto:luramirez_al@ciatej.edu.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Néstor Emmanuel Díaz Martínez es Investigador de la Unidad de Biotecnología Médica-Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Guadalajara, México. [ediaz@ciatej.mx](mailto:ediaz@ciatej.mx)

<sup>3</sup> El Dr. Pavel Hayl Lugo Fabres es Investigador por México adscrito a la Unidad de Biotecnología Médica-Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Guadalajara, México. [plugo@ciatej.mx](mailto:plugo@ciatej.mx)

<sup>4</sup> La Dra. Tanya Amanda Camacho Villegas es Investigadora por México adscrita a la Unidad de Biotecnología Médica-Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Guadalajara, México. [camacho@ciatej.mx](mailto:camacho@ciatej.mx) (autor correspondiente).

(FPLC). Aun cuando el principio de acción es el mismo, existen diferencias en el rendimiento, el costo y la pureza de las proteínas obtenidas. Idealmente, se espera que el método de purificación sea capaz de purificar de manera específica la proteína de interés, además de recuperar la mayor cantidad de ésta de manera reproducible y replicable. En el presente trabajo comparó el rendimiento y pureza la purificación de un dominio vNART1 anti-TGF $\beta$  usando columnas de gravedad y el equipo de FPLC.

## Metodología

### *Inducción del dominio vNAR*

El dominio vNAR-T1 anti-TGF- $\beta$  fue clonado anteriormente por este grupo de investigación de manera exitosa en el plásmido pET28a+, que contiene el gen de resistencia a kanamicina como marcador de selección y se empleó para la transformación de la bacteria *E. coli* cepa BL21 (DE3). Para la producción de proteína, se preparó un preinóculo usando una colonia aislada positiva al inserto vNAR en 10 mL de medio 2XYT suplementado con kanamicina a 50  $\mu$ g/mL a 37 °C y 200 rpm durante 14 horas. Enseguida, se tomaron 4 mL de preinóculo y se inocularon en 400 mL de medio 2XYT suplementado con kanamicina 50  $\mu$ g/mL a 37 °C y 200 rpm, hasta obtener una densidad óptica de 0.6 a 600 nm. Posteriormente, el cultivo celular se indujo suministrando isopropil- $\beta$ -D-1-tiogalactopiranosido (IPTG) a 1 mM e incubando 16 horas a las mismas condiciones de temperatura y agitación. Al finalizar el tiempo de inducción, el paquete celular se obtuvo centrifugando el cultivo en tubos cónicos de 50 mL en rondas de 10 minutos a 10,000 rpm hasta obtener la pastilla celular equivalente a 100 mL de cultivo en cada tubo. Las pastillas se mantuvieron a -20°C hasta su uso.

### *Extracción del dominio vNART1*

Para extraer la proteína se siguió un protocolo en condiciones desnaturizantes dado que el vNART1 se acumula en cuerpos de inclusión dentro de la bacteria. Primeramente, una pastilla celular proveniente de 100 mL de cultivo inducido (1 g de peso húmedo) se re suspendió en 5 mL de buffer de sonicado (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 100 mM, Tris base 10 mM, pH 8). Las células se lisaron a 6 W en 6 ciclos compuestos por 10 segundos de lisis seguidos de 40 segundos de enfriamiento. A continuación, las células se centrifugaron a 10,000 rpm por 15 minutos a 4 °C y se descartó el sobrenadante, guardando una alícuota para su posterior análisis. Se añadieron 5 mL adicionales de buffer de sonicado y se repitió el proceso de lisis dos veces más. Posteriormente, el paquete lisado se resuspendió en 5 mL de buffer desnaturizante (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 100 mM, Tris base 10 mM, urea 8M, pH 8) y se incubó 90 minutos a 30 °C y 120 rpm. Pasado el tiempo de incubación, se centrifugó el tubo a 12,000 rpm por 20 minutos y se recuperó el sobrenadante en un tubo cónico nuevo. Se tomó una alícuota para analizar posteriormente.

Para el proceso de plegado de proteínas, se implementó un protocolo que utiliza glutatión reducido y oxidado para restaurar la conformación tridimensional de las proteínas. En primer lugar, se añadió una solución de glutatión reducido (GSH) preparada al momento a una concentración final de 60 mM y se incubó por 90 minutos a temperatura ambiente con agitación orbital a 120 rpm. Pasado este tiempo, la solución anterior se añadió a 350 mL de buffer renaturalizante (Tris base 50 mM, Glicerol 10%, Glutatión oxidado [GSSG] 0.5mM, pH 8) y se incubó durante 16 horas a 4°C con agitación magnética.

### *Purificación por columnas de gravedad*

Para la primera metodología se usó la resina de Ni-NTA HisPur™ de Thermo Scientific. Para favorecer la interacción de la resina por el vNAR, se agregó 1.5 mL de resina a los 300 mL del extracto con buffer renaturalizante y se mantuvo en agitación a 4 °C por 16 horas. El extracto se centrifugó a 800 rpm por 2 minutos para recuperar la resina unida al vNAR. La resina recuperada fue añadida a una columna de plástico con micropipeta para empacar la columna por gravedad evitando que se seque. Una vez que la totalidad de la resina fue empacada en la columna se procedió con la purificación.

Después, se equilibró con 5 volúmenes de columna (7.5 mL) de buffer de unión (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 20mM, NaCl 500mM, imidazol 20mM, pH 7.4) y se lavó la columna con 10 volúmenes de buffer de lavado (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 50mM, NaCl 300mM, imidazol 70mM, pH 7.4). Finalmente, se eluyó con 5 volúmenes de columna de buffer de elución (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 20mM, NaCl 500mM, imidazol 200mM, pH 7.4) y se colectaron alícuotas de 1 mL en diferentes tubos de microcentrífuga. Las muestras mantuvieron a -20°C hasta su análisis.

### *Purificación por FPLC*

En la segunda metodología se empleó una columna pre empacada HisTrap™ FF de 5 mL de la marca Cytiva Life Sciences™ y un sistema de cromatografía ÄKTA start de la misma marca.

Entonces, se equilibró con 5 volúmenes de columna (25 mL) de buffer de unión (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 20mM, NaCl 500mM, imidazol 20mM, pH 7.4) a un flujo constante de 5 mL/min. Después, se procedió a cargar la muestra que se

encontraba en buffer de replegado a un flujo constante de 2 mL/min procurando que la presión no subiera de 0.1 MPa. Enseguida, se lavó la columna con 10 volúmenes de buffer de lavado ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  50mM, NaCl 300mM, imidazol 70mM, pH 7.4) a un flujo constante de 5 mL/min. Finalmente, se eluyó con 5 volúmenes de columna de buffer de elución ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  20mM, NaCl 500mM, imidazol 250mM, pH 7.4) y se colectó la fracción que correspondió al pico de absorbancia en el cromatograma resultante. Las muestras mantuvieron a  $-20^\circ\text{C}$  hasta su análisis.

#### *SDS-PAGE de la purificación del dominio vNART1*

Para verificar el proceso de extracción y purificación del dominio vNART1 y comparar las metodologías, se realizó una electroforesis en gel de poliacrilamida en condiciones desnaturizantes (SDS-PAGE). Los geles concentrador y separador se prepararon al 4% y 14%, respectivamente, con un grosor de 0.75 mm.

Las muestras se precipitaron previo a la desnaturización. Para esto, se agregaron 20  $\mu\text{L}$  de ácido tricloroacético (TCA) a 100  $\mu\text{L}$  de muestra en un tubo de microcentrifuga, se incubó 1 hora a  $-20^\circ\text{C}$ , se centrifugó a 12,000 rpm por 15 minutos a  $4^\circ\text{C}$  y se descartó el sobrenadante. Después, se adicionó 1 mL de acetona y se centrifugó a las mismas condiciones. Se desechó el sobrenadante, se secó la pastilla y se resuspendió en 20  $\mu\text{L}$  de buffer de carga 2X (Azul de bromofenol 0.004%,  $\beta$ -mercaptoetanol 10%, glicerol 10%, SDS 4%, Tris-HCl 0.125M). Posteriormente, las muestras se desnaturizaron por 10 minutos a  $95^\circ\text{C}$ . Se cargaron 2 carriles con 10  $\mu\text{L}$  de muestra y se dejó corriendo a 120 V por 65 minutos con voltaje constante.

Al finalizar, se tiñó el gel con una solución de tinte (Azul de Coomassie 0.1%, metanol 50%, ácido acético glacial 5%) por 30 minutos. Pasado el tiempo, se lavó con agua destilada para eliminar los restos de la solución y se añadió la solución de destinte (metanol 40%, ácido acético 10%) hasta que se vieron las bandas claras en el gel. El resultado se visualizó usando un fotodocumentador para observar las bandas de proteínas y comparar la pureza y concentración de las muestras obtenidas.

#### *Cuantificación del dominio vNART1*

Para determinar la concentración de proteína posterior a la purificación, se realizó una cuantificación por BCA usando el kit BCA Pierce de la marca Thermo Scientific. Previamente se realizó una curva de calibración con soluciones de BSA en concentraciones crecientes de 20 a 750  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . En una placa de 96 pozos, se agregaron 50  $\mu\text{L}$  de muestra junto con 200  $\mu\text{L}$  de solución de trabajo preparada según las especificaciones del fabricante. La placa se incubó por 30 minutos a  $37^\circ\text{C}$  y después se leyó en un lector de placas a 562 nm.

