




















Volumen 17

# No. 1

enero-diciembre 2022



**INVURNUS**, Vol. 17 Núm. 1 (enero- diciembre) 2022, es una revista electrónica de publicación continua, editada por la Universidad de Sonora, campus Caborca, con domicilio en Ave. Universidad e Irigoyen s/n. Col. Ortiz H. Caborca, Sonora. México. 83600, página web: <https://www.unison.mx/>, correo electrónico: [invurnus@caborca.uson.mx](mailto:invurnus@caborca.uson.mx). Editor responsable: Dra. Dora Edith Valencia Rivera. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-091912132600-102, ISSN electrónico: 2007-6185, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización: Dra. Dora Edith Valencia Rivera, fecha de la última modificación: 22 de diciembre de 2022.

La revista INVURNUS se encuentra bajo una licencia de Creative Commons Attribution-No Comercial 4.0 Internacional



# INVURNUS

Vol. 17 Num. 1 (enero-diciembre de 2022)

## Contenido

	<b>Página</b>
<b>1.</b> La Edad de Oro: Nanomateriales Metálicos Teragnósticos Emergentes <i>The Golden Age: Emerging Theranostic Metallic Nanomaterials</i> Almada M., Ibarra J., Juarez J., Encinas-Basurto D.	<b>2-9</b>
<b>2.</b> Aplicaciones de RV y RA para Química y Geografía en Preparatoria <i>VR and AR Applications for Chemistry and Geography in High School</i> Arenca Sotelo U., Villegas Guevara G., Diego García J., Rodriguez Haro F., Villalvazo Laureano E., González López J.	<b>10-22</b>
<b>3.</b> Determinación de Anticuerpos Anticitrulinado como Forma de Detección Oportuna para Artritis Reumatoide en Mujeres de una Región de Sonora. <i>Anti-Citrulinated Peptide Antibodies by the ELISA Method in Female Patients as a Means of Early Detection for Rheumatoid Arthritis.</i> Molina Romo E., Villa Reyna A., Santiago Reyes N., Lara Espinoza E., García Moraga M.	<b>23-30</b>
<b>4.</b> Diseño de Sistema de Almacenamiento de Aire Comprimido para la Generación Distribuida en Zonas Residenciales de México. <i>Design of Compressed Air Storage Energy System for Distributed Generation in Residential Area of Mexico.</i> Bristol Echeverria C., Ruelas Amezcua J., González López J., Jiménez Betancourt R., Pérez González M.	<b>31-42</b>
<b>5.</b> El Género en la Agenda Política de Sonora <i>Gender in the Political Agenda of Sonora</i> Lizárraga Caro F., García Moraga R.	<b>43-49</b>
<b>6.</b> Implementación de la NOM-035-STPS-2018 en Empresas Agrícolas de la Costa de Caborca, Sonora y su Relación con la Calidad de Vida Laboral. <i>Analysis and Evaluation of Implementation of NOM-035-STPS-2018 in Agricultural Companies in the Coast of Caborca, Sonora Region.</i> Federico Valle O., Sepúlveda Moreno C., Rosalez Díaz A., Pérez Lizárraga J.	<b>50-65</b>
<b>7.</b> Interfaces de Usuario en Aplicaciones de Apoyo Didácticas para Niños con TDAH. Hacia el Análisis de la Carga Cognitiva en IHC. <i>User Interfaces on Supportive Learning Applications for ADHD Childrens. Towards Task Load Analysis of HCI.</i> Ponce-Mendoza U., García-Gorrostieta M., Madrid-Monteverde D.	<b>66-72</b>
<b>8.</b> Prevalencia de Somnolencia en Estudiantes Universitarios de Fisioterapia. <i>Prevalence of Somnolence in Physiotherapy College Students.</i> Zarza García A., Cante Cuevas X., Javier Rivera L., Vásquez Gutiérrez M., Kent Sulú M.	<b>73-81</b>

**9.** *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*: dos Bacterias Multidrogorresistentes que Podemos Compartir con Nuestras Mascotas. **82-96**

*Staphylococcus aureus and Escherichia coli: two Multidrug-resistant Bacteria That we can Share with Our Pets.*

Flores-Morales C., Rocha-Gracia R., Barrios-Villa E., Lozano-Zarain P., Cortés-Cortés G.

**10.** Una Aproximación, de los Almacén de Datos, en el Seguimiento de Egresados en Educación Superior. **97-106**

*An Approximation, of the Data Warehouse, in the Follow-up of Graduates in Higher Education.*

Madrid Monteverde J., Ponce Mendoza U., García-Gorrostieta J.

# La Edad de Oro: Nanomateriales Metálicos Teragnósticos Emergentes

## The Golden Age: Emerging Theranostic Metallic Nanomaterials

Mario Almada<sup>1</sup>, Jaime Ibarra<sup>2</sup>, Josue Juarez<sup>3</sup>, David Encinas-Basurto<sup>3\*</sup>

1. Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Sonora, Lázaro Cárdenas 100, Colonia Francisco Villa, Navojoa 85880, Sonora, México.

2. Departamento de Física, Ingeniería y Matemáticas. Universidad de Sonora. Lázaro Cárdenas del Río No.100, Colonia Francisco Villa, Navojoa, 85880, México.

3. Universidad de Sonora, Departamento de Física, Universidad de Sonora. Rosales y Blvd. Luis Encinas J. S/N. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

Autor para la correspondencia: David Encinas-Basurto david.encinas@unison.mx

### Resumen

A pesar de los grandes avances de las ciencias médicas, el cáncer sigue siendo un importante problema de salud. Dado que la mayoría de los protocolos de tratamiento del cáncer incluyen agentes quimioterapéuticos de primera generación, los efectos secundarios y la resistencia a los medicamentos siguen siendo un problema preocupante. Por lo tanto, se necesita más que nunca una solución específica y selectiva para la quimioterapia estándar. Las nanopartículas de oro (GNP) tienen un tamaño y unas propiedades de superficie notables que las convierten en el vehículo ideal para la administración dirigida y selectiva de fármacos. Diferentes experimentos *in vitro* e *in vivo* demostraron que estas partículas pueden diseñarse fácilmente de tal manera que el fármaco químico pueda administrarse directamente en el sitio del tumor. Además, las propiedades ópticas de estas partículas pueden utilizarse para potenciar la acción del fármaco. Sin embargo, se deben realizar más estudios para dilucidar todos los problemas de toxicidad y adquirir conocimientos adicionales sobre los efectos en la salud a largo plazo y la interacción con todos los mecanismos fisiológicos del cuerpo humano.

**Palabras clave:** Cáncer, quimioterapia, nanopartículas, oro

### Abstract

Cancer remains a major public health concern, despite significant advances in medical science. Because first-generation chemotherapeutic agents are used in the majority of cancer treatment protocols, side effects and drug resistance are still a concern. As a result, more than ever, a specific and selective alternative to standard chemotherapy is required. Gold nanoparticles (GNPs) are good vehicles for targeted and selective drug delivery because of their size and surface characteristics. Various *in vitro* and *in vivo* tests revealed that these particles can be easily constructed to deliver a chemical drug directly to the tumor location. Additionally, these particles' optical characteristics can be exploited to improve therapeutic activity. More research is needed, however, to fully understand these toxicity issues as well as the long-term health impacts and interactions with various physiological pathways in the human body.

**Key words:** Cancer, chemotherapy, nanoparticles, gold

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.55

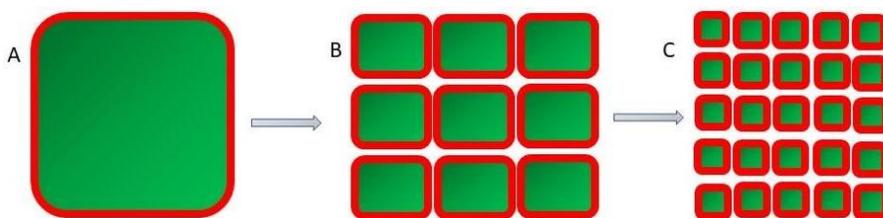
Recibido 12/05/2022

Aceptado 14/12/2022

Publicado 31/12/2022

## El significado de lo Nano. ¿Por qué importa la nanotecnología?

El futuro éxito de la nanotecnología lo podemos asemejar a capturar un caballo salvaje: poderoso y lleno de potencial. Sin embargo, para que el caballo salvaje sea de utilidad este debe ser domesticado, para lo cual se necesita conocimientos y técnicas especiales para lograr este propósito. De manera similar, la nanociencia y nanotecnología requieren de una profunda comprensión de los rasgos fundamentales básicos que gobiernan el comportamiento de un nanomaterial que dependen de su composición, el tamaño y la forma. En dimensiones muy pequeñas (nanoescala,  $10^{-9}$  m), la materia se comporta de manera diferente, en comparación con su contraparte macroscópica, debido al aumento de la relación área superficial-volumen, presentando nuevos fenómenos a esa escala (Di Ventura et al., 2004). Para entender el efecto de superficie, a medida que disminuye el tamaño de un material, aumenta el área superficial total de ese material respecto a su volumen. Esta propiedad se conoce como la relación entre el área superficial y el volumen, se puede apreciar en la Figura 1 que a medida que una partícula se va reduciendo en tamaño, la superficie en color rojo comienza a ser más visible, por lo que va tomando mayor importancia conforme seguimos reduciendo el tamaño.



**Figura 1.** Relación área superficial con la escala nanométrica.

En la escala nanométrica se pueden presenciar efectos que en la macroescala son imperceptibles, algunos de éstos solo se explican por la mecánica cuántica, la cual establece reglas de comportamiento para sistemas de dimensiones muy pequeñas, aquí la materia se comporta bajo la dualidad onda-partícula y es regida por el principio de incertidumbre de los electrones. Los efectos cuánticos pueden modificar las propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas de un material (Ghosh, 2015). Las propiedades generales de cualquier material son simplemente el promedio de todas las fuerzas cuánticas que afectan a todos los átomos que componen el material. A medida que los materiales se hacen más y más pequeños, eventualmente llega a un punto en el que el promedio ya no funciona y se tiene que lidiar con el comportamiento específico de átomos o moléculas individuales, el cual puede ser muy diferente a cuando estos átomos se agregan a nivel macroscópico.

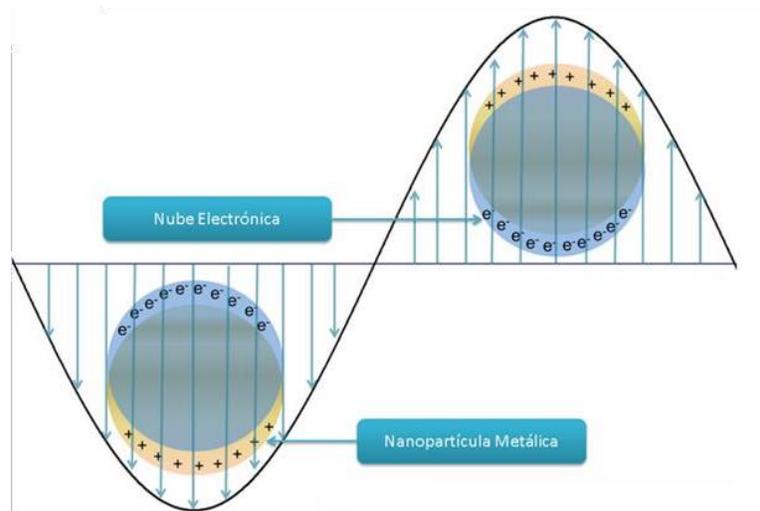
Los materiales en la escala nano son un tipo de material novedoso se ha incrementado en las últimas décadas. El término “nanomaterial” se refiere a un material en el que al menos una de sus dimensiones se encuentra entre 0.1 y 100 nm, o se compone de la unidad básica, que es aproximadamente equivalente al tamaño de 10 a 100 átomos, por lo que están muy cerca uno del otro. Los materiales reducidos a nanoescala pueden mostrar repentinamente propiedades muy diferentes en comparación con lo que muestran a macroescala. Por ejemplo, las sustancias opacas se vuelven transparentes (cobre); los materiales inertes se convierten en catalizadores (platino); los materiales estables se vuelven combustibles (aluminio); los aisladores se convierten en conductores (silicio); En comparación con otras nanopartículas metálicas, las



nanopartículas de metales nobles (Cu, Hg, Ag, Pt y Au) atraen cada vez más la atención de los investigadores (Singh et al., 2008).

El oro es un claro ejemplo de cómo cambian las propiedades físicas de un material cuando éste es llevado a un tamaño nanométrico; cuando el oro se encuentra en forma de nanopartículas, sus propiedades ópticas son modificadas drásticamente debido, principalmente, al confinamiento de los electrones de la banda de conducción (estos no son capaces de moverse libremente como en el material en a nivel macroscópico), provocando que las suspensiones de la nanopartículas de oro tengan, a simple vista, una gama de colores desde el rojo hasta el azul, dependiendo de su tamaño y forma, los cuales difieren claramente del color dorado característico del material macroscópico.

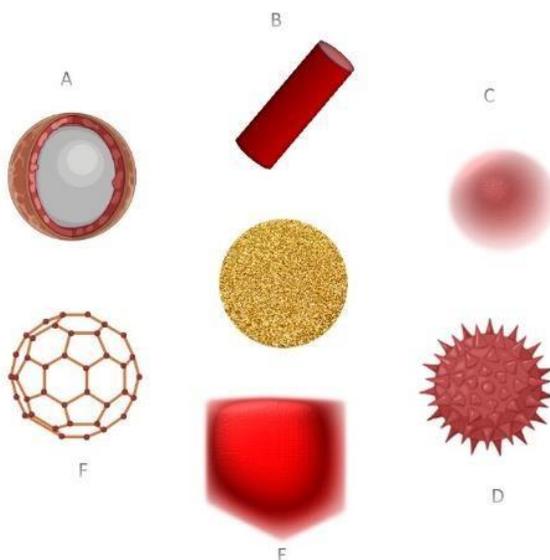
Las intrigantes propiedades ópticas de las nanopartículas de oro (AuNp) son atribuidas a su peculiar forma de interactuar con la luz; cuando estas nanopartículas son sometidas a la radiación electromagnética (por ejemplo, la luz solar), los electrones que se encuentran confinados en la superficie de la partícula entran en resonancia con la frecuencia incidente, es decir, los electrones se mueven juntos de un lado a otro de la nanopartícula de manera oscilante en un "ritmo" establecido por la onda de luz incidente (Figura 2), a este fenómeno se le conoce como Resonancia del Plasmón de Superficie (RPS). El pequeño impacto de la luz en los metales es suficiente para "golpear" toda la nanopartícula y todos los electrones comenzarán a moverse juntos bajo la influencia de esta luz. Para muchos metales, esta oscilación es muy débil, pero para metales como el oro y la plata, puede ser muy fuerte. Para cada tamaño de nanopartícula, hay una longitud de onda específica que provoca este fenómeno.



**Figura 2.** Resonancia de Plasmón Superficial de nanopartículas de oro.

La posición del RPS depende en gran medida no solo de su tamaño diminuto sino también de la forma de las nanopartículas de oro, por lo que una gran cantidad de investigadores han desarrollado diversas metodologías con el objetivo de manipular esas dos características para poder controlar la posición del RPS desde el visible hasta el infrarrojo cercano (500-1000 nm). En ese sentido se han obtenido nanobarras, nanocorazas, nanocubos, nanoflores, nanojaulas y nanoestrellas de oro, entre otras estructuras (Figura 3).



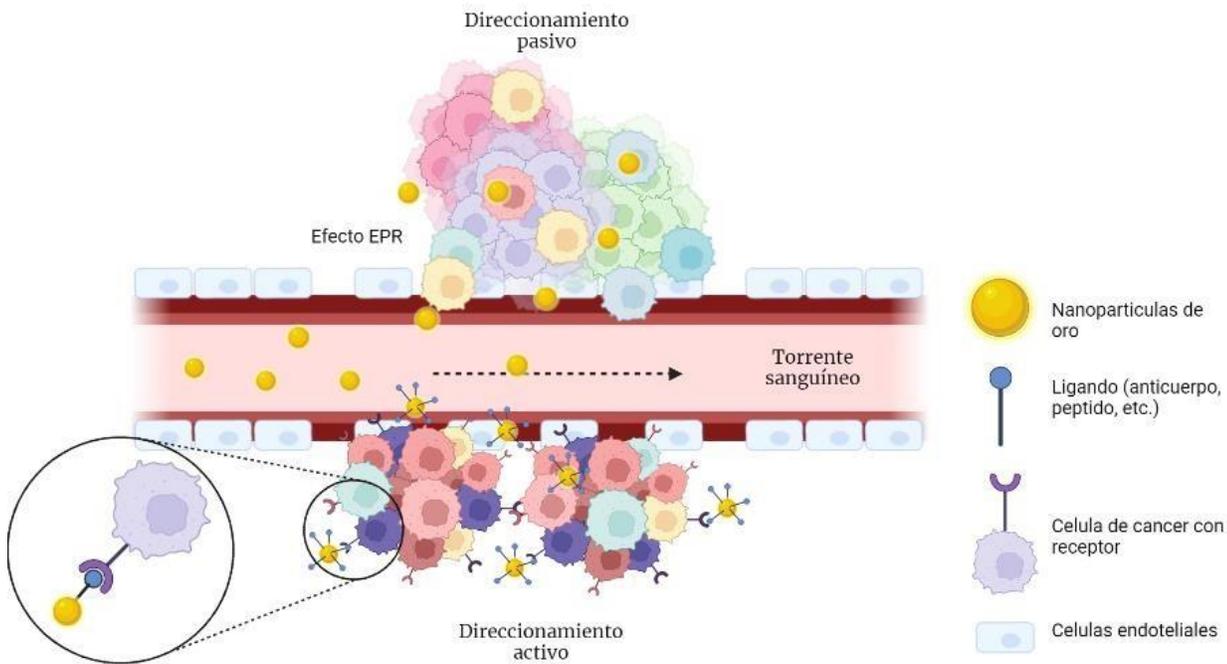


**Figura 3.** Morfologías utilizadas en nanopartículas de oro. A) Nanocorazas; B) Nanobarras; C) Nanoesferas; D) Nanoestrellas; E) Nanocubos; F) Nanojaulas

### **Nanopartículas de oro multifuncionales: un nuevo nanomaterial para diversas aplicaciones médicas**

La ingeniería biomédica es una parte integral de la ciencia, tecnología e industria al cuidado de la salud. Las nanopartículas de oro o los recubrimientos de oro se utilizan ampliamente en este campo. Por ejemplo, las nanopartículas de oro poseen la capacidad de absorber de manera eficiente la luz que incide en su superficie y que se transduce a energía térmica, la cual se puede utilizar para eliminar las células cancerosas en un tumor sólido por ablación, además las AuNps se utilizan en sensores ultrasensibles, métodos terapéuticos basados en imágenes y como acarreadores de fármacos para el tratamiento de enfermedades debido a sus importantes propiedades ópticas. El enfoque básico es administrar (inyectado localmente o a través de la vía intravascular) las AuNps en el área tumoral (activa o pasivamente), seguido de irradiación con una fuente de energía externa. Este procedimiento genera un foco de calor generado en las células cancerosas y por lo tanto provoca su destrucción selectiva. El direccionamiento pasivo se conoce como el efecto de permeabilidad y retención mejoradas (EPR), se basa en el hecho de que, en los tumores sólidos, el diseño estructural de la vasculatura es desorganizado y anormal y cuando las NP se inyectan por vía intravenosa, pueden depositarse y acumularse selectivamente en el tumor, manteniéndose allí durante mucho tiempo debido al comprometido drenaje linfático en los tumores. Por otro lado, la absorción de biomoléculas (anticuerpos, péptidos) adecuadas a la superficie de las AuNps, puede mejorar la capacidad de eliminar células malignas específicas sin dañar las células sanas, esto se conoce como direccionamiento activo (Figura 4).