## **Resultados**

#### *Purificación por columna de gravedad y FPLC*

La metodología seguida para la purificación por FPLC y columnas de gravedad se muestra en la Figura 1. Para cada purificación se obtuvieron diferentes volúmenes de elución; para el FPLC se obtuvieron 12 mL de elución y para las columnas por gravedad se obtuvieron 2 mL de elución. Para analizar la pureza después de la purificación, las eluciones resultantes se precipitaron y se analizaron 2 alícuotas por SDS-PAGE como lo muestra la Figura 1bc. Se puede observar que en ambos casos se obtuvieron las 2 bandas de 15 y 14 kDa que se observaron en la extracción con una pureza diferente. La purificación por columnas de gravedad (Fig. 1b) presenta tenues bandas de mayor tamaño que corresponden a proteínas accesorias de la bacteria. En el caso del FPLC (Fig. 1c), se puede observar que no se observan a simple vista otras bandas que no correspondan al vNART1, esto nos indica que la proteína tiene mayor grado de pureza aparente que la obtenida por columnas de gravedad.

#### *Análisis de la extracción y purificación del dominio vNART1*

La extracción del dominio vNART1 se realizó en condiciones desnaturizantes debido a su acumulación en cuerpos de inclusión. Durante el proceso de extracción se tomaron alícuotas de la fracción soluble después de la sonicación y de la fracción insoluble luego de disolver la pastilla en el buffer con urea. Los resultados se visualizaron en geles SDS-PAGE y se muestran en la Figura 2a. Se observan 2 bandas; una mayoritaria de 14 kDa y otra de menor intensidad de 15 kDa. Para el dominio vNAR evaluado en este trabajo el peso molecular teórico se calculó en 14 kDa, el hecho de que se observe una segunda banda de aparente mayor tamaño puede deberse a que las condiciones de desnaturización para la electroforesis no fueron suficientes y como resultado la banda de 15 kDa correspondería a la misma proteína en otra forma de plegamiento. Para cada proceso de purificación, se partió de pastillas celulares de 1 mg con las mismas condiciones de inducción y extracción.

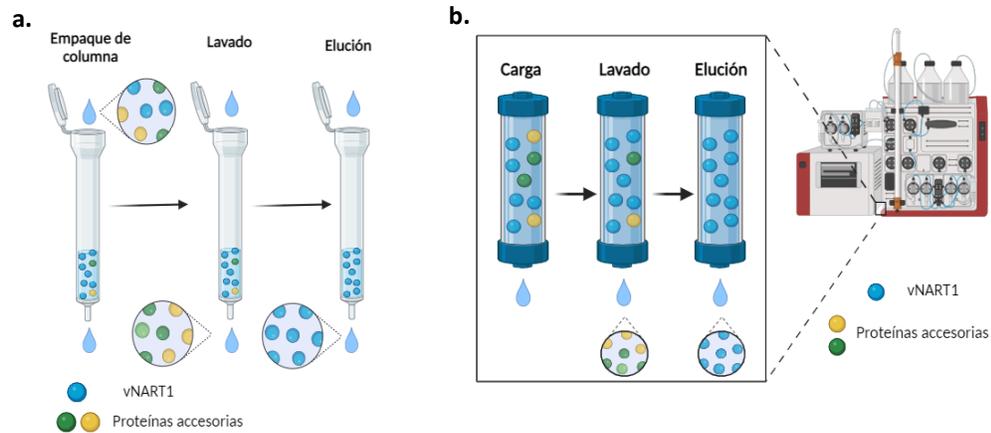


Figura 1. Esquema del proceso de purificación del vNART1 por IMAC. a. Purificación por columnas de gravedad. b. Purificación por FPLC.

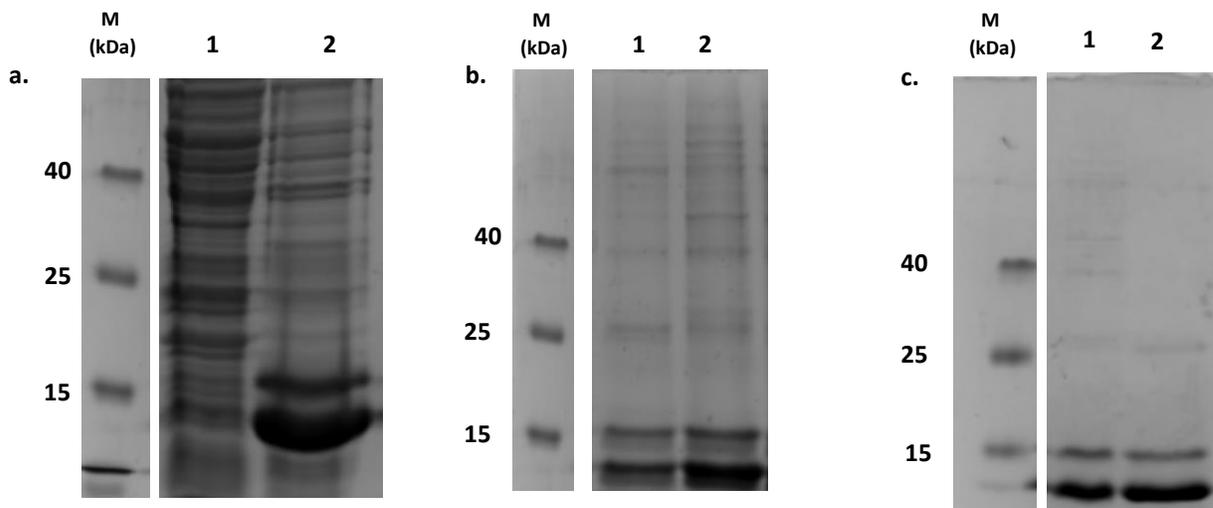


Figura 2. SDS-PAGE para extracción y purificación del dominio vNART1. a. Extracción de proteína, el carril 1 muestra la fracción soluble donde no se observa la proteína vNAR mientras que el carril 2 se muestra la fracción insoluble donde se observan dos bandas de 15 y 14 kDa aproximadamente. b Purificación por columnas de gravedad, ambos carriles corresponden a la proteína obtenida en la Elusión 1 y Elusión 2, respectivamente. c. Purificación por FPLC, ambos carriles corresponden a la proteína obtenida en la Elusión 1 y Elusión 2, respectivamente.

#### Análisis de la pureza y rendimiento de purificación IMAC en columna o FPLC

Para tener una medida de pureza relativa del dominio vNART1 con respecto a las proteínas accesorias presentes, se utilizó el software Image J con la función de “Gel Analyzer” para obtener una gráfica de la intensidad de píxeles del carril completo como lo muestra la Figura 3. Posteriormente, se cuantificó el área bajo la curva de los dos picos que corresponden a la proteína de interés y se comparó contra el área del carril completo. Asimismo, para obtener el rendimiento total de la proteína con respecto a la biomasa húmeda, se cuantificaron las eluciones obtenidas y tomando en cuenta su volumen, se obtuvo la cantidad total de proteína recuperada. Los resultados de lo anterior se muestran en Cuadro 1.

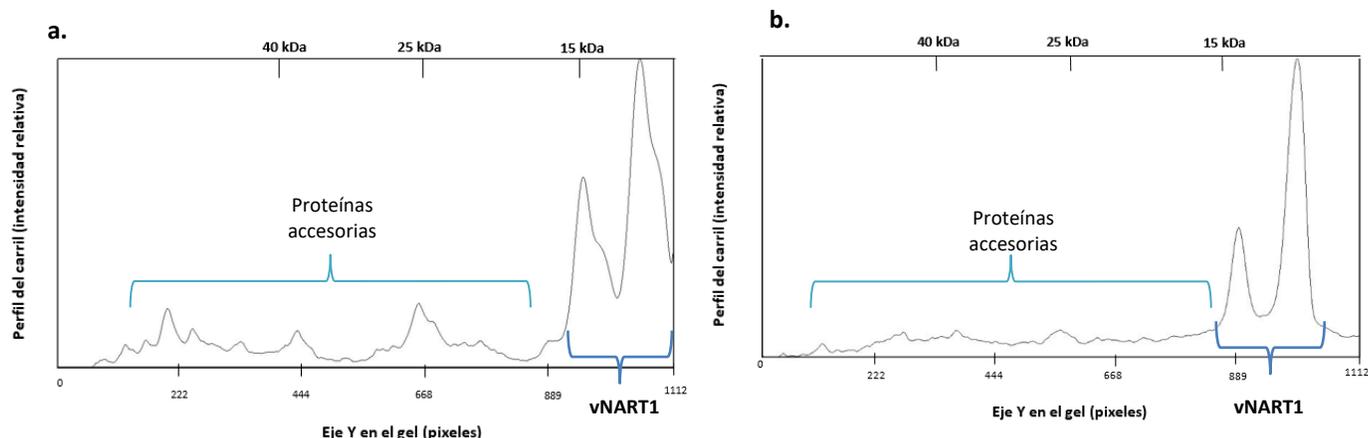


Figura 3. Análisis del perfil de la intensidad del carril de los gels de SDS-PAGE. a Gráfica de intensidad de pixeles de la purificación por columnas de gravedad. b Gráfica de intensidad de pixeles de la purificación por FPLC.

**Cuadro 1. Comparación de pureza relativa entre purificación IMAC en columna y en FPLC**

|  | Columnas de gravedad | FPLC   |
|--|----------------------|--------|
| Pureza relativa (%)                      | 75.2 %               | 85.8 % |
| Concentración en eluciones (µg/mL)       | 570                  | 300    |
| Proteína total recuperada (µg)           | 1,140                | 3,600  |
| Rendimiento final (mg/mg biomasa húmeda) | 1.14                 | 3.6    |

Los resultados del Cuadro 1 demuestran que la purificación por FPLC produce una proteína con una mayor pureza, además se recupera más de tres veces la cantidad de proteína que con las columnas de gravedad. Por otro lado, las columnas de gravedad generan eluciones más concentradas en un volumen mucho menor al del FPLC. Esto puede ser una ventaja para evitar el uso de tubos concentradores o en caso de que no se tengan a disposición.

Con respecto al rendimiento obtenido, lo más lógico sería pensar que la resina no tiene una alta capacidad de unión a la proteína. Sin embargo, los fabricantes de la resina aseguran que ésta puede retener hasta 60 mg de proteína de interés por mL de resina. Asimismo, los fabricantes de la columna pre empacada reportan una capacidad de unión de al menos 40 mg de proteína por mL de resina. En la práctica, se demuestra que la capacidad de unión depende en gran medida de la misma proteína; su estructura y la disponibilidad de la etiqueta de histidina, así como del flujo y los buffers de purificación.

Para la pureza relativa a proteínas accesorias, hay una clara diferencia entre el FPLC y las columnas de gravedad. Para mejorar la pureza de las proteínas usando columnas de gravedad, se podría optar por realizar una repurificación con las mismas condiciones, o bien, probar con un mayor volumen de buffer de lavado en condiciones más astringentes.

Aunque es evidente que, si se quiere una mayor concentración de proteína, se prefiere usar el equipo de FPLC, existen más variables a considerar como el costo. Un equipo de FPLC puede costar cerca de 10,000 USD lo que implica que no es accesible para cualquier laboratorio de investigación. De igual manera, cada columna pre empacada tiene un costo adicional de 190 USD que sólo puede ser utilizada para un tipo de proteína. Así, en un grupo de investigación donde se requiera purificar cinco proteínas diferentes para garantizar la pureza y evitar la contaminación cruzada, se necesitarían cinco columnas individuales. En cambio, para la purificación por columna de gravedad sólo se necesitan las columnas de plástico y la resina que puede ser reutilizada mucho más fácilmente. También debe considerarse que los volúmenes de buffer para la purificación que se necesitan para el FPLC son significativamente mayores contra las columnas de gravedad; si para el FPLC se necesitan en total 150 mL de buffer, para las columnas se necesitan 30 mL.

Otro factor para considerar es el tiempo del proceso. Para el FPLC, necesitan cerca de 4 horas para purificar debido a que el flujo para cargar la muestra debe ser cercano a 2 mL/min para que el extracto pueda unirse a la columna adecuadamente. En el caso de las columnas de gravedad, el proceso puede 2 horas ya que una vez empacada la

columna, el proceso de lavado y elución es muy rápido. Adicionalmente, se puede emplear una pequeña bomba peristáltica para ayudar a que el flujo sea más rápido.

### Conclusiones

En el presente trabajo se comparó la pureza y rendimiento para la purificación del dominio vNART1 usando columnas de gravedad y un equipo de FPLC partiendo de las mismas condiciones de inducción y extracción desnaturizante. Los resultados muestran que se obtiene una mayor pureza respecto a proteínas accesorias con la purificación con el FPLC. De igual manera, el rendimiento total obtenido por FPLC es tres veces mayor al obtenido por purificación en columnas de gravedad. Para esta proteína en particular, como se piensa en un uso terapéutico, se prefiere una el FPLC aun cuando sea más tardado para asegurar un mayor rendimiento y pureza. No obstante, en la elección de un método de purificación debe considerarse el uso que se le dará a la proteína; terapéutico o de diagnóstico, el presupuesto disponible, la cantidad de proteína necesaria para los experimentos y el número de proteínas a purificar. Si sólo es necesario purificar una o dos proteínas con el mayor rendimiento y pureza, se sugiere el FPLC. Si por el contrario se tienen más de 3 proteínas diferentes que se desean purificar, las columnas de gravedad son la mejor opción.

### Recomendaciones

La principal limitante para este trabajo, fue que el volumen de las columnas era diferente. La columna de FPLC era de 5 mL porque era la que se tenía a disposición en su momento mientras que la columna de resina era de 1.5 mL. Esto genera que para el dominio vNART1 que se expresa en grandes cantidades, un volumen pequeño de columna pudiera ser insuficiente para retener la totalidad de proteína de interés, aun cuando el fabricante asegura que la capacidad de la columna es superior. Sería recomendable comparar diferentes marcas de resinas para evaluar su rendimiento individual, o bien hacer una comparación al dividir el extracto en diferentes columnas con 1 mL de resina para mejorar el rendimiento. Es importante resaltar que cada proteína tiene un desempeño diferente y es necesario optimizar sus condiciones específicas de extracción y purificación. El presente trabajo puede servir como guía de referencia para proteínas con características similares.

### Referencias bibliográficas

- Block, H., Maertens, B., Priestersbach, A., Brinker, N., Kubicek, J., Fabis, R., y Schäfer, F. "Immobilized-metal affinity chromatography (IMAC): a review". *Methods in enzymology*, Vol. 463, 2009.
- Greenberg A.S., Avila D, Hughes M, Hughes A, McKinney E.C., Flajnik MF. "A new antigen receptor gene family that undergoes rearrangement and extensive somatic diversification in sharks". *Nature*, Vol. 374, No. 6518, 1995.
- Spiestersbach, A., Kubicek, J., Schäfer, F., Block, H., y Maertens, B. "Purification of his-tagged proteins". *Methods in enzymology* Vol. 559, 2015.
- Ubah O.C., Buschhaus M.J., Ferguson L., Kovaleva M., Steven J., Porter A.J., et al. "Next-generation flexible formats of VNAR domains expand the drug platform's utility and developability", *Biochemical Society Transactions*, Vol. 46, 2018.
- Zielonka S., Weber N., Becker S., Doerner A., Christmann A., Christmann C., et al. "Shark Attack: High affinity binding proteins derived from shark vNAR domains by stepwise in vitro affinity maturation". *Journal of Biotechnology*, Vol. 191, 2014.

# Factores que Influyen en el Estrés Laboral del Personal de Enfermería, en Unidad Hospitalaria De Tabasco

Juan Antonio Rodríguez García<sup>1</sup>, MAPS. Silvia Vázquez Jiménez<sup>2</sup>, MAPS. Juan Mario Naranjo Sánchez<sup>3</sup>,  
MC. Juana López Valenzuela<sup>4</sup>, LEI. Gerardo Triano Ovando<sup>5</sup>

**Resumen**—El estrés es un estado de tensión mental el cual es generado por una situación difícil, el cual a su vez se puede subdividir en agudo y crónico. **Objetivo** Identificar los factores que influyen en el estrés laboral del personal de enfermería en una unidad hospitalaria de Tabasco. **Metodología** fue de tipo descriptivo, cuantitativo y transversal, utilizando como instrumento la escala “The Nursing Stress Scale” validada en castellano por Escrivá et al. **Resultados** uno de los servicios con mayor estrés laboral fue el servicio de Quimioterapia obteniendo estrés moderado en 4 de las personas encuestados. **Conclusión** de los factores que más influyen en el estrés es ver sufrir al paciente, no tener tiempo para realizar todas las tareas de enfermería, hablar con un paciente sobre su muerte cercana e interrupciones en las realizaciones de sus tareas.

**Palabras clave**— Estrés, estrés laboral, personal de enfermería, factores.

## Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), el **estrés**: es un estado de preocupación o tensión mental generado por una situación difícil. En donde todas las personas están expuestas a un cierto grado de estrés, ya que se trata de una respuesta natural a las amenazas y a otros estímulos. Por otra parte, Patlan (2019) en su artículo titulado ¿Que es el estrés laboral y como medirlo? puntualiza, que el estrés laboral es un síndrome o un conjunto de reacciones fisiológicas, no específicas del organismo, a distintos agentes nocivos de naturaleza física o química presentes en el medio ambiente.

Según el informe de la revista Medline Plus (2022) el estrés puede ser clasificado en: **Estrés agudo**, es el que a corto plazo desaparece de manera rápida. La cual puede manifestarse cuando, se discute o pelea con pareja, también ocurre cuando se hace algo nuevo o emocionante. El otro tipo es el **Estrés crónico**, que dura por un período de tiempo prolongado.

El estrés laboral, es una problemática que afecta a muchas personas en todo el mundo, que tiene serias repercusiones en la vida cotidiana de las personas que lo sufren, un boletín reciente de la Dirección General de la Comunicación social de México, realizado por la investigadora Villavicencio en 2022, de la Facultad de Psicología (FP) de la Universidad Nacional Autónoma de México, menciona que desde el año 2017, la OMS indica en sus datos que los mexicanos son las personas más estresadas del mundo por el trabajo que realizan. México tiene el primer lugar en estrés laboral, por encima de naciones, como China y Estados Unidos. Así mismo refiere que en los datos de la Bolsa de Trabajo en México OCC Mundial, en el año 2019, el estrés crónico en los centros laborales afectó a más de 40 por ciento de sus integrantes y en 2021 este incrementó al 63 por ciento.