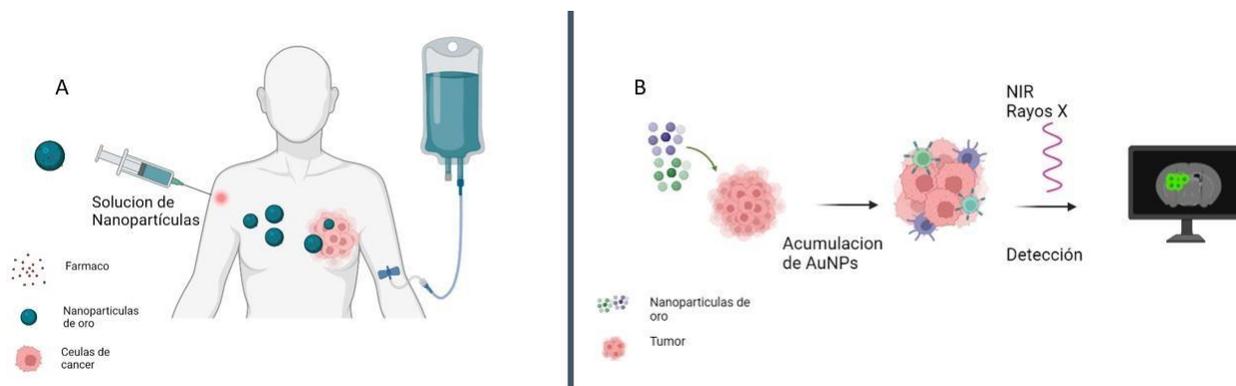
**Figura 4.** Direccionamiento activo y pasivo de nanopartículas de oro.

Debido a sus emocionantes y únicas propiedades fisicoquímicas, las AuNps seguramente contribuirán profundamente al campo de la ingeniería biomédica funcionando como acarreadores en la administración de fármacos, genes y proteínas, agentes terapéuticos mediante terapia térmica (PTT) y terapia fotodinámica (PDT), agentes de diagnóstico en imagenología y detección de biomarcadores.

### **Nanopartículas de oro multifuncionales para terapia y diagnóstico contra el cáncer**

La quimioterapia es el método más común de tratamiento contra el cáncer, pero su potencial es limitado en muchos casos. La administración tradicional de fármacos (administración oral o intravenosa) quimioterapéuticos da como resultado la diseminación del fármaco por todo el cuerpo y solo una fracción de la dosis llega al sitio del tumor. Así que, para incrementar la dosis del quimioterapéutico en células, órganos y/o tejidos específicos, se ha convertido en un desafío clave. Por lo tanto, muchos investigadores han comenzado a centrarse en las populares nanopartículas de oro, para la posible administración de fármacos contra el cáncer (Figura 5). Debido a que las AuNps pueden modificarse fácilmente para transportar más de un fármaco, los cuales pueden unirse a la superficie de las nanopartículas mediante adsorción física o química (covalente o no covalente). También es posible aumentar la especificidad de las AuNps hacia receptores celulares específicos mediante la conjugación de anticuerpos o moléculas guía, lo que provocaría una mayor acumulación del nanomaterial en el sitio de interés como lo puede ser un tumor sólido. El grupo de investigación dirigido por el Dr. Wu de la Universidad de Wuhan en China, desarrolló un nanosistema de carga-transporte-liberación de paclitaxel dirigido hacia células cancerosas 4T1. Los ensayos *in vitro* demostraron que este nanodispositivo libera al fármaco de manera controlada y sostenida cuando se irradia con luz láser infrarroja (NIR) (Zhu et al., 2018).





**Figura 5.** Administración de nanopartículas de oro multifuncionales para terapia y diagnóstico contra el cáncer.

Por otro lado, la energía electromagnética absorbida por las nanopartículas de oro, proveniente del haz de luz láser incidente, es disipada en forma de calor al medio ambiente circundante, este fenómeno ha motivado a proponer el uso de estas nanopartículas como agentes en la implementación de terapias fototérmicas. Por lo que estas nanopartículas se han propuesto para eliminar y/o sensibilizar a las células cancerosas (Heidari et al., 2015). El principio es relativamente sencillo, las nanopartículas de oro son administradas, generalmente vía intravenosa, y se espera un tiempo determinado para que éstas se acumulen en el sitio del tumor por el efecto permeabilidad y retención aumentada. Una vez que las nanopartículas alcanzan el sitio de interés, se irradia con el haz de luz láser provocando un incremento en la temperatura local. Esta estrategia ha sido utilizada en modelos animales para disminuir el volumen de tumores sólidos. A pesar de que existen miles de reportes donde se proponen este tipo de partículas para la terapia fototérmica, ninguno de estos ha sido aprobado por la FDA para ser aplicado en humanos, el único que ha avanzado más allá del laboratorio es el producto Auroshell®, el cual consiste en una nanocoraza de oro construida sobre nanopartículas de dióxido de silicio, actualmente, se encuentra en la etapa de estudios clínicos. En septiembre de 2019 se reportó un estudio clínico piloto utilizando Auroshell® para tratar a 15 pacientes con cáncer de próstata, las nanopartículas de oro fueron administradas vía intravenosa, al siguiente día, los pacientes fueron sometidos a la etapa de irradiación y fueron dados de alta el mismo día. No se presentaron efectos adversos graves y se observó una disminución promedio del tumor de  $49 \text{ cm}^3$  a  $42 \text{ cm}^3$  en un lapso de 3 meses, solo con una administración del tratamiento (Rastinehad et al., 2019).

Adicionalmente, las nanopartículas de oro han sido propuestas para ser utilizadas como agentes de contraste para diversas técnicas de imagenología diagnóstica debido a su propiedad de absorber y dispersar la luz, así como a su capacidad intrínseca de fluorescer bajo ciertas condiciones (Wang et al., 2013). En este contexto, se ha logrado detectar células cancerosas, y diferenciarlas de células normales, utilizando nanopartículas de oro funcionalizadas con diversos anticuerpos utilizando diversas técnicas de microscopía óptica (Figura 5).

Por otro lado, en la tomografía computarizada, los rayos X son absorbidos en diferente medida dependiendo de la composición de cada una de las partes del cuerpo y a partir de esas diferencias se obtienen imágenes que sirven para el diagnóstico de diversas enfermedades. Las nanopartículas de oro pueden ser utilizadas como excelentes agentes de contraste debido al alto peso atómico del oro, además de la posibilidad de proveerles mayor especificidad funcionalizándolos con moléculas guía, por ejemplo, se han utilizado nanopartículas de oro funcionalizadas con ácido fólico como agentes de contraste para obtener imágenes de rayos X de tumores sólidos en modelos animales con resultados bastante positivos (Huang et al., 2006).



## El uso de Resonancia del Plasmón de Superficie como Biosensor.

La reacción en cadena de polímeros (PCR) y el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) son los dos métodos de detección biomolecular más populares. Sin embargo, estos métodos son costosos y complicados. El uso de técnicas de detección basadas en AuNps podría cambiar las reglas del juego en las aplicaciones de biodetección. Las AuNps se han utilizado para la prueba de detección y cuantificación de colina y ácido úrico. Recientemente, también se han utilizado para la detección de enfermedades cardíacas, el mal funcionamiento de los riñones, la detección de ADN/ARN y la detección inmunitaria. En un estudio, se conjugó ADN en la superficie de AuNps para la determinación de la cadena complementaria de ADN, tras la conjugación de las hélices entre cadenas de ADN, la solución de color rojo de las AuNps cambió a violeta/azul, lo cual pudo ser medido fácilmente y monitoreado por el cambio de la banda de RPS con un equipo de espectrofotometría (Zong et al., 2017).

El plasmón de resonancia de las AuNps se ha utilizado también para detección del cáncer. Una detección colorimétrica de la metaloproteinasa 7 (MMP-7) basada en la funcionalización de un péptido en la superficie de la AuNp ha sido demostrada anteriormente. La MMP-7 puede reconocer y dividir dos sitios en el péptido utilizado, lo que resulta en una reducción en el tamaño del péptido y la carga neta del sistema. Esto provoca agregación y un cambio en el RPS lo que provoca un notorio cambio de color de rojo a azul. Como el nivel de MMP-7 en la glándula salival de pacientes con cáncer es mayor que en pacientes sanos y el ensayo tiene un límite de detección por debajo de este nivel, esta técnica de detección es una herramienta prometedora para el diagnóstico temprano del cáncer de glándula salival (Chen et al., 2013).

## Conclusión

Sin lugar a duda, las investigaciones en ciencia básica y aplicada cuyo enfoque nos proporciona ampliar y generar un mayor conocimiento permitirá una comprensión del comportamiento de las AuNps en suspensión, además de entender la distribución e interacción de las Au Nps cuando estas sean administradas a un organismo vivo, conduciendo a la maduración de la nanotecnología aplicada. Cabe recordar que las propiedades fisicoquímicas, ópticas y electrónicas de estas que son de gran valor para desarrollar sistemas de diagnóstico y tratamiento de tumores, debido a la capacidad intrínseca relacionada con su tamaño extremadamente pequeño que les permitirá poder de penetración y deposición efectiva en el sitio del tumor, capacidad para funcionalizarse con diferentes moléculas guía y fármacos debido a su alta capacidad reactividad química superficial. Sin embargo, antes de que las AuNp puedan alcanzar una aplicación a nivel clínico tanto en el diagnóstico, como en la terapia contra el cáncer, todavía es necesario superar ciertos obstáculos. Estos están relacionados principalmente con la evaluación y optimización de la toxicidad biológica y la mejora de la estabilidad en condiciones fisiológicas. Además de la determinar las dosis óptimas para diferentes tipos de cáncer en función del paciente, de la morfología y tamaño de las nanopartículas, así como el monitorizar la liberación de los agentes bioactivos de manera controlada ante un cambio en el entorno físico en las que se encuentran. A pesar de los muchos avances que se han hecho, todavía hay muchas preguntas importantes que esperan ser respondidas a través del estudio sistemático del proceso de entrega, como la absorción celular, la tasa de liberación de carga útil, la respuesta inmune y la toxicidad *in vivo*.



## Referencias

- Chen, P., Selegård, R., Aili, D., & Liedberg, B. J. N. (2013). Peptide functionalized gold nanoparticles for colorimetric detection of matrilysin (MMP-7) activity. *5*(19), 8973-8976.
- Di Ventra, M., Evoy, S., & Heflin Jr, J. R. (2004). *Introduction to nanoscale science and technology*: Springer.
- Ghosh, C. K. (2015). Quantum effect on properties of nanomaterials. In *Introduction to Nano* (pp. 73-111): Springer.
- Heidari, Z., Salouti, M., & Sariri, R. J. N. (2015). Breast cancer photothermal therapy based on gold nanorods targeted by covalently-coupled bombesin peptide. *26*(19), 195101.
- Huang, X., El-Sayed, I. H., Qian, W., & El-Sayed, M. A. J. J. o. t. A. C. S. (2006). Cancer cell imaging and photothermal therapy in the near-infrared region by using gold nanorods. *128*(6), 2115-2120.
- Rastinehad, A. R., Anastos, H., Wajswol, E., Winoker, J. S., Sfakianos, J. P., Doppalapudi, S. K., . . . Lewis, S. C. J. P. o. t. N. A. o. S. (2019). Gold nanoshell-localized photothermal ablation of prostate tumors in a clinical pilot device study. *116*(37), 18590-18596.
- Singh, O. P., & Nehru, R. J. A. J. E. S. (2008). Nanotechnology and cancer treatment. *22*(2), 6.
- Wang, Z. J. S. C. P., Mechanics, & Astronomy. (2013). Plasmon—resonant gold nanoparticles for cancer optical imaging. *56*(3), 506-513.
- Zhu, D.-M., Xie, W., Xiao, Y.-S., Suo, M., Zan, M.-H., Liao, Q.-Q., . . . Wu, W.-T. (2018). Erythrocyte membrane-coated gold nanocages for targeted photothermal and chemical cancer therapy. *J Nanotechnology*, *29*(8), 084002.
- Zong, J., Cobb, S. L., & Cameron, N. R. J. B. s. (2017). Peptide-functionalized gold nanoparticles: versatile biomaterials for diagnostic and therapeutic applications. *5*(5), 872-886.



## Aplicaciones de RV y RA para Química y Geografía en Preparatoria

### VR and AR Applications for Chemistry and Geography in High School

Barenca Sotelo Ulises<sup>1</sup>, Villegas Guevara Guillermo Emmanuel<sup>1</sup>, Diego García Jennifer<sup>1</sup>, Rodríguez Haro Fernando<sup>1\*</sup>, Villalvazo Laureano Efraín<sup>1</sup>, González López Juan Miguel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería electromecánica Km 20, carretera Manzanillo-Cihuatlán. Manzanillo, Colima, México, C.P. 28864.

Autor de correspondencia: Fernando Rodríguez Haro. ferharo@ucol.mx

#### Resumen

En los últimos años, ha habido una acelerada adopción de las tecnologías para trabajo remoto y educación a distancia. Sin embargo, se requieren herramientas complementarias para la educación con mediación tecnológica a distancia o semi presencial que permitan un mejor proceso de enseñanza aprendizaje. En este trabajo se presenta el desarrollo de dos aplicaciones de RA de Química y Geografía, y una de RV para la navegación inmersiva de un plantel. En las aplicaciones de RA se utiliza el modelo repetitivo para permitir a los estudiantes aprender realizando múltiples veces los ejercicios con mayor grado de dificultad en las diversas materias. En la aplicación de RV se habilitan murales informativos integrados a la API de Twitter con el fin de ofrecer información actual de avisos y tareas. Los resultados obtenidos muestran que el uso de RA y RV complementa el aprendizaje activo y con la inmersión es una experiencia estimulante que permite a los usuarios sentirse físicamente presentes en otro lugar.

**Palabras clave:** Realidad aumentada, Realidad virtual, Educación a distancia, Aprendizaje repetitivo y estimulación de aprendizaje.

#### Abstract

In recent years, there has been an accelerated adoption of technologies for remote work and distance education. However, complementary tools are required for education with distance or semi-presential technological mediation that allows an improved teaching-learning process. This paper presents the development of two Augmented Reality (AR) applications for Chemistry and Geography and a Virtual Reality (VR) application for the immersive Navigation of a campus. In Augmented Reality applications, the repetitive model is used to allow students to learn by repeatedly doing the exercises with the highest degree of difficulty in the various subjects. In the Virtual Reality application, informative boards integrated to the Twitter API are enabled to show current information on announcements and tasks. The results show that the use of AR3 and VR complements active learning with immersion, it is a stimulating experience that allows users to feel present in another place.

**Key words:** Augmented reality, Virtual reality, Distance education, Repetitive learning, and Stimulating learning.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.66

**Recibido** 15/11/2022

**Aceptado** 20/11/2022

**Publicado** 31/12/2022

## Introducción

En los últimos años, ha habido una acelerada adopción de las tecnologías para trabajo remoto y educación a distancia. Sin embargo, se requieren herramientas complementarias para la educación con mediación tecnológica a distancia o semi presencial que permitan un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, si la tendencia continua, la brecha entre el conocimiento tecnológico del educador y los jóvenes estudiantes solo se ampliaría. Por lo anterior, un docente puede interesarse en el potencial de la tecnología para transformar el aprendizaje y adoptando un enfoque proactivo prestando atención a las tecnologías futuras con miras a su integración en el aula.

Hoy en día el modernizar espacios y recursos físicos educativos con RA y RV tiene muchos beneficios, ya que mejora el proceso de aprendizaje. Icaza en su artículo Realidad Mixta (2014), presenta a la realidad mixta como “Una tecnología que está siendo utilizada en gran medida en la educación y que proyecta grandes cambios en un futuro”. La realidad mixta es la siguiente evolución entre el humano, la computadora y el entorno.

Primeramente, la RV tiene como objetivo sumergir al usuario en un entorno y transmitirle la sensación de estar en otro lugar sin estar físicamente allí. Es a través de un monitor, sonido o vibraciones como se le notifica al usuario sobre alguna acción resultante. Posterior a ello, la RA tiene el objetivo de mostrar información contextual extrayendo datos desde el mundo físico. Finalmente, la realidad mixta es el resultado de la combinación entre la RV y la RA.

El estado actual de la tecnología de los videojuegos ya hace uso de RV de inmersión total presentando títulos como, Half life alyx, Batman Arkham, Phasmophobia y Surgeon simulator vr. Además de videojuegos comerciales en un contexto educativo Anatomyou y Titans of Space los cuales presentan una propuesta mediante el uso de RV, con el fin de presentar a los usuarios distintos niveles de información con inmersión dentro de los distintos metaversos.

El rápido ritmo de crecimiento de las nuevas tecnologías y su adaptación y adopción con fines educativos en las escuelas y/o hogares es un reto de investigación actual, así como explorar su adopción e impacto que podrían tener en las aulas y en el aprendizaje en general.

Por lo anterior, el objeto de estudio de la presente investigación es evaluar el uso las nuevas tecnologías para el aprendizaje, diseñar programas basados de autoaprendizaje y evaluar los beneficios y las dificultades, a continuación se presentan proyectos relacionados.

En Thees (2020) se presenta una aplicación diseñada con RA para que los estudiantes puedan visualizar las causas de los procesos sobre la búsqueda en un experimento de laboratorio, examinando la conducción de calor y temperatura. Este proyecto ayuda a los estudiantes a visualizar un fenómeno físico, menciona en el artículo que “a pesar de que hay una desventaja que son las preferencias de texturas, que pueden dañar la vista de los estudiantes, se puede implementar este proyecto para mejorar el aprendizaje”. Como resultado se obtiene una mejora en el proceso de aprendizaje y el rendimiento mediante la visualización del entorno, usando un lente inteligente basado en un sistema de RA.

Ramírez (2015) muestra un proyecto con una aplicación de RA para resolver problemas matemáticos en una escuela de ingeniería, menciona que “la visualización es una habilidad crucial para comprender y resolver los problemas del mundo real. El problema parte sobre las características de habilidades viso espaciales en el aprendizaje de las matemáticas, siendo estas habilidades necesarias para construir modelos de objetos



matemáticos a partir de dibujos del maestro u descripciones orales". Sin embargo, la capacidad espacial no es un rasgo estático, sino un proceso dinámico que podría fomentarse a través de la interacción real y objetos virtuales.

Los autores Sandoval (2022) se centran en “desarrollar y evaluar una aplicación de Realidad Aumentada (AR) para enseñar electrónica de potencia a principiantes”. Para ello se presentaron dos temas: El primero fue el diseño de un circuito Resistencia-Inductor-Condensador (RLC) conectado en serie en AR, cuyas ecuaciones espacio-estado se analizaron de forma interactiva, y su montaje en un prototipo virtual para analizar el voltaje y las corrientes medidas por un osciloscopio. El segundo tema presentado en AR fue sobre los convertidores bidireccionales de corriente continua (CC)-CC, conocidos como Buck-Boost; el objetivo era estudiar su comportamiento cuando se intercambia energía entre dos sistemas, normalmente paneles fotovoltaicos, vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento. Las actitudes de los estudiantes hacia la aplicación AR fueron significativamente mejores que aquellas hacia la enseñanza tradicional.

En Ibáñez (2020) se desarrollaron dos aplicaciones diferentes para apoyar la actividad de aprendizaje: una aplicación estaba basada en la Web y la otra aplicación utiliza tecnología AR basada en imágenes. Ambas aplicaciones ofrecen el mismo contenido educativo. Los autores mencionan que “se encontró que los estudiantes de escuelas privadas informaron niveles más altos de motivación hacia la actividad de aprendizaje que los de las escuelas públicas, siendo la primera en utilizar el modelo de RA, durante el proceso de enseñanza”.