El personal de enfermería, es una de las ocupaciones más exigentes que demanda cuidado de calidad en las personas enfermas que necesitan estancias hospitalarias, pero que además requieren de una gama de conocimientos, habilidades y destrezas para cumplir con el servicio del cuidado humanizado. Por ello el personal profesional de enfermería está expuesto a estrés laboral, por toda la sobrecarga física y emocional que involucra atender responsablemente a cada persona enferma.

Existen algunos factores que pueden condicionar la presencia del estrés laboral en el personal de enfermería, lo que les lleva hacer más vulnerables a padecer dolores musculares después de una jornada laboral, algunos son sometidos a sobrecarga de trabajo por la escasez de personal y aumento de actividades. Así mismo Mendoza & Márquez (2020), afirman en su investigación titulada “*el estrés y el trabajo de enfermería: factores influyentes*”; que el personal de

<sup>1</sup> Juan Antonio Rodríguez García, egresado de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [Antoniokya@hotmail.es](mailto:Antoniokya@hotmail.es)

<sup>2</sup> Silvia Vázquez Jiménez, Maestra en atención primaria a la salud, es profesora de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [silvia.vazquez@ujat.mx](mailto:silvia.vazquez@ujat.mx)

<sup>3</sup> Juan Mario Naranjo Sánchez, Maestro en atención primaria a la salud, es profesor de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [mario.sanchez@ujat.mx](mailto:mario.sanchez@ujat.mx)

<sup>4</sup> Juana López Valenzuela, Maestra en Ciencias de enfermería, es profesora de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [juana.lopez@ujat.mx](mailto:juana.lopez@ujat.mx)

<sup>5</sup> Gerardo Triano Ovando, Enfermero Especialista en Cuidado Intensivos, es profesor de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [gerardo.triano@ujat.mx](mailto:gerardo.triano@ujat.mx)

enfermería en la mayoría de los casos, suele presentar obstáculos para realizar sus actividades, uno de ellos es, el estrés laboral y sus factores asociados, (pág. 54). Otros estudios afirman que la principal causa que genera estrés en el personal de Enfermería está relacionada con la muerte y la agonía de los pacientes, lo que puede provocar que los profesionales sean incapaces de afrontar dichas situaciones (Cara, 2020. Pag.4).

Un estudio realizado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) publicado en abril 2019, menciona que los elevados niveles de estrés pueden contribuir al deterioro de la salud, incluidos los trastornos mentales y de comportamiento, tales como, el agotamiento, el síndrome de burnout, el desgaste, la ansiedad y la depresión, así como daños físicos, enfermedades cardiovasculares y trastornos musculo esqueléticos. De la misma manera Herrera, et al; (2017), menciona en su estudio que “la exposición al estrés por lo tanto tiene efectos directos sobre la salud, específicamente se ha documentado que en etapas críticas del desarrollo del individuo causa alteraciones de tipo endocrino y conductual, lo que podría en parte explicar una posible relación entre el estrés y la obesidad.

El *objetivo* de la investigación fue identificar los Factores que influyen en el estrés laboral del personal de enfermería, en una unidad hospitalaria de Tabasco, debido a que el trabajo de enfermería conlleva a sufrir de estrés.

### Metodología

#### *Tipo de estudio, muestreo, muestra e instrumento*

*El estudio fue de tipo*, descriptivo, cuantitativo y transversal, se realizó en un Hospital de Villahermosa Tabasco, México, en el periodo de Mayo-Junio 2023. *El muestreo* fue de tipo no probabilístico por conveniencia, con una *muestra* de 36 profesionales de enfermería de los turnos matutino, vespertino, nocturno A y nocturno B. Se utilizó *un instrumento* de evaluación de escalas tipo liker titulado “The Nursing Stress Scale” (NSS), el cual fue construida por Gray-Toft y Anderson en el año 1981. La escala fue traducida y validada en castellano por Escibá et al., en el año 1999 (Gutiérrez y Herrera, 2017. pág. 35). Esta escala está conformada por 34 ítems, que tratan de estimar la frecuencia con que aparecen una serie de estresores propios del trabajo de enfermería en el ámbito hospitalario. Las puntuaciones para cada ítem se clasifican desde: nunca (0), a veces (1), frecuentemente (2), muy frecuentemente (3). Por lo que la puntuación total oscila desde 0 hasta 102 puntos. Las cuestiones se agruparon en las categorías: muerte y sufrimiento: 6 ítems; carga de trabajo: 6 ítems; incertidumbre respecto el tratamiento: 5 ítems; problemas con la jerarquía: 4 ítems; preparación insuficiente: 6 ítems; falta de apoyo: 3 ítems; no saber bien el manejo y funcionamiento de un equipo especializado: 1 ítem; problemas entre el personal de enfermería: 2 ítems; falta de personal: 1 ítem. Para las *cuestiones éticas* de la presente investigación, se tomó como marco referencial la Declaración de Helsinki, para asegurar la privacidad y confidencialidad de los participantes, se proporcionó el consentimiento informado, para dar a conocer el objetivo, así como información de la investigación, donde los participantes decidieron participar voluntariamente, posteriormente se proporcionó el instrumento de evaluación, el cual después de haber recogido todos los datos, se procedió al análisis estadístico, utilizando paquetes de software Excell para frecuencias, y Word para la descripción elaboración del documento.

### Resultados

Se entrevistó a 36 personas del área de enfermería, en donde la mayor parte de los participantes estuvo en el servicio de hemodiálisis con 12 participantes y el servicio de quimioterapia con 6, considerando los cuatro turnos establecidos en la investigación.

**Tabla 1. Personal de enfermería encuestado por servicio**

| Servicio           | Matutino | Vespertino | Nocturno A | Nocturno B | Total     |
|--------------------|----------|------------|------------|------------|-----------|
| Quimioterapia      | 4        | 2          | 0          | 0          | 6         |
| Hemodiálisis       | 3        | 4          | 2          | 3          | 12        |
| Hospitalización MI | 2        | 3          | 0          | 0          | 5         |
| Hospitalización QX | 3        | 0          | 0          | 0          | 3         |
| Diálisis           | 1        | 0          | 0          | 0          | 1         |
| Urgencias          | 2        | 0          | 0          | 0          | 2         |
| RPBI               | 2        | 0          | 0          | 0          | 2         |
| Banco de sangre    | 1        | 0          | 0          | 0          | 1         |
| Jefa de área HD    | 3        | 1          | 0          | 0          | 4         |
| <b>Total</b>       |          |            |            |            | <b>36</b> |

Fuente: Encuesta de the Nursing Stress Scale de Gray-Toft y Anderson en el año 1981

En lo que respecta a los resultados del tipo de estrés, se encontró que 4 sujetos del servicio de quimioterapia presentan un estrés moderado y 2 tiene estrés leve, mientras que en el servicio de hemodiálisis 2 presentan un nivel moderado y 4 tienen un estrés leve, así mismo en el servicio de hospitalización de los 5 encuestados, 2 presentan estrés moderado y 2 estrés leves, un jefe de área de hemodiálisis tiene estrés moderado, el resto de la población presenta estrés leve.

**Tabla 2. Personal de enfermería con niveles de estrés**

| Servicio           | Sin estrés | Estrés leve | Estrés moderado | Estrés alto | Total     |
|--------------------|------------|-------------|-----------------|-------------|-----------|
| Quimioterapia      | 0          | 2           | 4               | 0           | 6         |
| Hemodiálisis       | 6          | 4           | 2               | 0           | 12        |
| Hospitalización MI | 1          | 2           | 2               | 0           | 5         |
| Hospitalización QX | 2          | 1           | 0               | 0           | 3         |
| Diálisis           | 0          | 1           | 0               | 0           | 1         |
| Urgencias          | 0          | 2           | 0               | 0           | 2         |
| RPBI               | 0          | 2           | 0               | 0           | 2         |
| Banco de sangre    | 0          | 1           | 0               | 0           | 1         |
| Jefes de área HD   | 2          | 1           | 1               | 0           | 4         |
| <b>Total</b>       |            |             |                 |             | <b>36</b> |

Fuente: Encuesta de the Nursing Stress Scale de Gray-Toft y Anderson en el año 1981

En cuanto a los resultados encontrados de los factores que más influyen en el estrés del personal de enfermería, se observa que los más destacados son: 22 de ellos mencionan que es ver al paciente sufrir, 21 de ellos respondieron el no tener tiempo para realizar sus tareas de enfermería, otros 20 mencionaron tener interrupciones frecuentes para realizar sus tareas, y escuchar o hablar con un paciente acerca de su muerte.

**Tabla 3. Factores más frecuentes para generar estrés en el personal de enfermería**

|   | Frecuentemente | Muy Frecuentemente | Total |
|---|----------------|--------------------|-------|
| 1.-Interrupciones frecuentes en la realización de sus tareas                    | 11             | 9                  | 20    |
| 2.-Realización de cuidados de enfermería que resultan dolorosos a los pacientes | 12             | 7                  | 19    |
| 3.-Sentirse impotente en el caso de un paciente que no mejora                   | 17             | 2                  | 19    |
| 4.-Escuchar o hablar con un paciente sobre su muerte cercana                    | 11             | 9                  | 20    |
| 6.-Pasar temporalmente a otros servicios con falta de personal                  | 17             | 2                  | 19    |
| 7.-Ver a un paciente sufrir   | 16             | 6                  | 22    |
| 8.-No tener tiempo suficiente para dar apoyo emocional al paciente              | 10             | 7                  | 17    |
| 9.-No tener tiempo suficiente para realizar todas mis tareas de enfermería      | 16             | 5                  | 21    |
| 10.-El médico no está presente en una urgencia médica                           | 15             | 4                  | 19    |
| 11.-Falta de personal para cubrir adecuadamente el servicio                     | 12             | 7                  | 19    |

Fuente: Encuesta de the Nursing Stress Scale de Gray-Toft y Anderson en el año 1981

### Conclusiones

Se puede concluir que dentro de los resultados de este estudio los más destacados fueron ver sufrir al paciente, y las interrupciones frecuentes en las actividades de enfermería, esto coincide con los datos de Mendoza & Márquez (2020) su revista titulada “*el estrés y el trabajo de enfermería: factores influyentes*”, PAG 54, que afirma que este es uno de los principales factores que generan estrés.

Por otra parte, la mayoría del personal de enfermería se encuentra expuesto a niveles de estrés leve y moderado, debido factores que tienden hacer influenciados por el turno en el que se encuentran, las horas laboradas, el área o servicio, así como las funciones desarrolladas y cargo o puesto que ocupan dentro de la institución. Durante la recolección de datos se pudo observar que una de las áreas más expuesta al estrés es la del servicio de Quimioterapia, esto puede deberse al ambiente laboral en el que se trabaja.

### Limitaciones

Una de las limitaciones que se tuvo al momento de la realización del trabajo de investigación fue obtener la atención del personal, porque muchos referían estar ocupados para poder responder el instrumento de evaluación de estrés, otros estaban de permiso o licencias y descansos.

### Recomendaciones

La institución debe trabajar en un plan de intervención para evitar los niveles altos de estrés en sus trabajadores, incluso debería de negociar con personal administrativo, la contratación de nuevo personal, así como distribuir de manera equitativa las actividades correspondientes. A si mismo lograr fomentar un ambiente laboral sano entre el mismo personal de salud, a través de tópicos en desarrollo humano, psicología positiva, entre otros que fomenten la salud y bienestar de los trabajadores.

### Referencias

- Cara. R.R., 2020. *Un estudio fenomenológico acerca de las percepciones de los profesionales de enfermería sobre la muerte*. Revista Ene de Enfermería, 14(1). Consultado cielo.isciii.es/pdf/ene/v14n1/1988-348X-ene-14-1-e1417.pdf.
- Herrera.C.D., Coria. A. G., Muñoz. D., Grailler.M.O., Aranda. G., Rojas. D.F., Hernández. M. E., & Nafissa, I. 2017. *Impacto del estrés psicosocial en la salud*. Revista electrónica de Neurobiología. ISSN 2007-3054.Centro de Investigaciones Cerebrales Universidad Veracruzana.
- Escribá.A.V & Más.P.R.,1998. *Validación de la escala de estresores laborales en personal de enfermería: «the nursing stress scale*. Recuperado en Mayo 2023. [V. Escribà-1998 validación de la escala e estresores laborales en personal de enfermería.pdf](#)
- Gutiérrez. B & Herrera. A. 2017. *Síndrome de burnout en personal de enfermería: asociación con estresores del entorno hospitalario, Andalucía, España*. Consulta en [2395-8421-eu-15-01-30.pdf](#)
- Vásquez.M.C & González.M.Y.V 2020. *El estrés y el trabajo de enfermería: factores influyentes*. Revista de ciencias de la salud Recuperado en Agosto del 2023. Recuperado de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/08/1284113/85-texto-del-articulo-267-1-10-20200829.pdf>
- Villavicencio, A. E., 2016. *Los mexicanos, los más estresados en el mundo*. Boletín UNAM-DGCS-305 Ciudad Universitaria. 15 de abril de 2022. Consultada en [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2022\\_305.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2022_305.html)

### Notas Biográficas

Lic. Juan Antonio Rodríguez García 12 de junio de 1998. Nacido en el municipio de Jalpa De Méndez Tabasco. Egresado de la División Académica Multidisciplinaria de Comalcalco, Tabasco, de la carrera en Licenciatura de enfermería en el año 2020. Con Certificación en curso BLS (Soporte Vital Básico), certificado por la AHA (American Heart Association). Actualmente cursando un Diplomado en Urgencias Medicas (TUM), en el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)

Mtra. Silvia Vázquez Jiménez, Maestra en atención primaria a la salud, es profesora de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

<sup>1</sup> Juan Mario Naranjo Sánchez, Maestro en atención primaria a la salud, es profesor de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [mario.sanchez@ujat.mx](mailto:mario.sanchez@ujat.mx)

<sup>1</sup> Juana López Valenzuela, Maestra en Ciencias de enfermería, es profesora de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [juana.lopez@ujat.mx](mailto:juana.lopez@ujat.mx)

<sup>1</sup> Gerardo Triano Ovando, Enfermero Especialista en Cuidado Intensivos, es profesor de la Licenciatura en enfermería de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. [gerardo.triano@ujat.mx](mailto:gerardo.triano@ujat.mx)

# Covid-19: Adopción de un Nuevo Estilo de Vida como Evolución Biopsicosocial

MDGE Mayrel Cecilia Rubio Segovia<sup>1</sup>, Dr. Pedro Sánchez Santiago<sup>2</sup>

**Resumen**—El Covid-19 trajo consigo un proceso significativo de transformación a nivel mundial; llevando a las naciones a reestructurar su sistema sanitario, educativo y social como estrategia adaptativa de cambio, dentro de su evolutiva supervivencia; el enigma radica en describir el impacto biopsicosocial desencadenado, para determinar su influencia en los procesos mentales, así como la correlación existente entre el confinamiento prolongado y la salud mental. Los resultados resaltan impresiones numéricas correspondientes al impacto biológico, psicológico y socio-cultural, con representaciones cognitivas de aterradora realidad, al precisar como respuesta defensiva estados de ánimo disfóricos, acompañados de ansiedad, insomnio, estrés agudo, depresión, miedo, entre otros, propio de la dimensión afectiva, incrementando la demanda de atención psicológica, que permitió ver una sociedad más resiliente, empática y apegada a medidas sanitarias, dentro de la parte conductual. Finalmente, el desafío social ha sido adecuarse a las estrategias imprescindibles para evolucionar biopsicosocialmente en esta nueva era post Covid.

**Palabras clave**—Pandemia, Covid-19, Estrategias adaptativas, Impacto biopsicosocial, Procesos mentales

## Introducción

El actual brote del virus SARS-CoV-2 fue notificado por primera vez en Wuhan, China, el 31 de diciembre de 2019, por lo tanto, a principios de enero de 2020 se dio a conocer la noticia de la aparición de un nuevo tipo de coronavirus (COVID-19), que es transmisible de humano a humano. Sin embargo, hasta el 11 de marzo de 2020 fue declarada por la Organización mundial de la salud, como una emergencia de salud pública de importancia internacional (ESPII), considerado como una pandemia; por lo que los gobiernos en todo el mundo implementaron medidas urgentes de diversa naturaleza para contrarrestar el contagio de dicho virus.

Como parte de una respuesta integrada a la problemática nacional presentada por los casos de infección por SARS-CoV-2, surge la necesidad de crear módulos de atención provisionales, habilitados durante la contingencia como estructuras extrahospitalarias, que permiten la diferenciación entre pacientes sospechosos o ya confirmados COVID-19, así como de otras patologías. Con la función de ampliar la capacidad de atención del hospital a sus usuarios, de manera preferente para aquellos referidos de otras unidades; evitando con esta acción la saturación hospitalaria y, por ende, otorgar una atención oportuna en los procesos de salud-enfermedad. De tal manera que, en abril del 2020 con el inicio de dicha pandemia, el sector salud acondiciona sus áreas para la habilitación de un triage respiratorio y un área COVID, al adaptar la entrada de las ambulancias como filtro de pacientes que presenten un cuadro clínico respiratorio compatible con coronavirus, categorizándolos en necesidad de internamiento o aislamiento social en casa. Es por esto que la OMS (2020), afirma que tal crisis sanitaria requiere tanto respuesta de los gobiernos como de la sociedad; es decir, la resolución y el sacrificio de los trabajadores sanitarios en primera línea debe ir acompañada de la determinación de todas las personas y líderes políticos para la ejecución de medidas estratégicas a fin de cesar con la pandemia.

## Metodología

### Procedimiento

Esta investigación corresponde al paradigma pragmático con un enfoque mixto, basada en el método secuencial explicativo. Se aplica como técnica de recolección de datos la entrevista y encuesta, mediante las guías de entrevista y cuestionarios como instrumentos, a través de un muestreo estratificado.

La población muestra está conformada por hombres y mujeres en la etapa de la adultez, abarcando un rango de entre 25 -65 años de edad; ya que dicha fase de vida se caracteriza sobre todo por la capacidad laboral y de inserción en el trabajo; lo cual, representa a la sociedad desde un punto de vista como padres o abuelos, sostén del hogar, docentes en casa, entre otros, que percibieron la contingencia desde el ángulo de preservación de vida de sus hijos o padres mayores, educadores en casa y sobre todo proveedores familiares. De tal manera que; se incluyó personal de salud del Hospital General de Cuauhtémoc principalmente, así como también ciudadanos que han experimentado de alguna manera los estragos de la pandemia dentro de este límite de edad, como son pacientes, o familiares.