### **Estilos de aprendizaje**

Se ha descubierto que cada persona aprende y percibe diferente las cosas, esto se debe a que “cada ser humano desarrolla habilidades diferentes, algunos son más visual, auditivos, kinestésicos o prácticos” (Cortés, 2018). Los estilos de aprendizaje son formas diferentes de enfrentarse a las tareas cognitivas. Gozan de estabilidad y consistencia en el comportamiento de los individuos cuando atienden la información. Los estilos conciernen, como afirma Sternberg (1990), “a modos diferentes que tienen los individuos de utilizar la inteligencia, o, se puede definir como una forma preferida de usar las habilidades”. El estilo de aprender no es lo mismo que la habilidad para aprender, sino más bien una preferencia o un modo preferido de aprender que se relaciona con las habilidades.

### **Tipos de Aprendizaje**

A continuación, se presenta la revisión de la literatura relacionada con la incorporación de tecnologías de información y comunicación, y resumimos los principales hallazgos y desafíos pendientes.

1. Aprendizaje de representación visual: Cuando pensamos en imágenes podemos traer a la mente mucha información a la vez por eso la gente que utiliza el sistema de representación visual tiene más facilidad para absorber más cantidad de información con rapidez. Visualizar nos ayuda también a establecer relaciones entre distintas ideas y conceptos. Cuando un alumno tiene problemas para relacionarlos, muchas veces se debe a que está procesando la información de forma auditiva o kinestésica.
2. Aprendizaje de representación auditiva cuando recordamos utilizando el sistema de representación auditivo lo hacemos de manera secuencial y ordenada. Sin embargo, el alumno auditivo necesita su



grabación mental paso a paso. Los alumnos que memorizan de forma auditiva no pueden olvidar ni una palabra, porque si olvidan esa palabra no saben cómo continuar.

3. Aprendizaje de representación kinestésica: El aprendizaje kinestésico es profundo. Se puede aprender una lista de palabras y olvidarlas al día siguiente, pero cuando uno aprende a montar en bicicleta no se olvida nunca. Una vez que hemos aprendido algo con la memoria muscular es muy difícil que se olvide. Los alumnos que utilizan preferentemente el sistema kinestésico necesitan, por tanto, más tiempo que los demás. Se dice que ellos son lentos. Esa lentitud no tiene nada que ver con la falta de inteligencia, sino con sus distintas maneras de aprender.

### Los ambientes virtuales de aprendizaje apoyados por simuladores

En nuestra propuesta nuestro ambiente virtual incluye el recorrido virtual de estudiantes en una escuela, además de una serie de simulaciones que permiten reforzar temas. De acuerdo con Forero (2012) un simulador/simulación es definido como una aplicación altamente interactiva que permite al alumno diseñar o representar un escenario determinado. Por lo que, los simuladores son de gran ayuda, ya que permiten plantear diferentes escenarios a los usuarios trayendo como principal ventaja reforzar lo aprendido y disminuir los riesgos eventuales en la práctica.

## Materiales y métodos

### Encuesta de Aprendizaje

Se diseñó y aplicó una encuesta con 16 reactivos que tienen la finalidad de identificar qué tipo de aprendizaje es el dominante en los alumnos de bachillerato, obteniendo respuesta de 332 alumnos de Manzanillo Colima, pertenecientes a la Universidad de Colima de los diferentes bachilleratos (8, 9, 10, 14, 23 y 27) de educación media superior. Como se observa en la Figura 1 sobre estilos de aprendizaje, el 58.7% de los estudiantes aprende de las tres formas, el 24.4% de manera visual, el 11.1% de manera práctica (kinestésico) y el 5.8% de manera auditiva. Por lo tanto, se concluye que los estudiantes aprenden mejor con las tres formas (visual, auditivo y kinestésico).

¿Cómo aprendes mejor?

332 respuestas

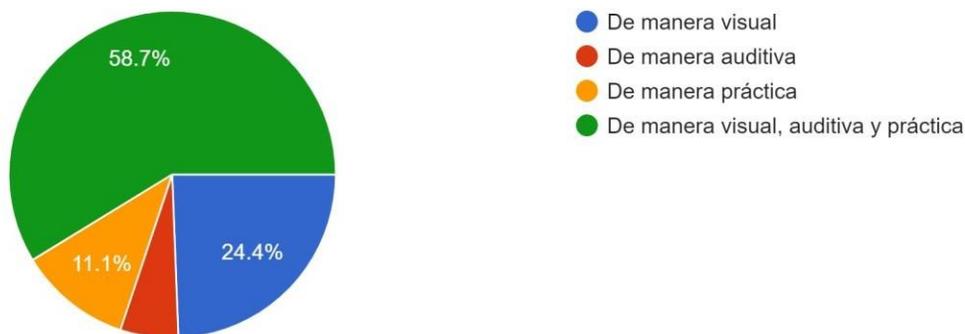


Figura 1. Alumnos encuestados de bachillerato en Manzanillo



### Herramientas de desarrollo

Existen diversas herramientas que nos permiten desarrollar aplicaciones de RA y RV, en este proyecto se han utilizado las herramientas Unity (Unity Technologies, 2022) y Blender (Blender Foundation, 2022), Blender es una multiplataforma dedicada especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos en 3D, además se pueden desarrollar videojuegos ya que posee un motor de juegos internos. Unity cuenta con recursos personalizados para hacer realidad tu visión envolvente, esta plataforma de desarrollo de software es líder en la industria, combinada con herramientas hechas a la medida para los creadores de RA y un flujo de trabajo unificado a través de todos los dispositivos que permite centrar en expandir los límites de la imaginación.

### Modelos 3D

Los modelos integrados dentro del plano de RV y las aplicaciones de RA para las materias geografía y química se han realizado en Blender. Para la aplicación de RV se seleccionó modelar como caso de estudio el plantel educativo bachillerato técnico número 23 de la Universidad de Colima. En el caso del plano para RV se tomaron medidas de cada uno de los elementos dentro del plantel, ver figura 2. Cuidando así la similitud y la inmersión que esperamos tener en cada uno de los alumnos al utilizar esta herramienta. El diseño de cada uno de los elementos como: puertas, ventanas, techos, láminas, bardas, banquetas y castillos se realizaron por diferentes métodos. Las puertas y ventanas se realizaron por métodos booleanos entre un cubo y otro elemento con diferentes medidas, las láminas tuvieron un proceso diferente a los demás por su complejidad, usando curvas NURBS.



**Figura 2.** Toma de medidas en el bachillerato

Por otro lado, los modelos de geografía y química (líneas imaginarias y átomos) se diseñaron en Blender debido a la facilidad de agregar animaciones de diferentes tipos: movimientos, fuerza, gravedad, traslación, acción y entre otros. La composición de estos modelos surge con base a las figuras esferas, cubos y planos los cuales fueron reajustados mediante la opción Edit mode para añadir o eliminar vértices. Cuando los modelos son finalizados éstos se reajustan minimizando su tamaño para que a través del marcador en Unity esto no sea un factor que afectarán la visualización. El objetivo es que los alumnos se sientan cómodos con las nuevas herramientas de aprendizaje.



## Material de trabajo

Uno de los principales objetivos durante el desarrollo de este proyecto es generar un aprendizaje activo, una de las formas que identificamos es que el alumno debe de mantener la comunicación constantemente con su maestro, un claro ejemplo es el aula invertida. De acuerdo con Berenguer-Albaladejo (2016) “*el objetivo del aula invertida es que el alumno asuma un rol mucho más activo en su proceso de aprendizaje que el que venía ocupando tradicionalmente.*”. Para este ejercicio se planteó usar marcadores, que son imágenes que los alumnos deberán escanear con su teléfono celular para visualizar los elementos 3D en las aplicaciones de las materias geografía y química.

Los marcadores podrán ser mostradas en diapositivas de PowerPoint durante la clase o impresas en una hoja, tal como se muestra en la figura 3, al inicio de la presentación de éstas se agregará un pequeño texto de forma genérica donde se explique a grandes rasgos el tema, cada uno de los subtemas se explica dentro de la aplicación en conjunto con los modelos de RA y el quiz.



Figura 3. Material de trabajo



## Aplicación de RA

Sobre el movimiento, diseño e interacción en los modelos de geografía y química en Unity, para la aplicación de química se desarrollaron 6 módulos referentes a la evolución del modelo atómico, describiéndose a continuación: Átomo, Bohr, Chadwick, Dalton, Rutherford y Thompson. Mientras que para la materia de geografía se tomó el tópico de líneas imaginarias, desarrollando: Ártico y antártico, Ecuador, Eje, Meridianos y paralelos, Polos norte y sur y los diferentes trópicos (de cáncer y de capricornio), ver figura 4.

Además de dichos modelos, se añadió en cada una de las aplicaciones un quiz para reforzar los conocimientos adquiridos con la finalidad de poner en práctica lo aprendido en cada una de las aplicaciones, fomentando de esta manera el aprendizaje repetitivo.



Figura 4. Ventana de inicio aplicaciones de RA.

Una vez construido el modelo de los objetos deseados, estos fueron escalados minimizando su tamaño para que a través de un marcador en Unity esto no fuera un factor que afectara en la visualización. Posteriormente, se exportó el modelo mediante la opción de export en formato. fbx. Una vez teniendo el archivo. fbx se procedió a instalar la librería de Vuforia, la cual está disponible en su portal web.

Una vez instalada la librería de Vuforia en Unity, como siguiente punto, se añadió al panel de escenas una cámara de RA para visualizar los modelos de RA, posterior a ello se creó un contenedor de imagen de carga mediante el cual se le asignó la imagen que realizara la función de un marcador para su reconocimiento y aparición del modelo cuando este sea reconocido por la aplicación, tal como se muestra en la figura 5, como dato adicional es muy importante que se tenga una jerarquización de los objetos donde la cámara de RA contenga la Imagen Target y finalmente el modelo.



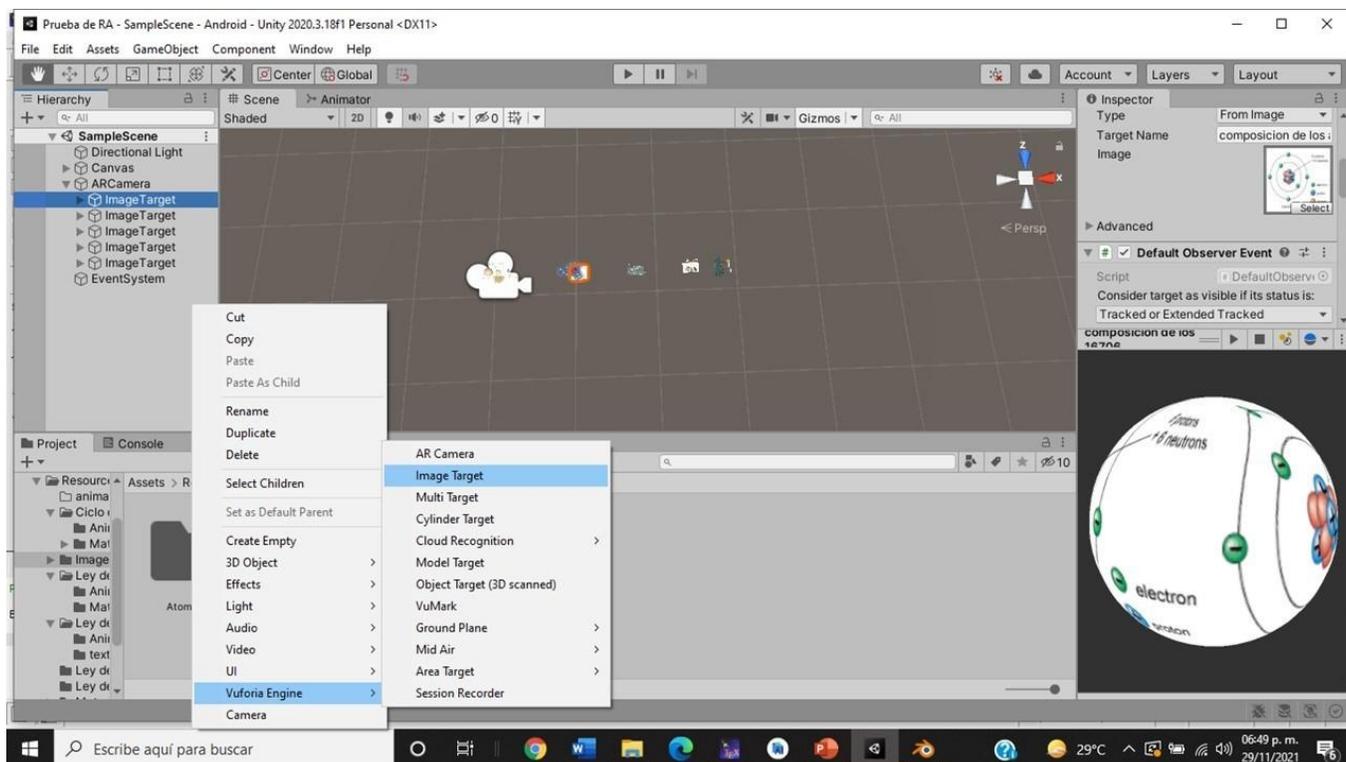


Figura 5. Marcador para RA

A continuación, se presentan los diagramas de flujo de las aplicaciones de RA de química y geografía, como muestra en la figura 6.

Diagrama de Flujo – Aplicación de Química

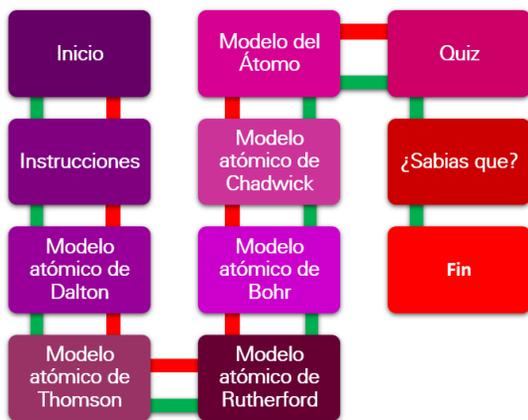


Diagrama de Flujo – Aplicación de Geografía



Figura 6. Diagrama de flujo sobre la estructura de las aplicaciones de RA.



## Quiz interactivo

Para el desarrollo de este quiz interactivo se tomó como base la estructura de una clase para el flujo de las pantallas dentro del mismo, esta aplicación esta desarrollada con los paneles denominados Canvas dentro de Unity los actuales tiene como funcionalidad principal generar aplicaciones en 2D, de igual manera se utilizaron elementos para el HUD lo cuales son botones, textos, imágenes, marcadores RA y pistas de sonido, cada uno diferenciado y etiquetado mediante un Id único y un nombre de elemento, como se muestra en la figura 7.

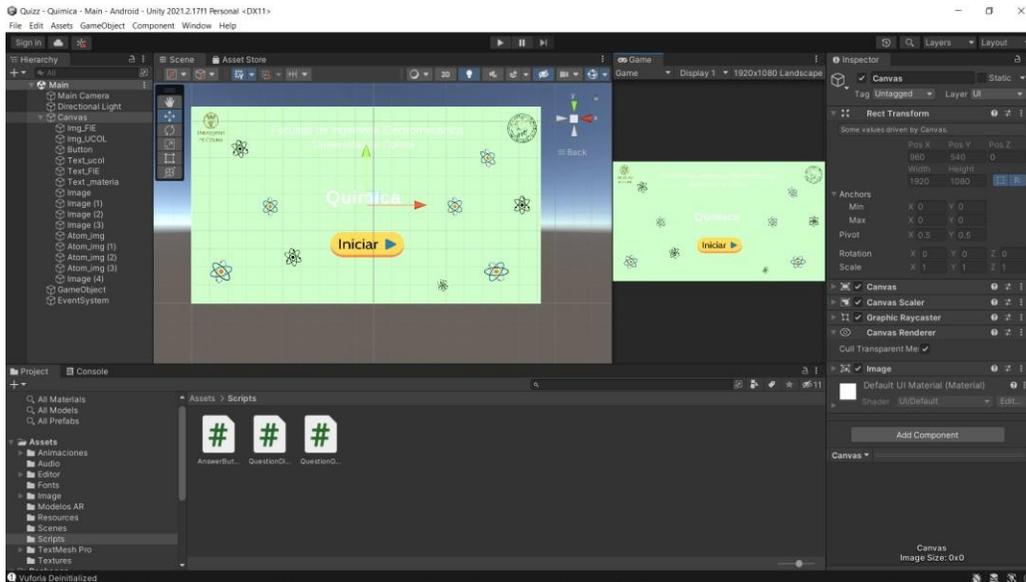


Figura 7. Elementos Aplicación Quiz.

## Aplicación de RV.

### Desplazamiento dentro de un plano

El desplazamiento es una parte esencial en la RV que nos permite teletransportarnos a lugares que no son posibles en ese momento. La simulación de esta experiencia la conforma diversas configuraciones en el dispositivo que se utilizará, de acuerdo con los recursos tecnológicos que las escuelas públicas tienen en la actualidad no cuentan con el suficiente fondo monetario para adquirir Oculus Quest 2 debido a su alto valor, sin embargo, los alumnos utilizan teléfonos móvil inteligentes con mayor capacidad a la requerida abriendo la posibilidad de que este mismo sea utilizado como parte del visor.

Google Cardboard es una plataforma de RV desarrollada por Google sobre la base de cartón plegable, de ahí su nombre, que funciona a partir de colocar un teléfono móvil inteligente con Android o iOS que nos permite utilizar los sensores, pantalla y memoria. Por otro lado, en Unity se exporta el modelo 3D en formato. fbx realizado en Blender para añadir texturas, colores y configuraciones.

Para poder desplazarse dentro del plano se utilizó un joystick que viene con el cardboard utilizado y es conectado mediante Bluetooth, la funcionalidad fue hecha en un script el cual utilizo como parámetros los vértices x, como se muestra en la figura 8 y para que con operadores matemáticos si se detectaba un movimiento del joystick hacia el vértice x el objeto de cámara de jugador se moverá hacia dicho vértice, en el mismo script uno puede configurar la velocidad de movimiento de la cámara.



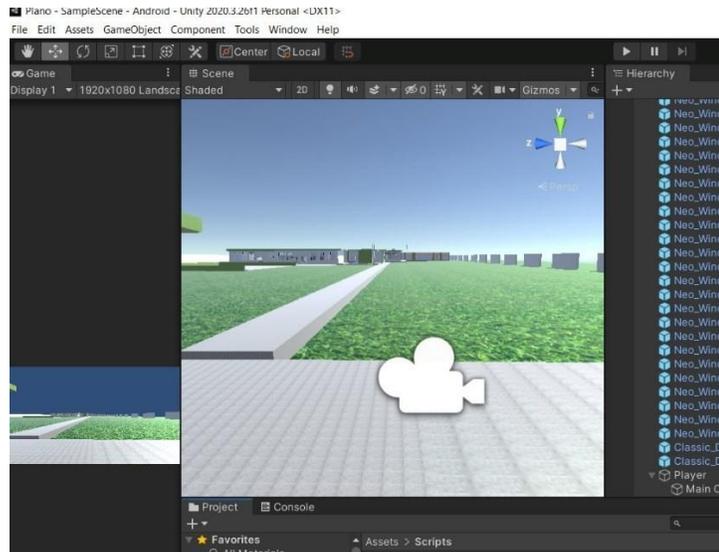


Figura 8. Script movimiento.