<sup>1</sup> Mayrel Cecilia Rubio Segovia MDGE es Enfermera en unidad de Hemodiálisis del Hospital General Dr. Javier Ramírez Topete, Cuauhtémoc, Chihuahua. [may.rubio387@gmail.com](mailto:may.rubio387@gmail.com)

<sup>2</sup> Dr. Pedro Sánchez Santiago es Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrados e Investigación en el Área de Sistemas de Manufactura en el Tecnológico Nacional de México, campus Chihuahua, México. [sanchezsantiago.pedro@gmail.com](mailto:sanchezsantiago.pedro@gmail.com) (autor corresponsal)

## Resultados

Nuestros hallazgos precisaron impresiones numéricas correspondientes al impacto biológico, psicológico y social dentro de la fase cuantitativa; así mismo, en la fase cualitativa, se logró establecer un acercamiento a la realidad enfocado en la rama de la psicología, donde se destacan las dimensiones de los procesos mentales (cognitivo, afectivo y conductual) como una amenaza aterradora, por más de dos años continuos de contingencia. Esto no resulta sorprendente, ya que, igualmente la OMS (2020), afirma que esta pandemia es mucho más que una crisis sanitaria, debido a la exorbitante exigencia con un alto precio de personas, familias, comunidades y sociedades de todo el mundo.

Por tal motivo, en este tiempo de emergencia sanitaria (ESPII), fue indispensable diseñar un plan de contingencia de tres fases de acuerdo con los escenarios epidemiológicos en el país que caracterizarían las medidas implementadas para la mitigación y control de la enfermedad; es así mismo, Pérez & Doubova, (2020), menciona que los retos esenciales del personal sanitario consisten en cuidar la salud de la población a través de actividades de educación, prevención y promoción. Sin embargo, paulatinamente las medidas de contención sanitaria fueron tomando auge, al grado que cada persona se ha vuelto responsable de su autocuidado; ya que, los gobiernos han hecho partícipes a su sociedad al otorgar cierta responsabilidad individual en cada estrategia preventiva, correctiva y prospectiva

En cuanto al impacto biopsicosocial de la población tras pandemia, se observó una sociedad con estados de ánimo disfóricos, acompañado de sentimientos de ansiedad, insomnio, estrés agudo, depresión, miedo, entre otros. De tal forma, que la resiliencia, empatía y apego a medidas sanitarias fueron creciendo como parte de un proceso de adaptación biopsicosocial, originado en el interior de cada individuo (procesos mentales).

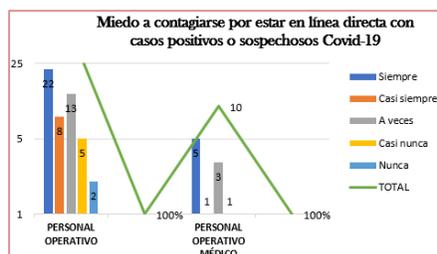
Así pues, el Covid-19 sin duda alguna modificó por completo el escenario en el que los individuos, las sociedades y los gobiernos se movían e interactuaban. De tal manera, que su poder transformador logró cambiar la forma en la que las masas han operado, así como los hábitos y comportamientos de los seres humanos dentro de un contexto holístico, abarcando todas sus dimensiones como un ser biológico, afectivo, cognitivo, comunicacional, valorativo, actitudinal, social y espiritual.

No obstante; la OMS (2023), determina el 05 de mayo que el Covid-19 es ahora un problema de salud establecido y persistente que ya no constituye una emergencia de salud pública de importancia internacional (ESPII), sin embargo, aún requerirá de mantener en cada país, acciones constantes a futuro para proteger la salud de la población.

## Análisis

Después de analizar los resultados, el 57% de la población muestra, fue diagnosticada alguna vez por Covid 19 o variantes; sin embargo, solo el 34% sufrió una pérdida cercana a consecuencia de esta enfermedad. De tal forma que, ésta desarrolló como respuesta defensiva ante este suceso alarmante, estados de ánimo disfóricos, acompañado de sentimientos de ansiedad, insomnio, estrés agudo, depresión, miedo, entre otros, propio de la dimensión afectiva; a consecuencia de ello, incremento la demanda de atención psicológica, permitiendo ver una sociedad más resiliente, empática y apegada a las medidas sanitarias, dentro de la parte conductual.

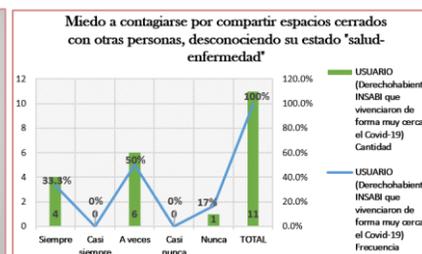
Se resalta el mayor miedo a contagiarse por estar en línea directa con casos positivos o sospechosos a Covid (gráfica 1), precediéndole el sólo hecho de tener cierta cercanía con dicho virus en lugares hospitalarios (gráfica 2), o bien, al compartir espacios con cualquier persona que se desconozca su estado de salud- enfermedad (gráfica 3). Sin embargo; a pesar de ello, sólo una tercera parte del personal hospitalario del Ramírez Topete, percibió discriminación (gráfica 4) y temor a ser atacado por la misma razón (gráfica 5).



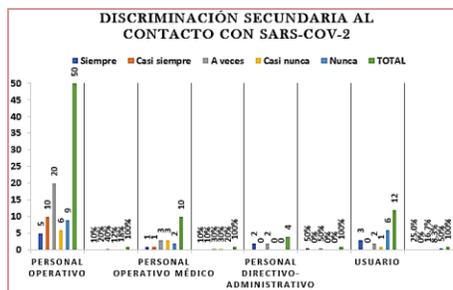
Gráfica 1. Miedo a contagiarse por estar en línea directa Covid-19



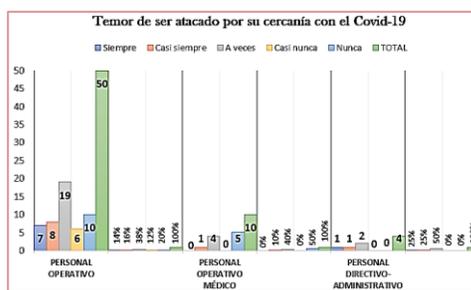
Gráfica 2. Miedo a contagiarse por el contacto constante con el Covid-19



Gráfica 3. Miedo a contagiarse por compartir espacios cerrados con desconocidos



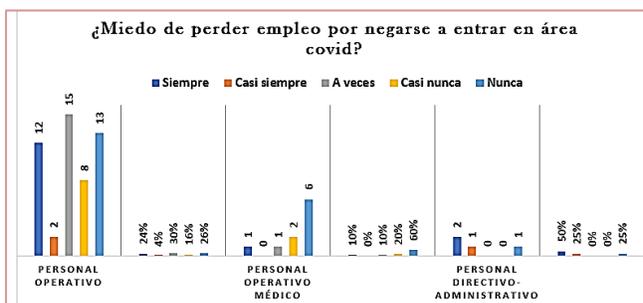
Gráfica 4. Discriminación secundaria al contacto con SARS-CoV-2



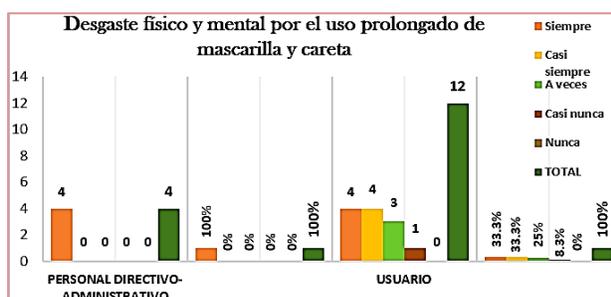
Gráfica 5. Temor de ser atacado por su cercanía con el Covid

Otro punto importante en toda esta batalla de emociones, es la correlación existente entre el miedo de negarse a entrar a Covid con la situación laboral; es decir, se destacó que el personal operativo que no presentó miedo a perder su empleo por exponer alguna negativa en área Covid, es

perteneciente a una situación laboral regularizada o basificada, con una protección sindical, en contraposición con el caso del personal cubre incidencias o de contrato fijo, que efectivamente desencadenaron miedo a perder su empleo por alguna negativa en dicha área, como se observa en la gráfica 6.



Gráfica 6. Miedo a perder el empleo por negativa al área Covid



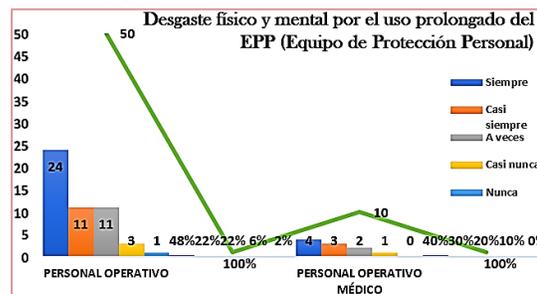
Gráfica 7. Desgaste físico y mental por careta y mascarilla

Es por eso, que toda esperanza fue depositada en la creación de un antídoto que pudiera controlar la situación alarmante de pandemia que se estaba viviendo; no obstante, al salir la primera dosis e incluso la segunda, hubo una connotación de alivio y optimismo, desafortunadamente se fue apagando y frustrando al observar que los resultados del cese de la enfermedad no estaban en un futuro cercano.