### Diseño y elementos dentro del plano Unity

Para los diseños de pupitres, escritorios y pizarrones se utilizó un assets para facilitar el trabajo, estos assets se guardan en una carpeta dentro del proyecto de Unity, para utilizar los elementos solo se entra a la carpeta y seleccionamos el elemento deseado y se le configura sus dimensiones deseadas, observe la figura 9.

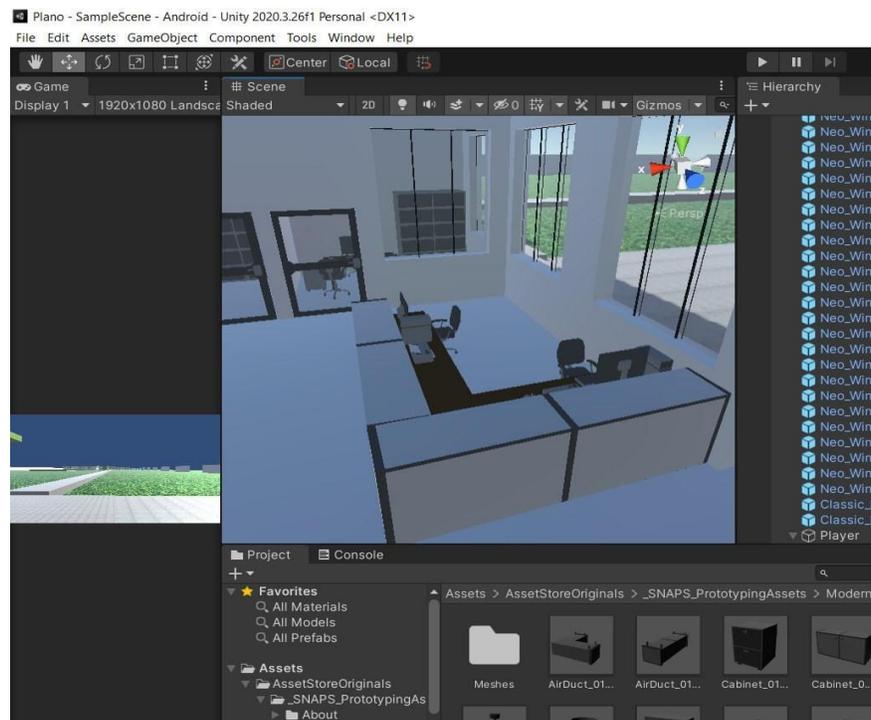


Figura 9. Elementos de plano.



## Integración de API de Twitter para desplegar tareas e información actual en el entorno virtual.

Twitter permite a los desarrolladores acceder a partes de su servicio. Twitter API Client for Unity C# permite obtener información de los diferentes servicios de Twitter o información específica como, por ejemplo: Hashtags, información de usuarios, fotografías, entre otros. La posibilidad de que los docentes utilicen esta herramienta para que ellos puedan compartir información actual de los diferentes eventos que puedan presentarse para el desarrollo de sus clases, ya sean: Avisos, tareas e información de clase y extra-clase. Se opta por utilizar un hashtag único **#bach23GeografíaUdeC** dentro de la red social para que de esta manera podamos traer a nuestra aplicación el aviso o tarea que plante el docente dar a conocer a sus alumnos, finalmente este será mostrado en el pizarrón del salón correspondiente.

Para la integración del API de Twitter fue necesario crear una cuenta y darse de alta en el portal de desarrollador de Twitter for Developers. Una vez dado de alta en este sitio procederemos a crear un proyecto con ayuda del botón +Add App, una vez creada nuestra aplicación, daremos clic en el icono de clave para poder obtener nuestras claves de acceso. Para el siguiente paso es necesario generar: Consumer Key, Consumer Secret, Access Token y Access Token Secret. Posterior a ello se procedió a crear 4 archivos C# para que mediante método GET podamos obtener las publicaciones realizadas mediante un #hashtag clave, como se había mencionado anteriormente. Cada consulta es devuelta en formato JSON por lo que fue necesario crear un adapter list para interpretar el texto y filtrar solamente los datos que necesitamos. En nuestro caso, solo necesitamos la información de la publicación #hashtag. Una vez realizado dicho proceso, se procedió a asignar los archivos creados a los objetos de Unity, asignando el archivo generador de las claves que responde al método GET a nuestro modelo y a un objeto tipo texto el adapter mostrando el resultado, como se muestra en la figura 10.

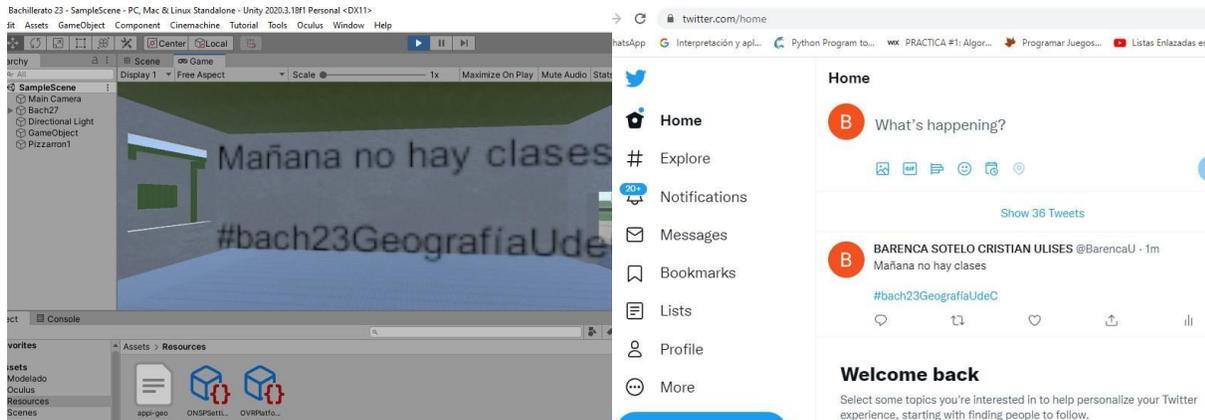


Figura 10. API de Twitter mostrando datos en tipo actual.

## Resultados y Discusión

Para la prueba de las aplicaciones de RA y RV en un entorno real, se pidió a un grupo de 5 alumnos que usaran la aplicación de Realidad Aumentada de Química y Geografía, así como la App de Realidad Virtual para explorar, navegar y ver avisos en el entorno inmersivo virtual de las instalaciones del Bachillerato 23 de la Universidad de Colima, además se aplicó un cuestionario en Google Forms titulado “Encuesta de satisfacción – Aplicaciones de RA y RV para nivel medio superior” con la finalidad de conocer su experiencia.



Los estudiantes que realizaron las pruebas piloto de las dos aplicaciones de RA, ver figura 11, mencionan que sintieron una mejora en el recordatorio de la información presentada, ya que se fomenta el aprendizaje repetitivo en ambas aplicaciones con la ayuda de la prueba de conocimiento (quiz). Por otro lado, la aplicación de RV, de acuerdo con los estudiantes, causa inmersión en un entorno totalmente diferente al mundo real, por el hecho de que les agrada la idea de explorar las instalaciones del Bachillerato 23 de la Universidad de Colima y sentirse motivados por el uso de esta tecnología, encontrando útil el poder acceder a la información de sus cursos en su salón correspondiente.



**Figura 11.** Pruebas con estudiantes

## Conclusiones

La integración de nuevas tecnologías como la API de Twitter son un paso significativo para mejores resultados en el uso de RV para desarrollar metaversos en la educación. Además de complementar el contenido de las materias con RA y evaluaciones continuas dentro de una misma aplicación ayuda a reforzar los conocimientos impartidos por los maestros.

Sin duda alguna se tienen implicaciones sobre la adopción de este tipo de proyectos, primeramente, trabajar en un marco que permita incorporar y estandarizar los temas impartidos y modernizar con aplicaciones de Realidad Virtual el acceso a los espacios educativos. Por otro lado, capacitar a las personas que harán uso de las aplicaciones para que no se vean amenazadas por el uso de nuevas tecnologías en el ambiente educativo haciendo énfasis en que la tecnología no tiene como finalidad sustituir al maestro sino facilitar las tareas que realizamos día con día. Como trabajo futuro se considera añadir un chat interactivo y avatares para que los alumnos y maestros interactúen entre ellos y se sientan más sumergidos en el ambiente virtual .

## Referencias

1. Berenguer-Albaladejo, C. (2016). Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom. XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria: investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinarios. 1466-1480. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/57093>
2. Blender Foundation. (2022). Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software. <https://www.blender.org/>
3. Cortés (2018). Introducción al aprendizaje humano. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.



4. Forero, J. E. D. (2012). Simulación en entornos virtuales, una estrategia para alcanzar "Aprendizaje Total", en la formación técnica y profesional. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, 42(2), 49-94.
5. Ibáñez, M. B., Portillo, A. U., Cabada, R. Z., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, 145, 103734.
6. Icaza, J. I., De La Cruz, J. L., Muñoz, M., & Rudomín, I. (2014). Capítulo 12 Realidad mixta. Las megatendencias tecnológicas actuales y su impacto en la identificación de oportunidades estratégicas de negocios, 171-177.
7. Ramírez, P. G., Salinas, P., Mendívil, E. G., & Quintero, E. (2015, June). Fostering spatial visualization through Augmented Reality in Calculus learning. In *2015 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 26-792).
8. Sandoval Pérez, S., González López, J. M., Villa Barba, M. A., Jiménez Betancourt, R. O., Molinar Solís, J. E., Rosas Ornelas, J. L., & Rodríguez Haro, F. (2022). On the Use of Augmented Reality to Reinforce the Learning of Power Electronics for Beginners. *Electronics*, 11(3), 302. <https://doi.org/10.3390/electronics11030302>
9. Sternberg, R. J. (1990). Thinking styles: Keys to understanding student performance. *The Phi Delta Kappan*, 71(5), 366-371.
10. Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>.
11. Unity Technologies. (2022). Unity. <https://unity.com/>



# Determinación de Anticuerpos Antipéptido Citrulinado como Forma de Detección Oportuna para Artritis Reumatoide en Mujeres de una Región de Sonora.

## Anti-Citrullinated Peptide Antibodies by the ELISA Method in Female Patients as a Means of Early Detection for Rheumatoid Arthritis

Molina Romo Edna Delia<sup>2</sup>, Villa Reyna Ana Laura<sup>1</sup>, Santiago Reyes Natividad<sup>1</sup>, Lara Espinoza Esteban<sup>1</sup>, García Moraga María Del Carmen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Sonora, Unidad Regional Norte. Ave. Universidad e Irigoyen s/n. Col. Ortiz, H. Caborca, Sonora. México. 83600

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N. Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México. 83000

Autor para la correspondencia: García Moraga María del Carmen; [maría.garcia@unison.mx](mailto:maría.garcia@unison.mx)

### Resumen

La artritis reumatoide (AR) es una de las artropatías autoinmunes más comunes en el estado de Sonora, la investigación planteó el objetivo de determinar anticuerpos antipéptido citrulinado (anti-CCP) en pacientes femeninas de H. Caborca, utilizando el método IgG/IgA como forma de detección temprana para AR. El estudio se llevó en cuatro etapas, primeramente, se difundió la convocatoria para la selección de pacientes y la toma de muestra biológica, segundo, se determinó la presencia de factor reumatoide (FR) por el método de látex, tercero se cuantificó anti-CCP por la técnica ELISA, cuarto se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el segundo y tercer paso utilizando el Software Office 365 Excel®. Se obtuvo respuesta de 75 postulantes para participar en el estudio. De acuerdo con los criterios de inclusión, exclusión y eliminación, se admitió a 36 pacientes siendo 46 años la edad promedio, después del análisis de los resultados obtenidos se alcanzaron 18 pacientes positivos débil para anti-CCP y dos con producción de FR. Las pacientes que presentaron FR positivo no presentaron anti-CCP confirmando que la presencia de FR no es específica de la AR, por lo que los anti-CCP son un marcador biológico eficaz para el diagnóstico del padecimiento.

**Palabras clave:** Anticuerpos antipéptidos citrulinados cíclico, artritis reumatoide, detección oportuna.

### Abstract

Rheumatoid arthritis (RA) is one of the most common autoimmune arthropathies in the state of Sonora. The research aimed to determine anti-citrullinated peptide antibodies (anti-CCP) in female patients from H. Caborca, using the IgG/IgA method as form of early detection for RA. The study was carried out in four stages, first, the call for the selection of patients and the taking of biological samples was disseminated, second, the presence of rheumatoid factor (RF) was determined by the latex method, third, anti-CCP was quantified by the ELISA technique, fourth, the analysis of the results obtained in the second and third steps was carried out using the Office 365 Excel® Software. A response was obtained from 75 applicants to participate in the study. According to the inclusion, exclusion, and elimination criteria, 36 patients were admitted, with an average age of 46 years. After analyzing the results obtained, 18 patients were weakly positive for anti-CCP and two with RF production. The patients who presented positive RF did not present anti-CCP, confirming that the presence of RF is not specific for RA, so that anti-CCP are an effective biological marker for the diagnosis of the disease.

**Key words:** Cyclic citrullinated peptide antibodies, rheumatoid arthritis, early detection.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.56

**Recibido** 17/06/2022

**Aceptado** 27/08/2022

**Publicado** 31/12/2022

## Introducción

La autoinmunidad se define como una respuesta inmune contra uno o varios antígenos propios. Para que se origine la autoinmunidad es necesario que exista reconocimiento previo del sistema inmune a estos antígenos propios. Este proceso se denomina autorreactividad y es fundamental tanto en la defensa contra patógenos que mimetizan nuestros antígenos como contra el cáncer. Las enfermedades autoinmunes son el resultado del daño o la pérdida de la función fisiológica en órganos y tejidos debido a una respuesta autoinmune. Esta distinción es importante, pues las respuestas autoinmunes pueden ocurrir sin enfermedad o como resultado de enfermedades causadas por otros mecanismos, como infecciones víricas (Díaz Martín y col., 2017).

Las enfermedades autoinmunes se producen cuando la respuesta inmune adaptativa (antígeno específicas) se dirige contra determinados antígenos propios. Este reconocimiento específico está mediado por linfocitos T y B. Cuando estas células autorreactivas no son controladas de forma adecuada y se diferencian en linfocitos efectoras y memoria, aparece la enfermedad autoinmune. Por lo tanto, el riesgo de autoinmunidad es el precio a pagar por tener un sistema de respuesta antígeno específica (Bluestone y col., 2015). La artritis reumatoide (AR) es una de las artropatías órgano inespecíficas más frecuentes. La etiología del padecimiento yace en el reconocimiento del tejido sinovial como un antígeno, generando con ello el inicio de una respuesta inmune adaptativa. Esto induce la producción de autoanticuerpos dirigidos erróneamente hacia tejido propio, lo cual ocasiona inflamación, daño articular y finalmente, la pérdida de la función fisiológica de las articulaciones. Dicho padecimiento es de tipo crónico degenerativo debido a la producción constante de autoanticuerpos (Smolen y col., 2018).

Al inicio de la enfermedad se producen principalmente dos tipos de autoanticuerpos, el factor reumatoide (FR) y los anticuerpos cíclicos citrulinados (anti-CCP). Dichos autoanticuerpos juegan un rol importante a nivel inflamatorio, osteoclastogénesis y nocicepción, por lo que se utilizan como pruebas de ayuda al diagnóstico (Bugatti y col., 2018). Debido a su baja especificidad y sensibilidad el FR ha presentado varias desventajas al paso del tiempo, ya que se ha demostrado que el anticuerpo puede ser producido en otros padecimientos no reumáticos como el lupus eritematoso sistémico y el requerimiento de altos títulos para su detección (Ge y col., 2019). Por su parte los anti-CCP han mostrado un gran avance como marcador biológico de AR gracias a su alta especificidad y sensibilidad en su diagnóstico. Los métodos de referencia para su cuantificación son los inmunoensayos ligados a enzima (ELISA), donde un antígeno inmovilizado se detecta mediante el uso de un anticuerpo unido a una enzima la cual cataliza una reacción colorimétrica que será cuantificada y la quimioluminiscencia donde se cuantifica la emisión de luz producto de una reacción química (de Moel y col., 2019). Si bien, el diagnóstico para AR se basa en la clínica del paciente (Aletaha & Smolen, 2018; Combe y col., 2015) la presencia de anti-CCP ayudan a confirmar el diagnóstico (Aletaha & Smolen, 2018).

El 80% de los pacientes con AR son del género femenino (Rubtsova y col., 2015) con una edad promedio de 35 años. En México se ha reportado una prevalencia del 1.6% de AR (Pelaez-Ballestas y col., 2011). Al no ser una enfermedad de importancia epidemiológica los casos no son reportados, lo cual conlleva a una estadística nacional casi nula o inexistente, así mismo la presencia de factores ambientales (tabaquismo, sobrepeso y obesidad) y socioeconómicos (ejemplo en industria minera, por exposición al sílice vinculado a desarrollar AR) en el estado condujo al objetivo de la investigación para la determinación de anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado en 36 pacientes femeninas de Heroica Caborca, Sonora utilizando el método IgG/IgA ELISA como forma de detección temprana para artritis reumatoide.



## Materiales y métodos

El esquema metodológico del estudio fue el siguiente, primero: se difundió la convocatoria a través de redes sociales y comunicación verbal para la selección de las pacientes y la toma de muestra biológica representativa, segundo: se determinó la presencia de anticuerpos reumatoideos por el método aglutinación en látex, tercero: se cuantificó anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado por el ensayo de inmunoadsorción ligado a enzima (ELISA), cuarto: se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos en el segundo y tercer paso utilizando el software Excel®. Todos los materiales, insumos y reactivos se obtuvieron de proveedores comerciales y se utilizaron siguiendo las indicaciones del fabricante.

Se tomaron cinco criterios de inclusión, exclusión y eliminación para la selección de los candidatos de estudio. El rango de edad para participar en el estudio fue de 30 a 55 años, debido a que es el intervalo de edad en el que inicia la enfermedad; del sexo femenino, ya que se tiene predisposición por este género; no padecer de enfermedades como lupus y artritis, de este modo se reduce la probabilidad de que los análisis de factor reumatoide interfieran con el estudio; no estar embarazada; ser residentes de la ciudad de H. Caborca, Sonora, y por último el candidato deberá de presentarse en ayunas.

La muestra requerida fue suero en ayuno obtenida por venopunción, en este líquido corporal se encuentran los anticuerpos antipéptido cíclicos citrulinados. Se realizó la toma de muestra sanguínea en el laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Sonora campus Caborca, en un tubo BD Vacutainer® con gel separador, llevándose a cabo la separación del suero por centrifugación a 1,500 r.p.m. durante 10 minutos. La fracción sérica obtenida se trasvasó a un tubo de transporte para su posterior análisis.

La cuantificación de anti-CCP se efectuó a través del kit comercial QUANTA Lite® CCP3 IgG ELISA con número de referencia 70453 siguiendo las instrucciones del fabricante. Para este ensayo se requirió primero obtener curvas de calibración para controles y así, evaluar la correcta ejecución de la técnica. Para esto, se procesaron seis controles proporcionados por el equipo comercial (kit) siguiendo la metodología establecida en el inserto del análisis. El fundamento del ensayo se basa en la detección de las proteínas filangrina y vimentina como blancos citrulinados para la detección de anti-CCP presentes en las muestras y a través de un anticuerpo secundario unido a un cromógeno se puede cuantificar a los anti-CCP con base a la actividad de la reacción enzimática.