Por otro lado; el personal médico manifestó su autopercepción desempeñada en el área Covid de manera optimista, en cuanto a tiempo y forma de atención, debido a que, considera haber proyectado empatía a través del apoyo emocional y psicológico a la familia de dichos usuarios, al fungir como mediador informativo entre ellos; sin embargo, el demás personal operativo percibió que el paciente en su totalidad estuvo falto por mucho, dado que, el protocolo sanitario no les permitió tener una despedida física de sus seres queridos, reduciendo su escasa conexión humana a enfermería-paciente; así pues, únicamente una tercera parte de los participantes escuchó o habló con un enfermo de Covid sobre su posible y cercana muerte; de tal forma, que al morir, enfermería representó el mayor contacto físico, desarrollando sentimientos de aflicción constante.

Así mismo, respecto a la empatía dirigida al personal en línea directa Covid-19; el personal directivo-administrativo considera en su mayoría que comprendió y compartió los sentimientos y emociones necesarios para

Los datos sugieren que existe una correlación directamente proporcional de desgaste físico y mental como respuesta secundaria con el uso prolongado de mascarillas y cubrebocas, (gráfica 7) y en mayor medida con el EPP (equipo de protección personal), necesario como subsistencia humana en dicha pandemia (gráfica 8), al aumentar el grado de dificultad de todas las actividades sociales (tabla 1). Aunado con la impotencia por el desabasto del EPP, materiales y personal sanitario.



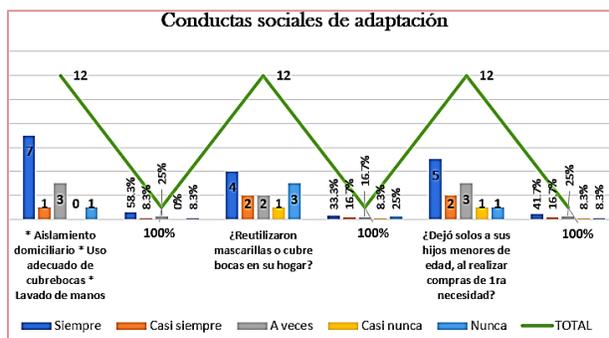
Gráfica 8. Desgaste físico y mental por EPP

| Escala       | PERSONAL OPERATIVO<br>(Enfermería, QBP, Radiología, Camillero, Mantenimiento, Cocina, Intendencia) |            | PERSONAL OPERATIVO MÉDICO<br>(Urgenciólogo, M.I., Médico de guardia, Consultorio) |            |
|--------------|--|------------|---|------------|
|              | Cantidad   | Frecuencia | Cantidad  | Frecuencia |
| Siempre      | 28   | 56%        | 5   | 50%        |
| Casi siempre | 11   | 22%        | 2   | 20%        |
| A veces      | 8  | 16%        | 2   | 20%        |
| Casi nunca   | 2  | 4%         | 0   | 0%         |
| Nunca        | 1  | 2%         | 1   | 10%        |
| TOTAL        | 50   | 100%       | 10  | 100%       |

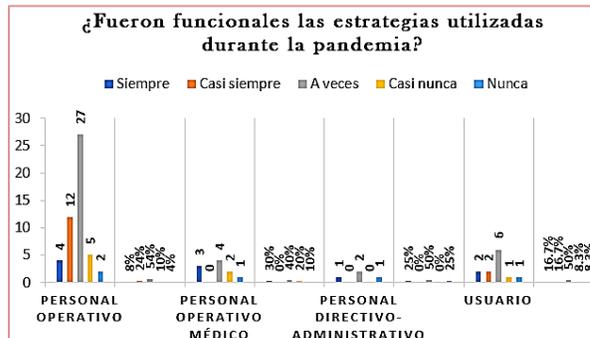
Tabla 1. Dificultad en las actividades al usar EPP

reconocer el mérito inmenso de sus compañeros. Lo cual; resulta ser directamente proporcional, la empatía proyectada a la familia del paciente Covid con la recibida del personal directivo-administrativo.

De tal forma que, nuestra sociedad desarrolló ciertos mecanismos conductuales de adaptación como respuesta de supervivencia al entorno como se muestra en la *gráfica 9*, sin embargo, predominantemente se observa también dicha población con un poder adquisitivo medio-bajo, que lamentablemente acepta haber reutilizado mascarillas o cubrebocas en el hogar, así como el tener que arriesgar la seguridad de sus hijos menores al dejarlos solos en casa o en el vehículo, al realizar compras de primera necesidad.



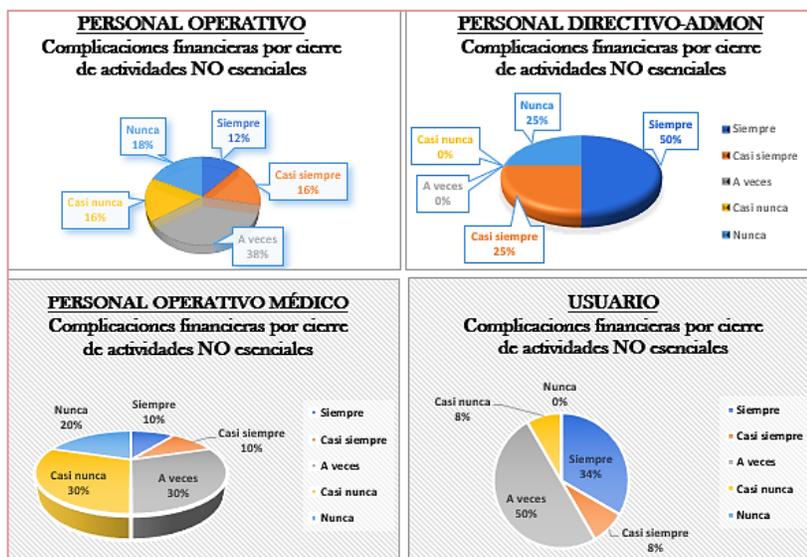
Gráfica 9. Conductas sociales de adaptación



Gráfica 10. Funcionalidad de estrategias tras pandemia

Es decir, los hallazgos muestran que sólo a veces fueron funcionales las estrategias utilizadas en la pandemia por Covid-19 (*gráfica 10*); ya que, no siempre se tuvo opción de seguir las políticas sanitarias al pie de la letra, por motivos ajenos a una concientización social. A pesar de ello, existe una correlación alta entre las estrategias utilizadas y efectividad de los medios de comunicación.

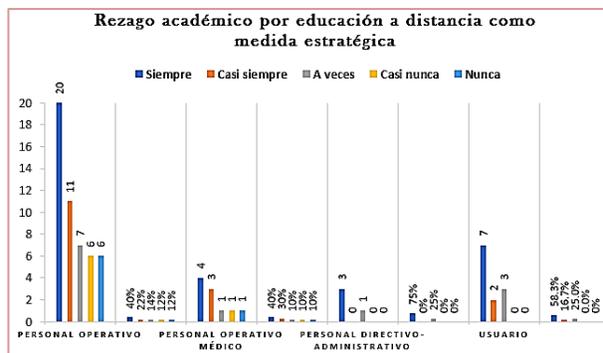
Así mismo, los datos revelaron que, solo a veces la sociedad tuvo complicaciones financieras por el cierre de actividades no esenciales (*gráfica 11*), a pesar de que la mayoría de la población asegura haber presenciado cambios de gran medida en su trabajo, principalmente negativos.



Gráfica 11. Complicaciones financieras por cierre de actividades NO esenciales

Por otro lado, en cuestión educativa también hubo efectos como resultado de las interacciones con el Covid-19, al marcar un notable rezago académico como consecuencia de la educación a distancia exclusiva, luego de implementarla como medida estratégica para control de la propagación del virus (*gráfica 12*); ya que no todos tuvieron las oportunidades, las herramientas o el acceso necesarios para seguir aprendiendo durante la pandemia, esto, debido a que en gran medida los roles familiares se vieron alterados considerablemente por el cierre de escuelas. Evidentemente, existe una alta correlación entre el rezago académico con el cierre de escuelas, luego que la educación a distancia dependiera del acceso a Internet en casa y, por lo tanto, al ser un recurso limitado, se pierde la

oportunidad de acceder a recursos complementarios que podrían potenciar su aprendizaje.



Gráfica 12. Rezago académico por educación a distancia

La pandemia por Covid-19, ha representado un proceso significativo de cambio, que hoy en día se ha quedado como una normalidad; en donde las conductas sociales de adaptación y las modificaciones en el estilo de vida, están estrechamente ligadas con la supervivencia humana ante este desafío alucinante de salud.

Finalmente, esta manifestación de procesos decisivos complejos originados en el interior de cada individuo permite explicar el comportamiento de los seres humanos inmersos en escenarios externos. En definitiva, a través de los procesos mentales se puede percibir, pensar, sentir, aprender y responder a lo que ocurre. Sin embargo, la manera en que estos procesos se

llevan a cabo es determinante para poder adaptarse y así conseguir resultados provechosos para uno mismo y los demás.