Previo al análisis, las muestras a evaluar debieron ser preparadas de la siguiente manera: el suero obtenido en la primera fase experimental se diluyó en una proporción 1:101 (Vol./Vol.) con HRP diluyente de muestra (diluyente proporcionado en el kit). Posteriormente, en un soporte se colocaron los 39 pocillos que eran requeridos para el ensayo, los primeros tres se utilizaron como controles (control positivo alto, positivo bajo y negativo, respectivamente) y los siguientes 36 se utilizaron para evaluar las muestras problema. Para dar inicio, se colocaron 100µL de cada control y muestra problema en sus respectivos pocillos, y se dejaron en incubación a temperatura ambiente (20-26°C) durante 30 minutos. Pasado este tiempo, se retiró el contenido de los pocillos con la ayuda de una micropipeta, y se procedió a realizar una serie de tres lavados de la siguiente manera: se agregaron 200µL de buffer de lavado a cada pocillo y se retiraba para iniciar un nuevo ciclo. Al finalizar los lavados, se agregaron 100µL de HRP CCP3 IgG conjugado en cada pocillo, y se procedió a incubar bajo las mismas condiciones que la primera vez (temperatura ambiente durante 30 minutos). Transcurrido el tiempo, se efectuó nuevamente un ciclo de tres de lavados con el buffer de lavado Después, se añadieron 100µL de cromógeno TMB por pocillo y se incubó en obscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente. Finalmente, se adicionaron 100µL de HRP solución de parada y se dieron pequeños golpes con la yema del dedo con el fin de mezclar la solución. Las



lecturas de los pocillos en el equipo Stat Fax 303 Plus a 420nm como longitud de onda primaria y 630 como longitud de onda secundaria. Todos los reactivos antes mencionados fueron proporcionados por el kit comercial.

El análisis estadístico de los datos obtenido en cada lectura se estableció a través del software Office 365 Excel, siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{Valor de la muestra} = \frac{\text{ABS Muestra}}{\text{ABS ELISA positivo Débil}} \cdot \text{Valor ELISA positivo débil}$$

## Resultados y Discusión

Se obtuvo una respuesta de 75 aspirantes interesadas en participar en este estudio. De acuerdo con los criterios de inclusión, exclusión y eliminación establecidos, se admitieron a 36 pacientes con un margen de edad entre 35 a 59 años, siendo 46 años la edad promedio. El grupo de pacientes admitido se clasificó según su edad en tres grupos. El primer grupo corresponde a 8 pacientes con edades entre 30 y 39 años; el segundo con 17 pacientes con edades entre 40 y 49 años; por último, el tercer grupo con 11 pacientes con edades entre 50 y 60 años. Se procesaron los cinco calibradores proporcionados por los ensayos comerciales adquiridos para la cuantificación de anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado, cuyos resultados se muestran en la tabla 1. Al comparar los datos obtenidos con los valores de referencia proporcionados en el inserto del set de pruebas, se observa una igualdad en los valores lo que permite validar la técnica y los resultados obtenidos.

**Tabla 1.** Resultados del procesamiento de calibradores para la generación de la curva estándar.

Calibrador <sup>1</sup>	Absorbancia a 450 nm	Valor (U/mL) <sup>2</sup>	Valor de referencia (U/mL) <sup>3</sup>
A	0.205	15.6	15.62
B	0.395	31.2	31.25
C	0.626	62.5	62.5
D	0.864	125	125
E	1.422	250	250

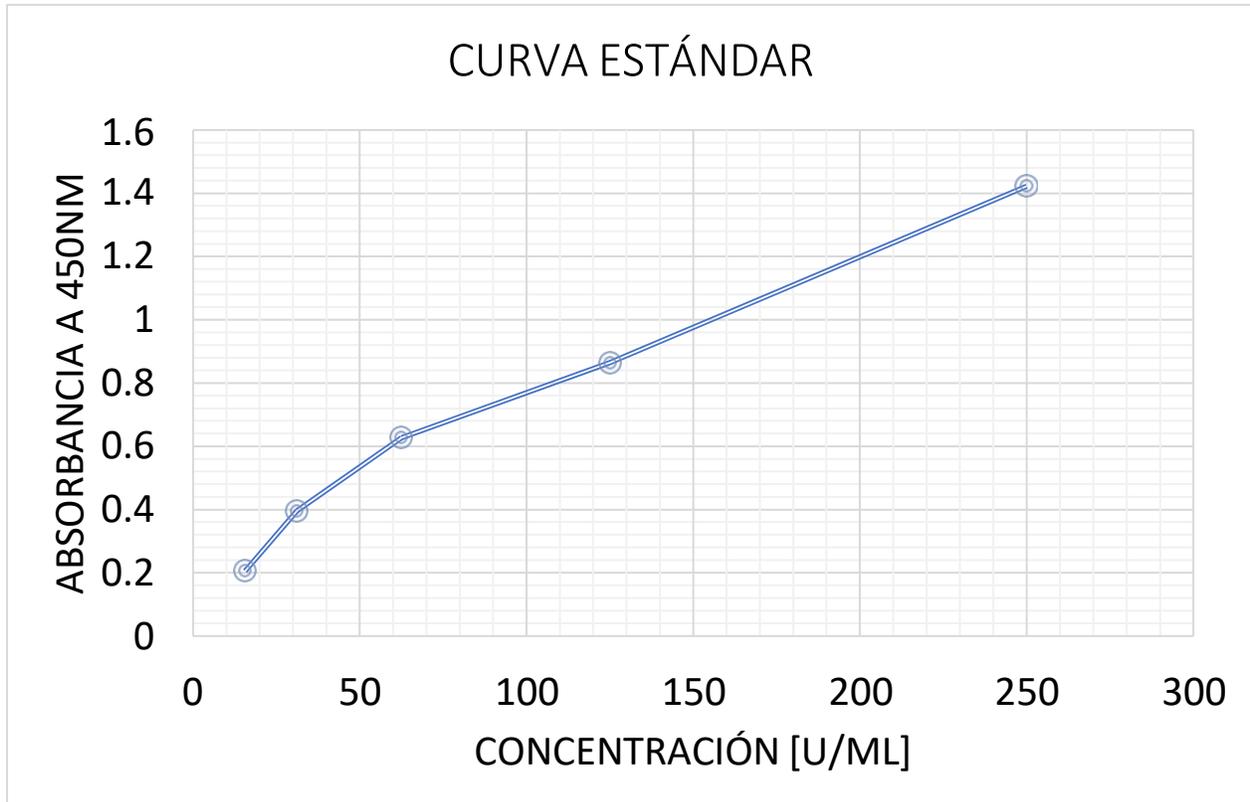
<sup>1</sup> Proporcionados por el kit comercial QUANTA Lite® CCP3 IgG ELISA

<sup>2</sup> Valor obtenido después de realizar el análisis estadístico.

<sup>3</sup> Valor marcado por el inserto del kit comercial QUANTA Lite® CCP3 IgG ELISA

Con los datos obtenidos del ensayo con calibradores, se generó el gráfico de la curva estándar que se muestra en la figura 1. Esta curva estándar se utilizó de apoyo para cuantificar anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado de las 36 muestras problema.





**Figura 1.** Curva estándar para la cuantificación de anticitrulinas. En el eje de las abscisas se observa la concentración de los calibradores (U/mL), en el eje de las ordenadas se denota una escala de 0 a 1.6 de la absorbancia a 450nm.

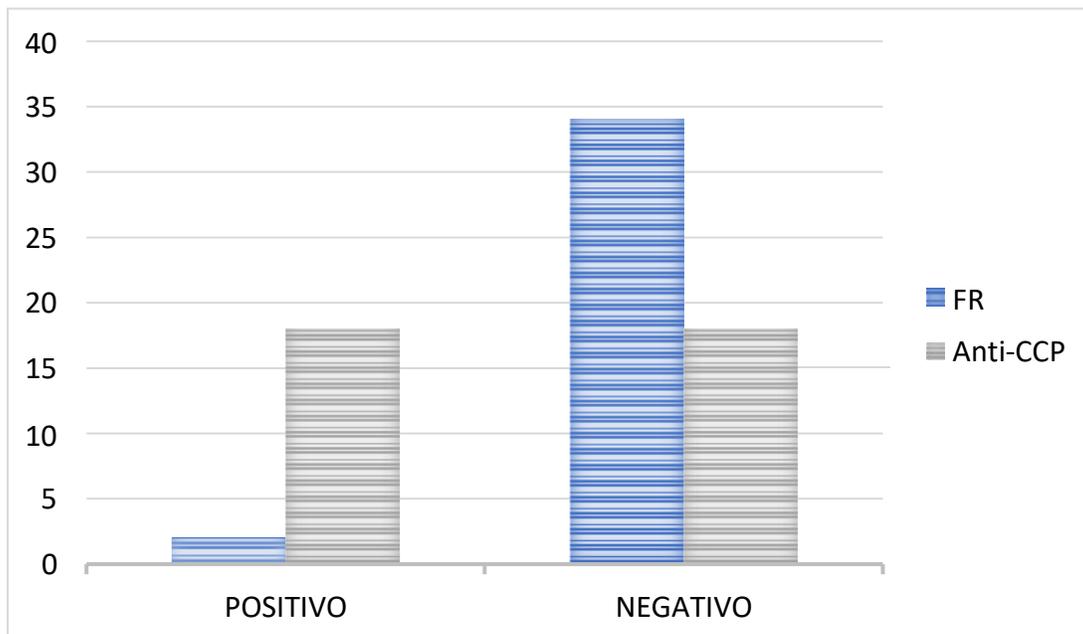
Los valores que indican resultados negativos van de 0.0 a 20 U/mL. Los resultados positivos van de 20.1 hacia arriba. Los valores de 20.1 a 39 U/mL indican positivo débil, mientras que los resultados por encima de 39.1 U/mL son considerados como positivo fuerte. Acorde al análisis de los datos realizado con el Software Office 365 Excel® se obtuvieron tres grupos de pacientes de la siguiente manera: En el primer grupo de pacientes, cinco de las ocho se reportaron como positivo débil, equivalente a un 62.5%; en el segundo grupo, 7 de las 17 pacientes, equivalente a un 41.17%; por último 6 de las 11 pacientes del tercer grupo, equivalente a un 54.54%. Según la Asociación Mexicana de Familiares y Pacientes con Artritis Reumatoide A.C. (AMEPAR) la edad promedio del inicio de los síntomas ocurre a los 46 años, en este estudio se observa que la presencia de los anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado puede ser detectado en edades más tempranas, logrando un diagnóstico precoz de artritis reumatoide.

Los criterios del ACR/EULAR del 2010 son utilizados como el “estándar de oro” para la clasificación de AR. Según lo establecido por dichos organismos, la presencia de FR y anti-CCP contribuye a dos puntos si son detectados y tres si sus niveles triplican el límite normal. Al examinar los resultados, señalan que las pacientes que presentaron anti-CCP obtuvieron dos puntos en serología, pero no son suficientes para lograr el puntaje requerido para entrar en la clasificación, denotando que debieron presentar algún otro signo o síntoma, mismos que según la entrevista realizada no presentaban y/o fueron omitidos por las pacientes.



Los anti-CCP pueden ser detectados en el inicio de la AR lo que genera una ventaja para el inicio del tratamiento con los fármacos modificadores de enfermedad (FAME), las 18 pacientes que presentan títulos bajos de anti-CCP deberían iniciar un tratamiento dentro de los siguientes dos años para lograr una remisión del padecimiento y detener el daño articular (Burmester & Pope, 2017; Singh y col., 2016). Según Peláez-Ballestas en 2011, México presentó una prevalencia del 1.6% de AR en el país, mientras nosotros al estudiar una pequeña población encontramos una prevalencia de 50% de anti-CCP lo cual podría derivarse en pacientes con AR, esto nos demuestra que la prevalencia actual de esta enfermedad puede ser mucho mayor pero la carencia de estadísticas o un diagnóstico oportuno y correcto disminuye su impacto social e impide que autoridades sanitarias consideren necesario generar un grupo especializado para su estudio. Estos resultados podrían sugerir que tal vez Caborca o bien Sonora, sean de las entidades con estadísticas elevadas debido a la presencia de factores genéticos y ambientales que predisponen a padecer AR como lo es el sobrepeso, obesidad, tabaquismo entre otros.

En la figura 2 se muestra la comparación de los resultados obtenidos de factor reumatoide y anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado. Las dos pacientes que con FR positivo carecen de la producción de anti-CCP, exhibiendo que los anticuerpos reumatoideos no solo se producen como respuesta a la AR. En un estudio realizado en 2015 con 279 pacientes diagnosticados con AR precoz, se correlacionaron los anticuerpos FR y anti-CCP con la erosión articular, demostrando que la doble positividad ante FR y anti-CCP conduce a un mayor daño articular a través de los años. Si comparamos nuestros resultados con los de H. W. Van Steenbergen, se deduce que las pacientes con producción de anti-CCP de nuestro estudio desarrollarían daño tisular en menor medida que los pacientes estudiados por Steenbergen (Van Steenbergen y col., 2015).



**Figura 2.** Comparación de los resultados para factor reumatoide y anticuerpos anticitrulina.



Desde hace unas décadas se sabe que existe un factor de susceptibilidad genética en la AR que contribuye en un 50% a 60% al desarrollo de la enfermedad. Estudios realizados por Firestein (2017) encontraron la asociación de la AR con el gen HLADRB1\*04 y algunos de sus alelos (\*0401, \*0404, \*0405 o \*0408) y otros alelos HLADRB que codifican para una misma secuencia de aminoácidos de la tercera región hipervariable de la cadena beta de la molécula HLA, una región que es fundamental en el proceso antigénico y conocida como epítipo reumatoide o epítipo compartido. Tomando en cuenta la predisposición genética para el desarrollo de AR realizamos la conjetura que las pacientes que podrían derivarse a población con AR tienen altas probabilidades de expresar los genes codificadores para la molécula HLA, dicha probabilidad aumenta de 2 a 10 veces si cuentan con un familiar en primer grado con diagnóstico confirmado de AR (Firestein & McInnes, 2017; Malmström y col., 2017).

Una investigación realizada por Ramírez (2020) enfocada en la etiología de la AR describe varios factores ambientales que conducen a un mayor porcentaje para el desarrollo del padecimiento. La exposición al tabaco es un factor de riesgo importante para el desarrollo de AR debido a que afecta múltiples órganos de diferentes sistemas, principalmente respiratorio y cardiovascular, pero también afecta el sistema inmune produciendo una respuesta inflamatoria. Se ha observado que el tabaco afecta la respuesta inmune tanto celular como humoral, lo cual podría tener efectos pro-inflamatorios como inmunosupresores a través de diversos mecanismos, considerando al tabaquismo como el principal factor de riesgo ambiental asociado a la AR inferimos que las pacientes positivas para anti-CCP tienden a una exposición crónica a dicha sustancia. Así mismo, el contacto con cristales de sílice es un factor de riesgo de AR. Este material lo encontramos principalmente en la industria minera, de construcción, cerámicas, vidrio, agricultura y sectores como la electrónica. Sonora es el estado con mayor actividad minera del país, por su parte en la región de H. Caborca se encuentra la mayor cantidad de minas activas del estado. Suponiendo que las pacientes estén expuestas a los cristales de sílice, se podría atribuir que la producción de anti-CCP ha sido influenciada por este contacto, dicho fenómeno fue demostrado por Vihlborg en 2017. (Ramírez, 2020; Vihlborg y col., 2017).

El conjunto de factores de riesgo de AR presentes en el estado aumenta la probabilidad de que las mujeres sonorenses desarrollen AR en una edad más temprana, por lo que las autoridades sanitarias estatales debieran tomar medidas necesarias para la investigación, diagnóstico y prevención de la AR con el fin de llevar un mejor control de la enfermedad.

## Conclusiones

De las pacientes estudiadas, dos poseen anticuerpos reumatoideos lo cual representa un 5.55% del total de la población de estudio. El 50% de la población estudiada (18 de 36) conserva anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado. Las pacientes que presentaron anticuerpos reumatoideos no presentaron anticuerpos anticitrulina, lo cual confirma que la presencia de FR no es específica para el diagnóstico de artritis reumatoide. Los anticuerpos antipéptido cíclico citrulinado son un marcador biológico eficaz para el diagnóstico precoz de artritis reumatoide. Acorde a los resultados obtenidos se deduce que en la región de H. Caborca, Sonora se tienen altos índices de prevalencia de AR en mujeres de 35 a 59 años.



## Referencias

1. Aletaha, D., & Smolen, J. S. 2018. Diagnosis and Management of Rheumatoid Arthritis: A Review. *JAMA*, 320(13), 1360-1372. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.13103>
2. Bluestone, J. A., Bour-Jordan, H., Cheng, M., & Anderson, M. 2015. T cells in the control of organ-specific autoimmunity. *J Clin Invest*, 125(6), 2250-2260. <https://doi.org/10.1172/jci78089>
3. Bugatti, S., Manzo, A., Montecucco, C., & Caporali, R. 2018. The Clinical Value of Autoantibodies in Rheumatoid Arthritis [10.3389/fmed.2018.00339]. *Frontiers in Medicine*, 5, 339.
4. Burmester, G. R., & Pope, J. E. 2017. Novel treatment strategies in rheumatoid arthritis. *The Lancet*, 389 (10086), 2338-2348. doi: 10.1016/S0140-6736(17)31491-5. PMID: 28612748.
5. Combe, B., Lukas, C., & Morel, J. 2015. Artritis reumatoide del adulto: epidemiología, clínica y diagnóstico. *EMC - Aparato Locomotor*, 48(4), 1-17. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1286-935X\(15\)74992-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1286-935X(15)74992-0)
6. de Moel, E. C., Derksen, V. F. A. M., Trouw, L. A., Bang, H., Collée, G., Lard, L. R., Ramiro, S., Huizinga, T. W. J., Allaart, C. F., & Toes, R. E. M. 2019. In rheumatoid arthritis, changes in autoantibody levels reflect intensity of immunosuppression, not subsequent treatment response. *Arthritis research & therapy*, 21(1), 28.
7. Díaz Martín, D., Barcenilla Rodríguez, H., Úbeda Cantero, M., & Muñoz Zamarrón, L. 2017. Autorreactividad y autoinmunidad. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(24), 1418-1427.
8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.med.2016.12.011>
9. Firestein, G. S., & McInnes, I. B. 2017. Immunopathogenesis of rheumatoid arthritis. *Immunity*, 46(2), 183-196.
10. Ge, C., Xu, B., Liang, B., Lönnblom, E., Lundström, S. L., Zubarev, R. A., Ayoglu, B., Nilsson, P., Skogh, T., & Kastbom, A. 2019. Structural basis of cross-reactivity of anti-citrullinated protein antibodies. *Arthritis & Rheumatology*, 71(2), 210-221.
11. Malmström, V., Catrina, A. I., & Klareskog, L. 2017. The immunopathogenesis of seropositive rheumatoid arthritis: from triggering to targeting. *Nature Reviews Immunology*, 17(1), 60.
12. Pelaez-Ballestas, I., Sanin, L. H., Moreno-Montoya, J., Alvarez-Nemegyei, J., Burgos-Vargas, R., Garza-Elizondo, M., Rodriguez-Amado, J., Goycochea-Robles, M. V., Madariaga, M., Zamudio, J., Santana, N., & Cardiel, M. H. 2011. Epidemiology of the rheumatic diseases in Mexico. A study of 5 regions based on the COPCORD methodology. *J Rheumatol Suppl*, 86, 3-8. <https://doi.org/10.3899/jrheum.100951>
13. Ramírez, C. 2020. Factores ambientales que despiertan enfermedades silenciosas. *Divulgación Científica*(3), 46-49.
14. Rubtsova, K., Marrack, P., & Rubtsov, A. V. 2015. Sexual dimorphism in autoimmunity. *The Journal of Clinical Investigation*, 125(6), 2187-2193. <https://doi.org/10.1172/JCI78082>
15. Singh, J. A., Saag, K. G., Bridges Jr, S. L., Akl, E. A., Bannuru, R. R., Sullivan, M. C., Vaysbrot, E., McNaughton, C., Osani, M., & Shmerling, R. H. 2016. 2015 American College of Rheumatology guideline for the treatment of rheumatoid arthritis. *Arthritis & rheumatology*, 68(1), 1-26.
16. Smolen, J. S., Aletaha, D., Barton, A., Burmester, G. R., Emery, P., Firestein, G. S., Kavanaugh, A., McInnes, I. B., Solomon, D. H., Strand, V., & Yamamoto, K. 2018. Rheumatoid arthritis. *Nature Reviews Disease Primers*, 4(1), 18001. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2018.1>
17. Van Steenberghe, H. W., Ajeganova, S., Forslind, K., Svensson, B., & Van Der Helm-van Mil, A. H. M. 2015. The effects of rheumatoid factor and anticitrullinated peptide antibodies on bone erosions in rheumatoid arthritis. *Annals of the rheumatic diseases*, 74(1), e3-e3.
18. Vihlborg, P., Bryngelsson, L., Andersson, L., & Graff, P. 2017. Risk of sarcoidosis and seropositive rheumatoid arthritis from occupational silica exposure in Swedish iron foundries: a retrospective cohort study. *BMJ open*, 7(7).