### Conclusiones

Esta investigación permitió conocer el contexto que abarca el impacto biopsicosocial tras la pandemia por Covid-19 y sus variantes; así como la implementación de estrategias de afrontamiento y adaptabilidad al cambio para la supervivencia humana, como parte evolutiva hacia una nueva normalidad.

Se concluye al entender que, de acuerdo al afrontamiento y adaptación de la población, los sistemas de salud pueden hacer frente a las enfermedades incapacitantes y lograr más eficazmente sus objetivos sanitarios nacionales y mundiales. Así como se vivenció esta anterior pandemia 2019.

### Recomendaciones

Por último, cabe resaltar que existe una amplia línea de investigación sobre enfermedades epidémicas, más recientemente Covid-19 y sus variantes; ya que, el virus llegó para quedarse, y los países deben integrar las actividades de vigilancia y respuesta al COVID-19 en los programas de salud regulares. Sin embargo, se sugiere que en futuras investigaciones se implementen estudios mixtos con la intencionalidad de abarcar un campo más extenso en las ciencias del saber, debido a que en su mayoría se centran en estudios cuantitativos únicamente; por su parte, este estudio logra fusionar los datos cuantitativos con los cualitativos como complementación de un enfoque biopsicosocial, dentro de los procesos mentales del ser humano (cognitivo, afectivo y conductual).

### Referencias

- Creswell, J.W. "Research Design. Qualitative, Quantitative, and mixed methods approaches (second ed)". Lincoln Nebraska. Universidad Lincoln, Nebraska, ISBN 0-7619-2441-8 (c) – ISBN 0-7619-2442-6 (pbk.) 2003
- Creswell, J.W. "Research Design. Qualitative, Quantitative, and mixed methods approaches (third ed)". Lincoln Nebraska. Universidad Lincoln, Nebraska, 267. 2009
- DOF. *Acuerdo Modificatorio 07/04/2020*. Diario Oficial de la Federación. 2020. Dirección de internet: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5591276&fecha=07/04/2020&print=true](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5591276&fecha=07/04/2020&print=true)
- Hernández Sampieri, R. "Metodología de la investigación". México. *Mc Graw Hill Education/ Interamericana editores, S.A. de C.V. Sexta ed.* ISBN: 978-1-4562-2396-0. 2014
- OMS. "Actualización de la estrategia frente a la covid-19". *Programa Emergencias Sanitarias de la OMS*. Organización Mundial de la salud, 2020. Dirección de internet: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/covid-strategy-update-14april2020\\_es.pdf](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/covid-strategy-update-14april2020_es.pdf)
- OMS. "Declaración acerca de la decimoquinta reunión del Comité de Emergencias del Reglamento Sanitario Internacional (2005) sobre la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19)". *Comunicados de Prensa del Comité de Emergencias*. Organización Mundial de la Salud, 2023. Dirección de internet: [https://www.who.int/es/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-\(covid-19\)-pandemic](https://www.who.int/es/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-(covid-19)-pandemic)
- Pérez R. & Doubova S. "Los retos del personal de salud ante la pandemia de COVID-19: pandemónium, precariedad y paranoia". *BID Gente saludable. Blogs*. 2020. Dirección de internet: <https://blogs.iadb.org/salud/es/desafios-personal-salud-coronavirus/>

## Apéndice

### Cuestionario utilizado en la investigación

| INSTRUMENTO CUANTITATIVO<br><i>5=Siempre 4=Casi siempre 3=A veces 2=Casi nunca 1=Nunca</i>   | INSTRUMENTO CUALITATIVO<br><i>Argumente su respuesta</i>   |
|--|--|
| 1. ¿Alguna vez fue usted diagnosticado positivo a Covid-19?  | 1. ¿Considera que aumentó la demanda de atención psicológica tras la pandemia? ¿Porqué?  |
| 2. ¿Experimentó alguna pérdida cercana a consecuencia del Covid-19?  | 2. ¿Alguna vez notó cambios de personalidad y comportamiento en sus compañeros de trabajo tras la contingencia sanitaria?  |
| 3. ¿Sintió miedo a contagiarse por estar en contacto constante con casos positivos o sospechosos a Covid-19, así como contagiarse por compartir espacios cerrados con otras personas, desconociendo su estado de salud-enfermedad? | 3. ¿Qué rol social fue el más afectado tras el confinamiento?  |
| 4. ¿Se afligió con el fallecimiento de pacientes Covid, al saber que no alcanzaron a despedirse físicamente de sus seres queridos?   | 4. ¿Cree usted, que la parte de la población que mostró primero datos de adaptación social fue la que tuvo alguna pérdida cercana o vivenció el Covid personalmente? |
| 5. ¿Sintió impotencia con el desabasto del EPP (Equipo de Protección Personal), materiales y personal sanitario para área Covid?   | 5. ¿Qué complicaciones sociales observó con el cierre de establecimientos de actividades no esenciales?  |
| 6. ¿Manifestó desgaste físico y mental por el uso prolongado de mascarilla y careta o bien por el EPP (Equipo de Protección Personal) en el caso del personal sanitario?   | 6. ¿Cuál fue el mayor temor de las personas cuando vieron que el virus SARS-Cov-2 no cesaba a pesar de las dos primeras dosis de vacunas contra Covid-19?            |
| 7. ¿Generó frustración al observar que la 1ra y 2da vacuna contra SARS-CoV-2 no fue suficiente para erradicar el virus causante de la pandemia?  | 7. ¿Cuál cree que sea el principal motivo por el cual la población ha mostrado disminución en el interés de aplicarse la cuarta y ahora anual dosis contra el Covid? |
| 8. ¿Tuvo complicaciones en los roles familiares por el cierre de escuelas?   | 8. ¿Cuál es el mayor signo de adaptación humana que ha mostrado la población ante dicha pandemia?  |
| 9. ¿Detectó rezago académico posterior a la estrategia implementada de educación a distancia, como medida preventiva?  | 9. ¿Qué estragos sociales considera, fueron más trascendentes de esta enfermedad?  |
| 10. ¿Fueron funcionales las estrategias utilizadas durante la pandemia?  | 10. Respecto a las medidas preventivas, ¿cuál considera, fue la más difícil de adaptarse como sociedad?  |
| 11. ¿Piensa que los medios de comunicación fueron efectivos y precisos con la información acerca de dicha pandemia?  | 11. ¿Considera que, durante esta enfermedad sociosanitaria, la población pudo haber desarrollado algún tipo de trastorno mental?                                     |
| 12. ¿Presentó complicaciones financieras por el cierre de establecimientos con actividades no esenciales?  | 12. ¿Qué estrategias adaptativas de cambio pudo observar que la sociedad desarrolló ante la contingencia sanitaria?  |
| 13. ¿Escuchó o habló con un paciente sobre su muerte cercana?  | 13. ¿La adopción de un nuevo estilo de vida como evolución biopsicosocial, cree que influyó positivamente en las variantes del Covid 19?                             |
| 14. ¿Aumentó el grado de dificultad de las actividades laborales al ser ejecutadas dentro del EPP (Equipo de Protección Personal) o simplemente con la mascarilla y careta?  | 14. Otro comentario que desee agregar sobre su experiencia con el Covid-19 y sus variantes posteriores   |
| 15. ¿Estimó insuficiente su empatía (preparación) profesional, en cuanto al apoyo emocional y psicológico brindado a la familia del paciente Covid?  |  |
| 16. ¿Considera insuficiente su empatía profesional, en cuanto al apoyo emocional y psicológico brindado al personal en línea directa con casos positivos o sospechosos Covid?  |  |
| 17. ¿Considera que el personal médico estuvo presente en tiempo y forma, en cada caso de Covid?  |  |
| 18. ¿Tuvo miedo de perder su empleo si se negaba a entrar a un área Covid?   |  |
| 19. ¿Considera haber sido discriminado o rechazado al saberse que labora sector salud?   |  |
| 20. ¿Considera haber discriminado o rechazado de un modo, al personal del sector salud, al saber que tenía contacto más directo con el SARS-CoV-2?   |  |
| 21. ¿Presentó temor de ser atacado por la sociedad, al considerarlo una amenaza respecto su cercanía con el Covid?   |  |
| 22. ¿Sintió temor con la posibilidad de ser medio de contagio al entorno familiar debido al contacto constante con casos sospechosos o confirmados Covid?  |  |
| 23. ¿Considera que el covid-19, generó modificaciones negativas en su entorno laboral?   |  |
| 24. ¿Considera que el impacto económico fue el más afectado tras la pandemia?  |  |
| 25. ¿Estima que la pandemia por Covid-19, modificó su estilo de vida?  |  |
| 26. ¿Presentó impotencia con la gestión de recursos físicos, humanos y materiales para dar cobertura a la gran demanda de casos Covid?   |  |
| 27. ¿El aislamiento domiciliario, el uso adecuado de cubre bocas y el lavado de manos, fueron las medidas estratégicas más relevantes para el control de contagios de SARS-CoV-2?  |  |
| 28. ¿Se reutilizaron mascarillas o cubre bocas en su hogar?  |  |
| 29. ¿Tuvo que dejar solos a sus hijos pequeños en casa o en el vehículo, porque no se permitía la entrada a menores de 15 años en establecimientos comerciales, mientras realizaba las compras de 1ra necesidad?                   |  |