## Diseño de Sistema de Almacenamiento de Aire Comprimido para la Generación Distribuida en Zonas Residenciales de México

### Design of Compressed Air Storage Energy System for Distributed Generation in Residential Area of Mexico

Bristol Echeverria Carlos Abraham<sup>1</sup>, Ruelas Amezcua Jaime Alonso<sup>1</sup>, González López Juan Miguel\*<sup>1</sup>, Jiménez Betancourt Ramón O<sup>1</sup>, Pérez González Marco Antonio<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería electromecánica, Km 20, carretera Manzanillo-Cihuatlán, Manzanillo, Colima, México, C.P.28864.

Autor para la correspondencia: S González López Juan Miguel; jgonzalez71@uclm.mx

#### Resumen

Los sistemas de almacenamiento de energía están teniendo un auge significativo en la actualidad para mitigar algunos efectos negativos ocasionados en el sistema eléctrico de distribución y de potencia por la intermitencia en la generación de energía de los sistemas alternativos principalmente por el uso de la fotovoltaica y eólica. Debido a esto se han analizado diversas formas de almacenar energía para utilizarse cuando se presenten estas intermitencias, entre estas otras formas de almacenamiento se encuentran la química, térmica, electroquímica y mecánica. Los sistemas de almacenamiento de energía mecánico por aire comprimido se han analizado a gran escala y recientemente se han hecho estudios a pequeña escala. En este trabajo se presenta una idea de utilizar estos sistemas en el contexto de generación distribuida y utilizarlas en zonas residenciales de acuerdo a las características de construcción de las casas de México. Por tal motivo se presentan todos los elementos de un sistema micro-CAES en SOLIDWorks y se presenta la propuesta de cómo se integrarían en la construcción de zonas residenciales. Adicionalmente se realizan algunas pruebas de almacenamiento en un tanque con aire comprimido.

**Palabras clave:** Micro-CAES, Energías Renovables, Almacenamiento de energía.

#### Abstract

Energy storage systems are currently studied to mitigate some negative effects caused in the electricity distribution and power system by the intermittency in the generation mainly due to the use of photovoltaics and wind. Due to this, various ways of storing energy have been analyzed to use them when these intermittencies occur; among these other forms of storage are chemical, thermal, electro-chemical, and mechanical. Compressed air mechanical energy storage systems have been analyzed on a large scale, and small-scale have recently analyzed. This paper presents an idea of using these systems in the context of distributed generation and using them in residential areas according to the construction characteristics of houses in Mexico. For this reason, all elements of a micro-CAES system are presented in SolidWorks. The proposal of how they would be integrated into the construction of residential areas is presented. Additionally, some storage tests are performed in a tank with compressed air.

**Key words:** Desertion, diagnosis, industrial engineering.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.73

**Recibido** 16/09/2022

**Aceptado** 22/10/2022

**Publicado** 31/12/2023

## Introducción

Las fuentes de energía renovable tienden a ser intermitentes por naturaleza, y el suministro de energía eléctrica generado a partir de estas fuentes renovables fluctuaría con las condiciones ambientales, por lo que provoca serios problemas para la estabilidad y confiabilidad de la red eléctrica. Por ello, se ha llegado a la necesidad de contar con almacenamientos de energía, para almacenarla durante las condiciones ambientales máximas y reservarla para su uso durante los períodos de menor actividad (Center for Sustainable Systems, 2021). Existe gran variedad de opciones tecnológicas para llevar a cabo el almacenamiento de energía en las redes eléctricas. De acuerdo al tipo de tecnología involucrada, en baterías, almacenamiento térmico, almacenamiento mecánico, hidrógeno y bombeo hidroeléctrico (García, González-López, Betancourt, González, & Laureano, 2021). La Figura 1, ilustra los tipos de almacenamiento de energía que existen en la actualidad.

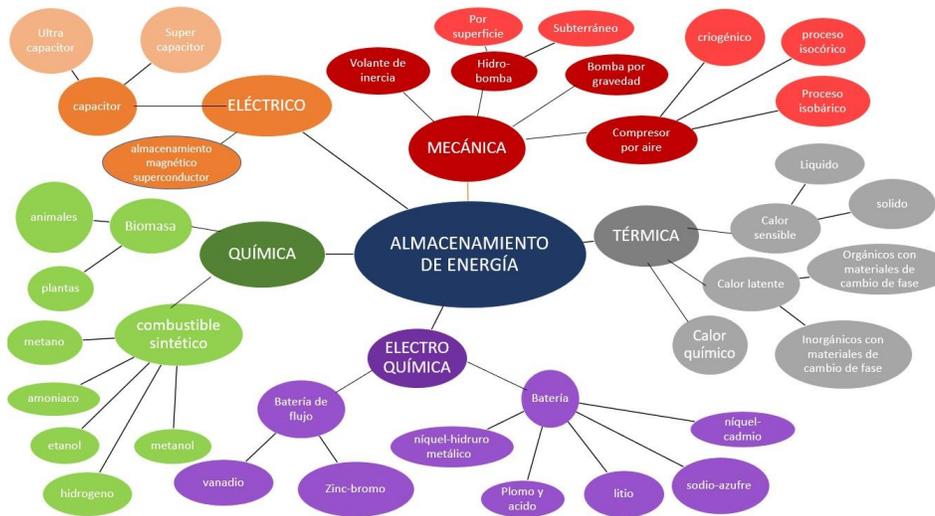


Figura 1. Tipos de almacenamiento de energía (García, y otros, 2021).

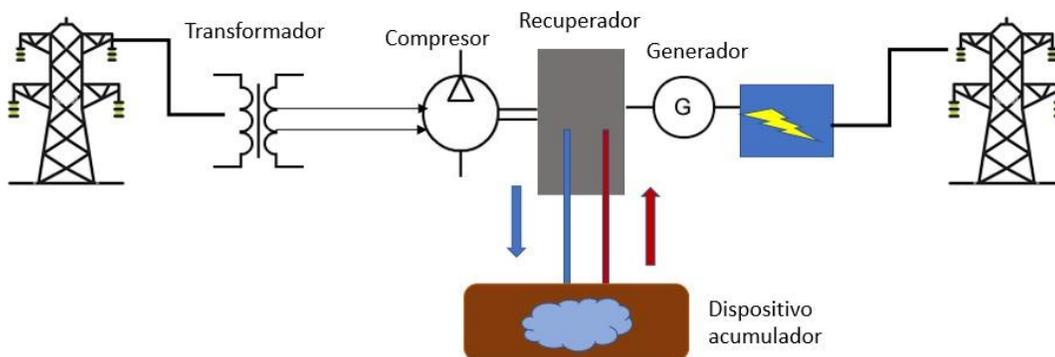


Figura 2. Concepto de sistema CAES (Center for Sustainable Systems, 2021).



En cuanto a sistemas de almacenamiento por aire comprimido (CAES, por sus siglas en inglés), la energía es almacenada en forma de aire –comprimido- en estructuras geológicas debajo de la tierra (PNNL-CAES, 2019). Durante los períodos de menor actividad, se utiliza electricidad para comprimir el aire a alta presión mediante compresores de aire. Durante los períodos pico, el aire comprimido almacenado se libera a través de expansores para generar electricidad para satisfacer las crecientes demandas. La Figura 2 ilustra este concepto del sistema CAES, donde para comprimir aire se consume energía de la red o de algún sistema de energías alternativas y se almacena, para cuando se requiera, éste aire comprimido se libera para generar energía. (Center for Sustainable Systems, 2021)

Actualmente existen plantas de CAES que se encuentran en funcionamiento, una la planta en Huntorf, Alemania y la planta de McIntosh, Alabam. Ambas plantas almacenan aire comprimido en cavidades salinas subterráneas. Ambas se activan en unos 15 minutos y proporcionan servicios de ajuste eléctricos (Crotogino et al., 2001). Otra central con almacenamiento en bolsas bajo el agua situadas a 5km de la costa dentro del lago Ontario, cerca de Toronto. En 2013 empezaron las pruebas con una capacidad de 1 MW con una eficiencia del 70% (Rodríguez, 2014). Esta misma empresa a finales de 2019 inauguró la primera planta de Advanced CAES en Goderich, Ontario con una potencia de turbinas de 1,75 MW y una capacidad de más de 10 MWh.

A diferencia del caso de plantas CAES a gran escala, los de pequeña escala o micro-CAES están siendo analizadas para ver su viabilidad. La ventaja es que son operables sin necesidad de grandes cámaras de almacenamiento y de la combinación concreta de accidentes geográficos para su utilización, pudiendo operar en depósitos creados por el ser humano debido a sus menores dimensiones. Otra ventaja de estos sistemas micro-CAES es su posible hibridación con algunos otros sistemas de generación distribuida. Por esta razón están siendo investigadas, en el año 2013 (Y. Xinghua, P. Jiazhen, W. Jidai y S. Jing, , 2013) se analizó la eficiencia de un compresor Scroll para sistemas micro-CAES arrojando una eficiencia que varía de 23% a 36% a presión de suministro de aire de 0.35 a 0.65 MPa. En 2015 se realizó un análisis energético y termodinámico de un pequeño sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido en Matlab/Simulink/Thermolib. Para el análisis de los sistemas CAES se aplicaron distintos modelos de estudios para los distintos ciclos termodinámicos considerando una máquina volumétrica de tipo scroll (R. De Lieto Vollaro, 2015). En 2016 (A.C. Maia, E.M. Barros, Cardoso Filho, & P. Porto, 2016; T. A.C. Maia, 2016) se investigó sobre la fabricación un sistema micro-CAES de bajo costo donde se adaptó una turbina automotriz bocharger, el cual también incluía un generador, un circuito eléctrico y un sistema de lubricación. Una de las características de este trabajo es que abarca un rango entre 1,0 kW y 3,5 kW de salida de potencia, justo como las aplicaciones de generación distribuida. En el 2018 (T. P.L. Camargos, Pottie, Ferreira, & Porto, 2018) presentan resultados experimentales que combina CAES con hidráulica. En este trabajo se contó con dos tanques de almacenamiento, el primero con el aire comprimido y el segundo con agua, los cuales se encontraban separados por una válvula. Cuando se requería energía eléctrica, se abre la válvula y el agua fluye hacia una turbina Pelton, acoplada a un generador eléctrico. La eficiencia de conversión experimental fue del 45%. Igualmente, en el 2018 (G. Venkataramani, 2018) presentó un sistema CAES de pequeña capacidad utilizando un tanque de almacenamiento de 400 L, la eficiencia de carga y descarga revelaron en



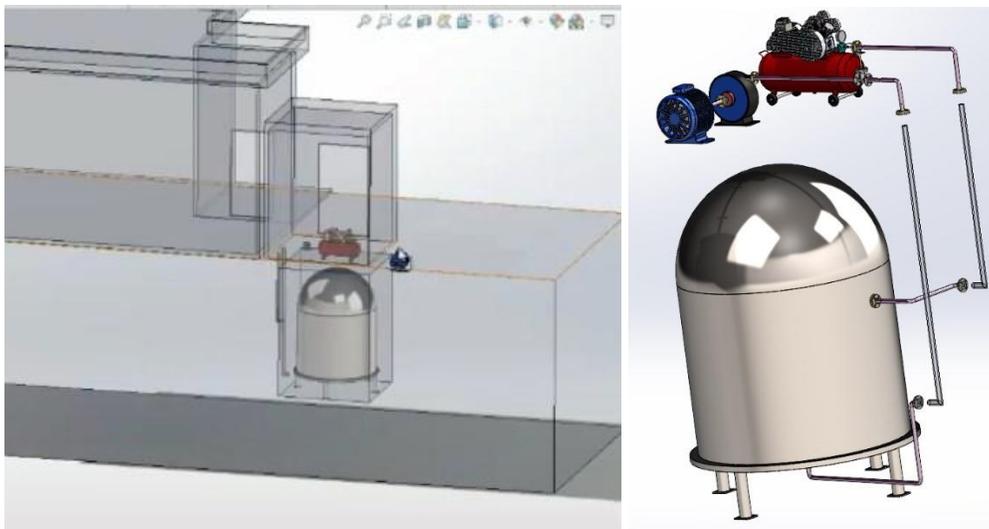
el tanque fueron de 41.79%, 54.25% y 68.3% para caudales máscicos de 0.005 kg/s, 0.0075 kg/s y 0.01 kg/s respectivamente.

De acuerdo a lo anterior, en este trabajo se propone la idea de cómo se integraría un sistema micro-CAES para generación distribuida en casas de interés social de México. Se realiza el diseño en SolidWorks de todas las piezas que integrarían la propuesta como el compresor, generador, turbina, tuberías, tanque de almacenamiento y accesorios; además se realiza un análisis de carga/descarga de un compresor de aire de 2.5HP.

## Materiales y métodos

### Arquitectura del sistema: Propuesta de micro-CAES para residencia

En la Figura 3 se muestra la propuesta de integrar un sistema micro-CAES en una casa de interés social. Se observa una casa típica con un terreno de 6mts de ancho por 16 de largo. El sistema CAES analizado se integra solo en la parte de la cochera sumergido un tanque con capacidad de 11000L, cuenta con un cuarto para aislar ruido, dentro de este se encuentra el compresor que consume 2kW. Un generador trifásico asíncrono de 1kW acoplado a la válvula de salida del tanque acoplada a una turbina.



**Figura 3.** Esquemática del concepto CAES a escala acoplada a casas de interés social (fuente: elaboración propia).

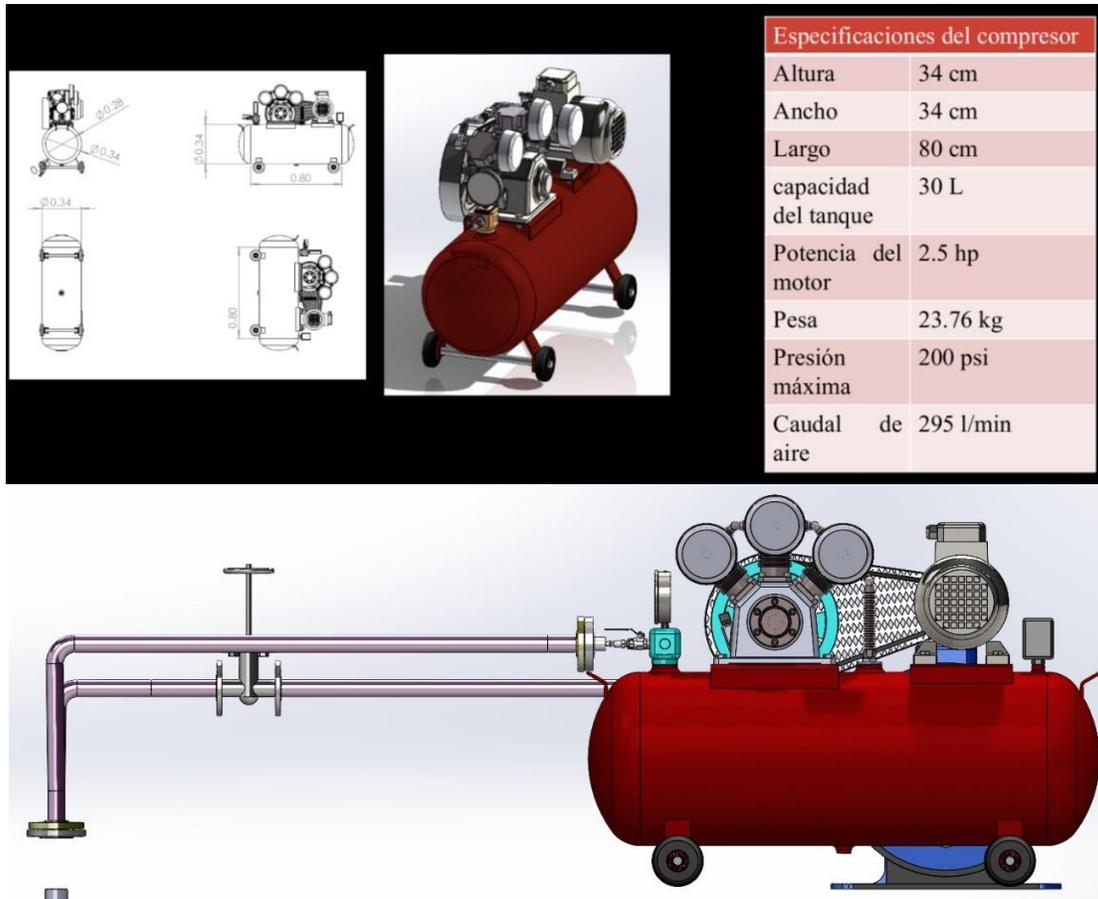
### Compresor

En la Figura 4 se muestran medidas y el diseño del compresor; el compresor funciona con pistones, este mueve los pistones hacia arriba y hacia abajo a través de un sistema de válvulas y bielas para comprimir el aire. Para el diseño de este compresor se tomaron en cuenta los que se encuentran en el mercado, considerandolos de fácil acceso de compra. SolidWorks cuenta con un catálogo de pistones estandarizados lo que facilita su diseño acorde a la capacidad de compresión que se requiere. Una de las desventajas que posee este compresor, es que el nivel de ruido que causa es muy elevado, es por ello, que en el diseño final se elaboró un compartimiento como un almacén donde es preferible colocar espumas acústicas, esto con el



fin de reducir el ruido que provocará el compresor y hacer que el usuario no pase molestia. Debido a que este compresor se demorará demasiado en llenar el tanque de almacenamiento este fue diseñado para instalarse bajo el suelo.

Este compresor se apaga automáticamente una vez que llega a los 8.5 bar y se vuelve a encender automáticamente para comprimir cuando llega a los 4 bar. Es por ello, que se acopla a un tanque de almacenamiento que funcionará como una batería en donde el aire será comprimido para almacenar la energía y utilizarse cuando sea requerida.



**Figura 4.** Compresor de aire diseñado en SolidWorks (fuente: elaboración propia).

### Tanque de almacenamiento

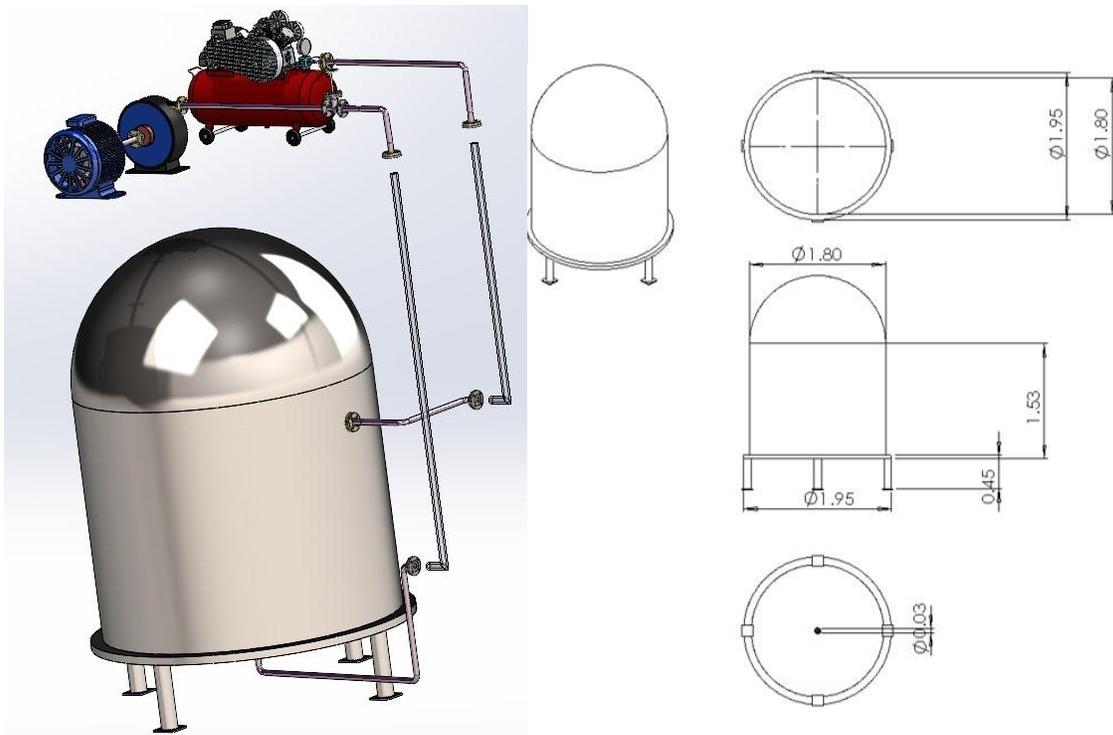
El tanque de almacenamiento diseñado es de una capacidad de 11000 litros, dicho tanque es de acero inoxidable y soporta una presión máxima de 175 bar para el almacenamiento del aire comprimido, para la realización del tanque se calculó el volumen que tendría en proporción al espacio donde se colocaría, el almacenamiento de energía únicamente se realiza en el depósito de aire, todos los demás componentes de la instalación micro CAES, en la Figura 5 se pueden observar las medidas que el tanque de almacenamiento maneja. Este tanque de almacenamiento se colocará bajo el suelo con el fin de que sea seguro para el usuario y no existan problemas de seguridad, de igual forma en la ubicación donde se colocará el tanque estará aislado por un muro de concreto para una mejor eficiencia. El tanque de almacenamiento se encontrará



conectado al compresor y a la turbina con dos tuberías de cobre con la misma medida, del compresor al tanque se colocará una tubería de cobre de 1 pulgada. Del tanque de almacenamiento a la turbina se colocará una tubería de cobre de 1 pulgada con el fin de que la presión enviada sea mayor y que dicha presión otorgue una mejor eficiencia en la turbina; las medidas mostradas en el croquis están dadas en metros.

### Turbina

Para la elaboración del diseño de la turbina es necesario conocer cómo es que trabajaba dicha turbina y las medidas aunque dichas medidas se tuvieron que adaptar a las del generador; ya que el eje se acoplaría al generador, debido a que la turbina le daría el movimiento al generador para que este último genere energía eléctrica. La turbina tendrá una presión de entrada relativamente idéntica a la presión de entrada que existe del compresor al tanque de almacenamiento ( $P_2$ ), y tendrá una presión de salida igual a la presión inicial ( $P_1$ ), completando de esta manera el diagrama P-V del ciclo Brayton. Las medidas mostradas en el diseño son en milímetros.

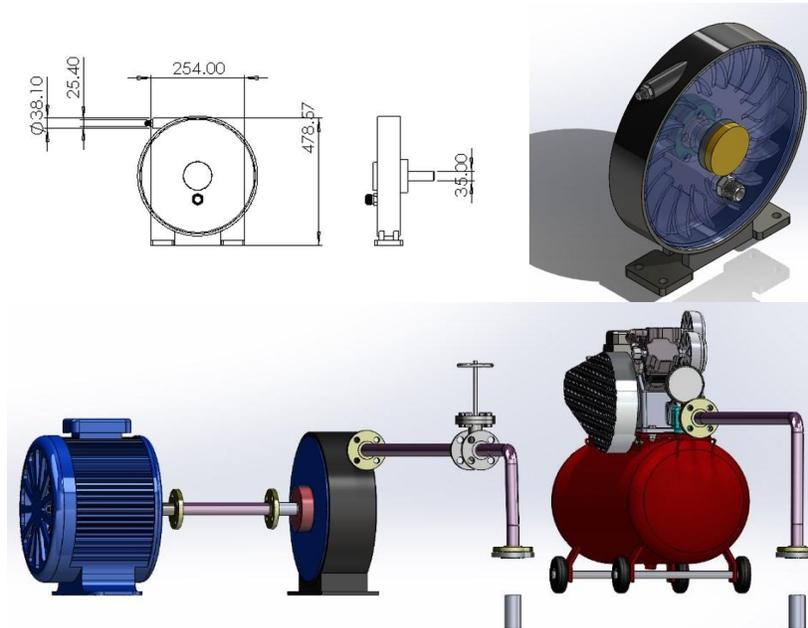


**Figura 5.** Tanque de almacenamiento en SolidWorks (fuente: elaboración propia).

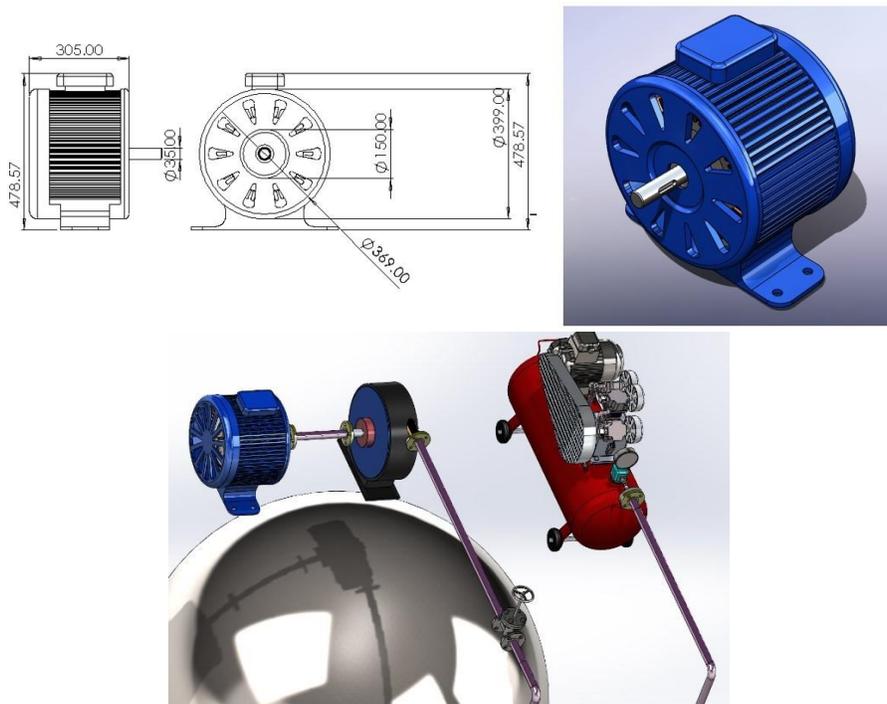
### Generador

La energía mecánica generada en la turbina se convierte en rotación y transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de sus componentes principales en el rotor acoplada a la turbina. Se diseñó un generador eléctrico en SolidWorks con las mediciones mostradas en milímetros en la Figura 7. con el propósito de integrar todas las piezas del sistema en un solo diagrama, el generador corresponde a una capacidad de 1kW trifásico de bajas velocidad de corriente alterna. Para el diseño del generador se tomó como base los generadores que se encuentran en el mercado y se pueden adaptar fácilmente a la generación distribuida.





**Figura 6** Turbina del sistema CAES en SolidWorks (fuente: elaboración propia).

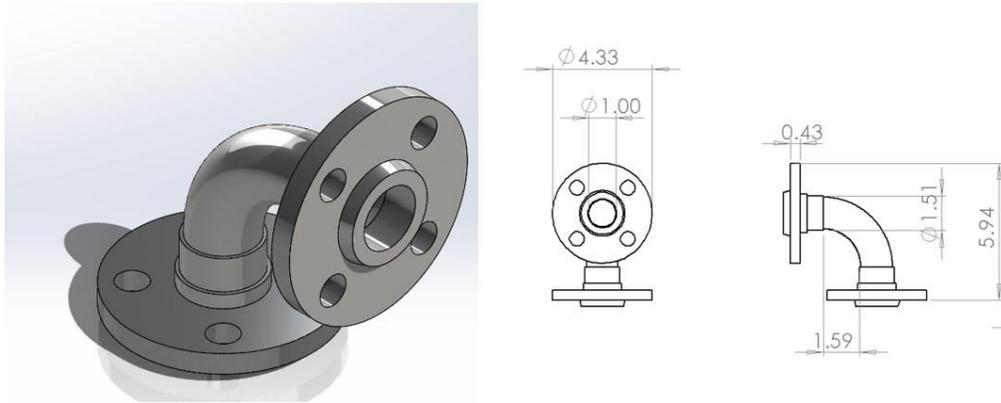


**Figura 7.** Generador trifásico (fuente: elaboración propia).



### Tuberías y válvulas

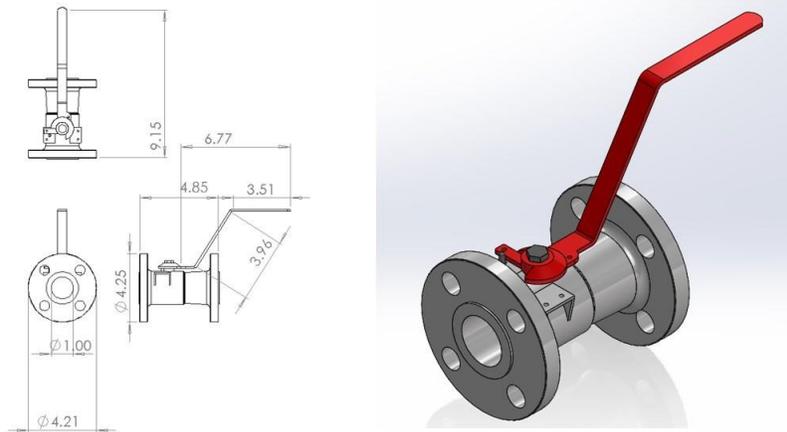
El acoplamiento entre los elementos principales del sistema micro-CAES se deben realizar mediante tuberías y válvulas. Los diseños de tuberías mostradas en la Figura 8 son de cobre de 1 pulgada para la conexión del micro-CAES, los diseños realizados van desde codos hasta tuberías rectas, estos diseños conectarían todo el sistema logrando así completar el ciclo Brayton, pero dichos diseños llevarían acoplamiento con bridas, los cuales permiten acoplar de manera más sencilla todo el sistema y evita la necesidad de realizar operaciones destructivas al momento de desmontar o montar.



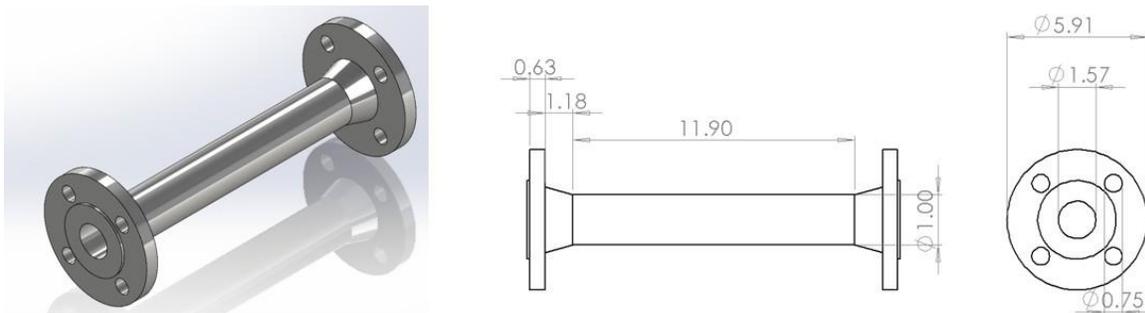
**Figura 8.** Diseño de codos en SolidWorks (fuente: elaboración propia).

De igual forma, se diseñaron diversas válvulas, ver Figura 9, para el control y manipulación de la salida del aire comprimido, una de estas válvulas se encuentra conectada a la salida del compresor y otra se encuentra conecta en medio del tanque de almacenamiento y de la turbina, donde en este último se le coloca un medidor de presión que indique cuanta presión circula por la tubería y cuanta presión se encuentra almacenado en el tanque, cabe aclarar que las válvulas también ayudan como medio de seguridad para el usuario. El diseñado de estas piezas fue de suma importancia ya que con ellas se determinó las medidas que tendría la salida de cada pieza del sistema micro CAES. Las medidas mostradas en la Figura 10 están dadas en pulgadas.





**Figura 9.** Válvula de aire en SolidWorks (fuente: elaboración propia).

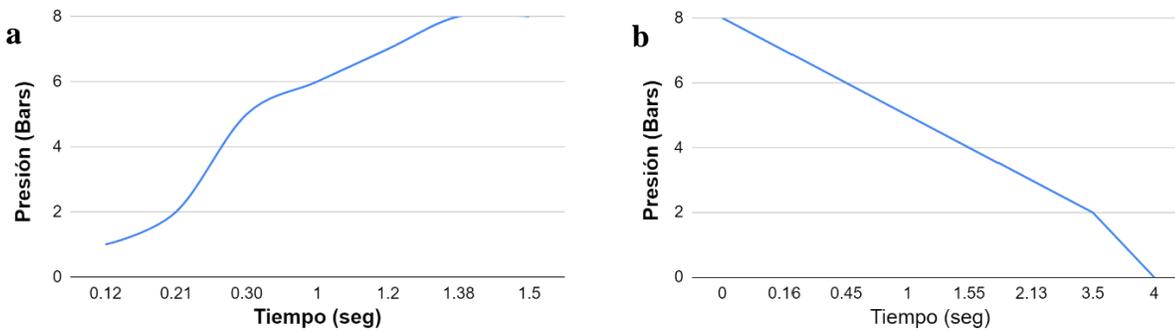


**Figura 10.** Tubería de cobre (fuente: elaboración propia).

## Resultados y Discusión

### Pruebas y análisis de presión

Con la finalidad de analizar tiempos de carga y descarga de un compresor de aire de 2.5Hp similar al de la Figura 4. La Figura 11a ilustra el tiempo versus presión en el tanque observándose que para llenarlo basta con un minuto y medio a una presión de 8Bars. Por otro lado, la Figura 11b muestra el tiempo de descarga a presión constante. Tabla 1 muestra datos obtenidos para un compresor de 2.5Hp similar al de la Figura 4.



**Figura 11.** a ) Tiempo de llenado vs Presión; b ) Tiempo de descarga vs Presión

Si estos valores se extrapolan del tanque de 300Litros a 8 bars al de 11000 Litros que estaría por debajo del suelo, se esperaría que el tanque se llene en una hora y se descargue en dos horas y 50 minutos aproximadamente.

### Trabajo Futuro

Para realizar un estudio más detallado es necesario realizar mediciones con equipo especializado tanto para la presión como para el consumo de energía que se requiere para comprimir el aire. También es necesario analizar el ciclo Brayton para determinar su eficiencia y al mismo tiempo acoplar físicamente un prototipo de turbina-generador para medir la generación de energía y determinar correctamente su eficiencia y tener un cálculo apropiado de cuanta carga y en cuanto tiempo podría abastecer una carga eléctrica.

### Conclusiones

Se ha presentado el diseño detallado de un sistema micro-CAES en SOLIDWorks, cada dispositivo que lo integra se presenta a detalle desde el grupo turbina-generador, tuberías, tanque de almacenamiento de aire comprimido y su compresor. Se ha presentado una idea innovadora de como este tipo de sistemas de almacenamiento se integraría en el contexto de generación distribuida y como pudieran ser utilizadas en zonas residencial de interés social en México. Se realizaron algunas pruebas de carga y descarga de un compresor de aire de 5hp para extrapolar sus resultados y realizar un cálculo aproximado del tiempo de autonomía que tendría el sistema propuesto. Se ha plasmado el trabajo futuro de lo que se ha presentado en este trabajo para realizar un análisis más detallado en próximas investigaciones.

### Referencias

1. Center for Sustainable Systems, U. o. (2021). U.S. Grid Energy Storage Factsheet. *Factsheets energy*, 1-2.
2. García, M. F., González-López, J. M., Betancourt, R. O., González, M. A., & Laureano, E. V. (2021). Análisis de convertidores bidireccionales cc-cc en representación de espacios de estado. *Difu100ci@ Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías*, 155-161.
3. PNNL-CAES. (08 de 2019). *Compressed Air Energy Storage*. Obtenido de Pacific Northwest National Laboratory: <https://caes.pnnl.gov/>



4. Y. Xinghua, P. Jiazhen, W. Jidai y S. Jing, . (2013). Simulation and experimental research on energy conversion efficiency of scroll expander for micro-Compressed Air Energy Storage system. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*, 1-12.
5. R. De Lieto Vollaro, F. F. (2015). Energy and thermodynamical study of a small innovative compressed air energy storage system (micro-CAES). *ScienceDirect*, , 1-7.
6. A.C. Maia, T., E.M. Barros, J., Cardoso Filho, B. J., & P. Porto, M. (2016). Experimental performance of a low cost micro-CAES generation system. *Applied Energy*, 1, 1-7.
7. T. A.C. Maia, J. E. (2016). Experimental performance of a low cost micro-CAES generation system. *Applied Energy*, 1-7.
8. T. P.L. Camargos, Pottie, D. L., Ferreira, R. A., & Porto, T. A. (2018). Experimental study of a PH-CAES system: Proof of concept. *Energy*, 1-9.
9. G. Venkataramani, R. E. (2018). Experimental investigation on small capacity compressed air energy storage towards efficient utilization of renewable sources. *Journal of Energy Storage*,, 1-7.
10. Peña, A. C., & Sanchez J., M. G. (2012). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. *AENOR*.
11. Román, R. (2011). Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo energético. *Trabajo de grado UIS*.
12. Mahecha Chau, J. O. (2018). Diseño e implementación de una aplicación domótica para iluminación usando inteligencia artificial. *Ciencia Unisalle*.
13. Duque Alas, A. (2014). Optimización del sistema de monitorización remota de medidores de energía eléctrica. *Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador*.
14. Peirotén, M. (2013). Sistema domótico para una casa inteligente. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) Ingeniero Industrial*.
15. Yanza, C. W., & Chafra , A. S. (2011). Estudio Comparativo de Sistemas Informáticos Domóticos para Viviendas u Oficinas, Caso Práctico: Empresa Computadoras y Servicios. *Tesis de Licenciatura*.
16. Soto , L. A., & Velásquez , D. D. (2012). Control de iluminación y temperatura por medio de un sistema domótica para habitación de hospital Framework para aplicaciones web. *Tesis Doctoral. Administrativa, Financiera, Sistemas y Computación*.
17. Humberto, S., Jesus, A. M., Alberto, M. G., & Kenny, R. M. (2014). Diseño e implementación de un prototipo para automatización de vivienda. *NGENIERÍA ELECTRÓNICA*.
18. Bordons, C., Torres, F. G., & Valverde, L. (2015). Gestión óptima de la energía en microrredes con generación renovable. *renovable. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 117-132.
19. IEEE Std, 1.-2. (2000). Ieee standard definitions for the measurement of electric power quantities under sinusoidal, nonsinusoidal, balanced, or unbalanced conditions. *IEEE Std 1459-2010*, 1-50.
20. Bordons, C., Torres, F., & Valverde, L. (2015). Gestión óptima de la energía en microrredes con generación renovable. *renovable. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 117-132.
21. Duque, A. (2014). Optimización del sistema de monitorización remota de medidores de energía eléctrica. *Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador*.
22. IEEE. (2010). Ieee standard definitions for the measurement of electric power quantities under sinusoidal, nonsinusoidal, balanced, or unbalanced conditions. *IEEE Std 1459-2010*, 1-50.
23. Mahecha, J. (2018). Diseño e implementación de una aplicación domótica para iluminación usando inteligencia artificial. *Ciencia Unisalle*.
24. Peña, A., & Sanchez, J. (2012). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. *AENOR*.



25. Soto, A., & Velásquez, D. (2012). Control de iluminación y temperatura por medio de un sistema domótica para habitación de hospital Framework para aplicaciones web. *Tesis Doctoral. Administrativa, Financiera, Sistemas y Computación.*
26. Yanza, W., & Chafra, S. (2011). Estudio Comparativo de Sistemas Informáticos Domóticos para Viviendas u Oficinas, Caso Práctico: Empresa Computadoras y Servicios. *Tesis de Licenciatura.*
27. Saavedra, C., Aguirre, M., Mejia, G., & Riaño, M. (2014). *Diseño e implementación de un prototipo para automatización de vivienda.* Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Diego\\_Tibaduiza\\_Burgos/publication/278029276\\_Memorias\\_encuentro\\_nacional\\_de\\_semilleros\\_de\\_investigacion\\_en\\_ingenieria\\_electronica\\_Tendencias\\_en\\_Investigacion\\_de\\_los\\_semilleros\\_de\\_investigacion\\_en\\_ingenieria\\_electronica](https://www.researchgate.net/profile/Diego_Tibaduiza_Burgos/publication/278029276_Memorias_encuentro_nacional_de_semilleros_de_investigacion_en_ingenieria_electronica_Tendencias_en_Investigacion_de_los_semilleros_de_investigacion_en_ingenieria_electronica)
28. Xinghua, Y., Jiazhen, P., Jidai, W., & Jing, S. (2013). Simulation and experimental research on energy conversion efficiency of scroll expander for micro-Compressed Air Energy Storage system. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*, 1-12.
29. De Lieto Vollaro, R., Faga, F., Tallini, A., Cedola, L., & Vallati, A. (2015). Energy and thermodynamical study of a small innovative compressed air energy storage system (micro-CAES) . *ScienceDirect*, 1-7.
30. P.L. Camargos, T., L.F. Pottie, D., A.M. Ferreira, R., A.C. Maia, T., & P. Porto, M. (2018). Experimental study of a PH-CAES system: Proof of concept. *Energy*, 1-9.
31. Venkataramani, G., E., R., Ram Sharma, M., Hari Bhaskaran, A., Kumar Dash, P., Ramalingam, V., & Wang, J. (2018). Experimental investigation on small capacity compressed air energy storage towards efficient utilization of renewable sources. *Journal of Energy Storage*, 1-7.



## El Género en la Agenda Política de Sonora

### Gender in the Political Agenda of Sonora

Lizárraga Caro Francisca<sup>1\*</sup>, García Moraga Reyna Elizabeth<sup>1\*</sup>

1 Departamento de Ciencias Sociales, Universidad de Sonora, Unidad Regional Norte, Campus Caborca. Caborca, Sonora, México. C.P. 83621

Autor para la correspondencia: García Moraga Reyna Elizabeth. reynaElizabeth.garcia@unison.mx

#### Resumen

En las últimas décadas México ha sido escenario de la incansable lucha de grupos de personas que exigen el derecho de igualdad consagrado en la constitución política de los estados unidos mexicanos, en todos los ámbitos en donde existe una disparidad de género. El tema de género ha sido abordado en innumerables estudios generados a partir de los compromisos asumidos por las naciones derivados de la Cuarta Conferencia Mundial, celebrada en 1995 en Beijing, en donde se posicionó y empoderó a la mujer, definiéndose objetivos y mecanismos para asegurar la igualdad entre éstas y los hombres, y así eliminar los obstáculos que impidieran ese fin. México forma parte de los países que se obligó a promover la igualdad sustantiva entre los hombres y las mujeres, y acabar con esas malas prácticas que afectan a la sociedad ante la discriminación en diversos aspectos de la vida de las mujeres, por cuestión de género. En Sonora, ha sido contemplado en la agenda política ese deber adoptado por el estado mexicano, por ello se ha incluido esta temática como eje central en el quehacer gubernamental; aunque la problemática sigue presente en nuestros días, pero los esfuerzos por combatir la discriminación continúan.

**Palabras clave:** Discriminación, género, sesgos, México.

#### Abstract

In recent decades, Mexico has been the scene of the tireless struggle of groups of people who demand the right to equality enshrined in the political constitution of the United Mexican States, in all areas where there is a gender disparity. The gender issue has been addressed in innumerable studies generated from the commitments assumed by the nations derived from the Fourth World Conference, held in 1995 in Beijing, where women were positioned and empowered, defining objectives and mechanisms to ensure gender equality and thus eliminate the obstacles that prevented that end. Mexico is one of the countries that is obliged to promote substantive equality between men and women and put an end to those bad practices that affect society in the face of discrimination in various aspects of women's lives, due to gender. In Sonora, this duty adopted by the Mexican state has been included in the political agenda, which is why this issue has been included as a central axis in government work; although the problem is still present today, but the efforts to combat discrimination continue.

**Key words:** Discrimination, gender, bias, Mexico

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.77

**Recibido** 18/10/2022

**Aceptado** 20/11/2022

**Publicado** 31/12/2022

## Introducción

La palabra “discriminación” se ha empleado para calificar aquel tratamiento diferencial por el cual se priva de ciertos derechos o prerrogativas a un determinado número de personas. Existen diversos instrumentos jurídicos en el orden internacional (de los que el Estado Mexicano es parte), que exponen una concepción de este término. La Declaración Universal de los Derechos Humanos, señala en sus artículos Segundo y Séptimo, que toda persona tiene todos los derechos y libertades proclamados en esta Declaración, sin distinción alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición. Además, no se hará distinción alguna fundada en la condición política, jurídica o internacional del país o territorio de cuya jurisdicción dependa una persona, tanto si se trata de un país independiente, como de un territorio bajo administración fiduciaria, no autónomo o sometido a cualquier otra limitación de soberanía, así como que todos son iguales ante la ley y tienen, sin distinción, derecho a igual protección de la ley. Todos tienen derecho a igual protección contra toda discriminación que infrinja esta Declaración y contra toda provocación a tal discriminación (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1948). Por su parte, la Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación contra la mujer (CEDAW, por sus siglas en inglés) en su artículo 1º la define como “toda distinción, exclusión o restricción basada en el sexo (...) en las esferas política, económica, social, cultural y civil o en cualquier otra esfera” (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1979).

Una de las grandes formas en que se da la discriminación es por razones de género. Esta ocurre por la segregación de la mujer en diversos sectores de la sociedad, donde existen diferencias marcadas entre hombres y mujeres (desde el lenguaje empleado en la legislación donde únicamente se hace referencia al género masculino), dando lugar al fenómeno denominado “sexismo”, el cual Fernández y col. (2017) definen como “una actitud discriminatoria, dirigida a las personas en virtud de su pertenencia a un determinado sexo biológico, en función del cual, se asumen diferentes características y conductas”.

El género, en sentido estricto, más que tratarse de una variable explicativa, es una categoría útil para analizar las variables explicativas del comportamiento diferenciado del hombre y la mujer (Figura 1). Un principio metodológico básico es no dejar fuera de la explicación aspectos relevantes del problema, porque esta exclusión es el error de especificación más grave en la investigación empírica y produce modelos sesgados. Dejar fuera variables porque resulte difícil operarlas es una limitación, pero negar su efecto es ceguera científica. Decir que el género (se entiende, perspectiva de género) es la posición dominante es simplemente negar la historia. La ceguera hacia el género sí es la posición dominante, de ninguna otra manera podría ser, puesto que el género como categoría analítica irrumpe a partir de los años 70 en las disciplinas que reflexionan sobre la realidad social (Delgado, 2020).

Para Tomei y col. (2007), una estrategia eficaz para este problema que aqueja a la población mundial es la implantación de un marco jurídico apropiado en materia de igualdad, equidad y perspectiva de género en aras de blindar tales conceptos ante cualquier estrategia destinada a eliminar la discriminación, de tal suerte que no se desvirtúe ni la acepción ni la finalidad central en el ámbito nacional acorde a los parámetros internacionales sentando de esta forma el fundamento normativo de la protección contra todo tipo de discriminación, igualdad, equidad y perspectiva de género. En particular, como cita el documento, se constató que, en varios países, las disposiciones legales sobre igualdad de remuneración no eran completamente conformes con el principio establecido en el Convenio número 100 relativo a igualdad de remuneración expedido por la Organización Internacional del Trabajo (OIT). En especial se señalan problemas específicos relacionados con la aplicación del concepto de igual valor que establece el indicado



convenio, refiriéndose a la designación de tasas de remuneración fijadas sin discriminación en cuanto al sexo.

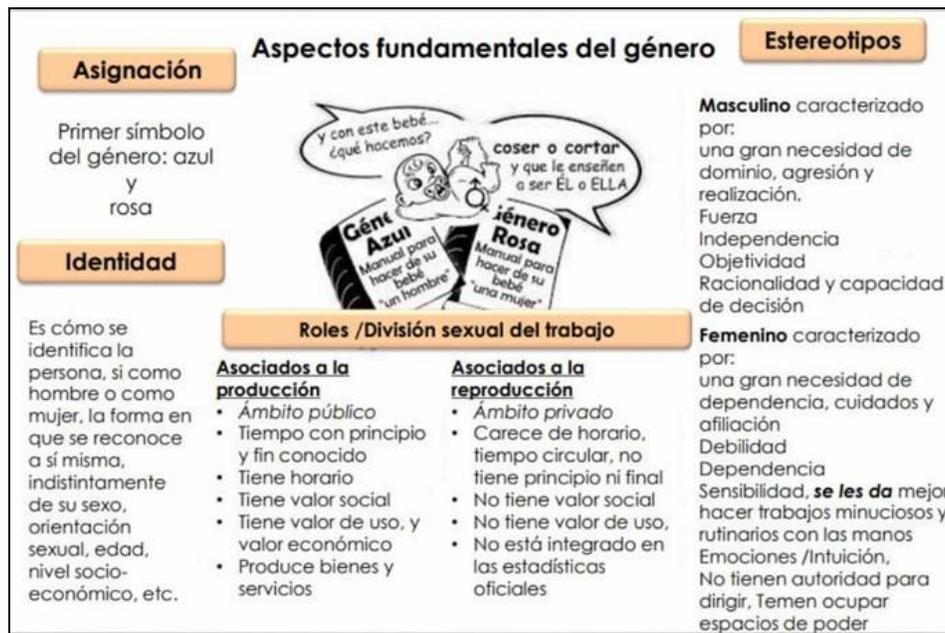


Figura 1. Aspectos fundamentales del género.

Pese a los esfuerzos de la comunidad internacional, día con día observamos la persistencia de la discriminación hacia la mujer por cuestión de género, en ocasiones con matices de sutileza. Continúa existiendo en sus diversas aristas: racial, de estrato social, laboral, acceso a la salud, a la educación, a mejores salarios y empleos en igualdad de circunstancias respecto a los varones; estas son conocidas como formas de discriminación tradicionales. Dicho lo anterior, se conoce que esto genera un obstáculo para el desarrollo, así como repercusiones en diferentes esferas de la sociedad, al violar los principios de la igualdad de derechos y del respeto a la dignidad humana.

En México los gobiernos de cada entidad federativa han tomado cartas en el asunto, al resaltar la importancia de dar prioridad a la problemática de género en la planificación y creación de políticas públicas y estrategias que permitan hacer frente a la desigualdad que permea en tantos aspectos. Por ello, se ha legislado con el objetivo de eliminar o disminuir la discriminación hacia las mujeres por razón de género y se logre la igualdad que debe existir en la población, sin distinción alguna, acorde a lo establecido en el texto constitucional.

## Materiales y métodos

La investigación que se presenta es de tipo cualitativa documental acorde al panorama jurídico mexicano con énfasis en datos internacionales sobre la materia proveniente de organismos internacionales. Se realizó selección y recopilación de lecturas previa selección y análisis. No se pretende probar teorías o hipótesis, sino que se aborda el tema a través de la legislación mexicana y su proximidad con la realidad social mediante datos duros de organismos acreditados como referentes. Es una investigación de corte analítico-descriptiva

puesto que se refiere al análisis de leyes, reglamentos y lineamientos aplicables, así como a situaciones concretas. Se buscan respuestas al plasmar cuestiones que determinan el fenómeno y su evolución, relacionándolos con condiciones y conexiones existentes.

## **Resultados y Discusión**

La discusión acerca de la desigualdad de género es un tema que concierne a virtualmente todas las sociedades contemporáneas. Aunque el tema ha cobrado especial importancia en la última década, no se trata de una cuestión novedosa, sino que la consciencia entorno a la problemática se ha intensificado de forma notoria. Las poblaciones se encuentran en un proceso de evolución constante, adoptando nuevas formas de vida, pensamientos y conductas, visibilizando a la mujer en su entorno y reeducándose en los roles de género que fueron atribuidos desde la infancia temprana por mera cuestión sexual, excluyendo a estas de derechos e imponiéndoles obligaciones estereotipadas (Instituto Nacional de las Mujeres, 2007).

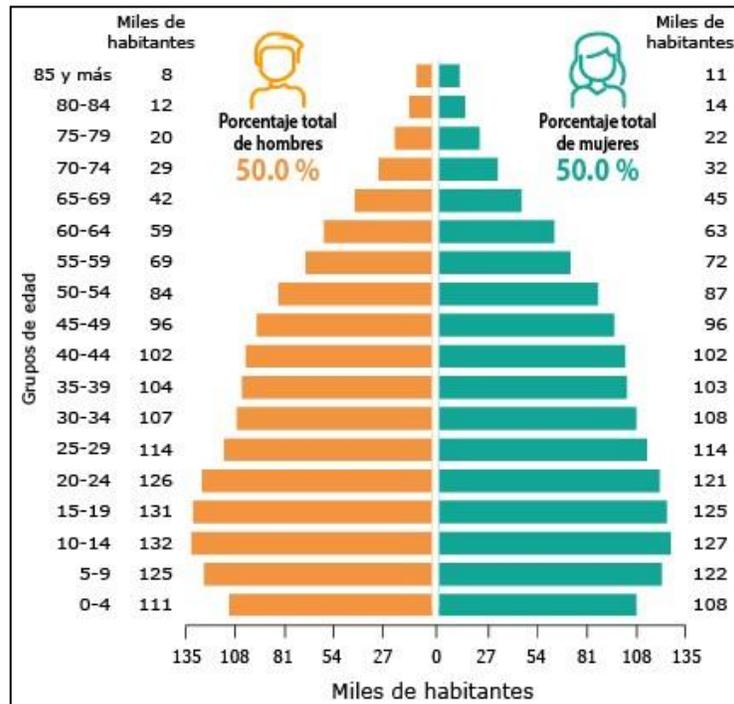
Derivado de los acuerdos donde México está comprometido en materia de discriminación, el estado se encuentra obligado a cumplir a cabalidad con los mismos, en relación a la tutela de la igualdad y la no discriminación en cualquiera de las formas que se presente, lo que igualmente nos muestra la preocupación mundial respecto a la necesidad de un trato equitativo, sin distinción alguna, bajo ninguna circunstancia; de ahí la importancia de que estos temas se encuentren en el marco de la ley, sirviendo como sustento para la creación de organismos al interior de cada nación asociada a los acuerdos internacionales, con la finalidad de materializar lo establecido en la normatividad.

### **Las acciones gubernamentales en el estado de Sonora**

El Instituto Sonorense de las Mujeres (s. f.), quienes se encargan de abordar la discriminación en Sonora con motivo de género, así como de dar seguimiento a los programas derivados del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021, ha implementado el programa de Institucionalización y transversalización de la perspectiva de género, a través del cual desarrolla diversas actividades encaminadas a lograr los objetivos que a continuación se mencionan: Incrementar las capacidades institucionales para fortalecer la igualdad de género al interior de la administración pública estatal; diseñar mecanismos de coordinación para fomentar la transversalidad de género en la aplicación de políticas públicas en materia de igualdad y no violencia contra las mujeres y las niñas; promover la gobernanza sensible al género para fortalecer la democracia y el ejercicio de la ciudadanía de las mujeres y fortalecer el acceso de las mujeres a una vida libre de violencia e implementar mecanismos para promover la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres.

Estos objetivos se enfocan en temáticas que van desde la institucionalización de la perspectiva de género, brechas de género, lenguaje incluye, transversalidad de la perspectiva de género, entre otros; obteniéndose logros y avances relevantes en el tema de la desigualdad con motivo de género en el estado de Sonora, lo que ha sido un gran compromiso de las instituciones de la administración pública estatal, máxime al tomar en cuenta que en el estado las mujeres representan la mitad de la población, según información reportada por el Instituto General de Estadística y Geografía (2020) (Figura 2). De ahí la importancia de ejecutar acciones encaminadas a combatir la discriminación en todas sus formas y de quienes la padecen solo por el hecho de ser mujeres, frenando el desarrollo de sus capacidades y por ende violentando sus derechos fundamentales.





**Figura 2.** Pirámide demográfica del estado de Sonora acorde al INEGI en el año 2020.

Ahora, por medio de los datos obtenidos de la Secretaría de Gobierno, a través del Instituto Sonorense de las Mujeres en 2019, se presentó el Modelo de Protocolo de Actuación para la Prevención y Atención a Personas Sujetas a hostigamiento sexual y acoso sexual en los Centros de Trabajo del Sector Privado en el Estado de Sonora, mismo que ya fue publicado en el Boletín Oficial del Estado de Sonora (Instituto Sonorense de las Mujeres, s. f.).

También, tuvo lugar la firma del Contrato Colectivo de Trabajo con Perspectiva de Género, entre el Sindicato Único de los Trabajadores al Servicio de los Poderes del Estado de Sonora e Instituciones Descentralizadas (SUTSPES) y el Instituto Sonorense de las Mujeres, siendo el único con perspectiva de género en el Estado, en el cual se contemplan algunas adecuaciones importantes de señalar, como el hecho de que contenga un lenguaje incluyente (para dar cumplimiento a la norma NMX-R-025-SCFI-2009 en igualdad laboral y No discriminación; asimismo, se posibilita el tiempo flexible a empleados y empleadas para permitirles elegir una hora de salida y/o entrada cuando se tienen hijos en edad escolar, incluyendo un permiso especial de salida a madres y padres trabajadores para recoger a sus hijos e hijas que cursen estudios de educación básica; a su vez, se prevé un permiso especial de salida a madres y padres trabajadores para que, en caso de atención de terapia física, puedan salir en horario de trabajo siempre y cuando compruebe que ese servicio no puede tomarlo por la tarde; una cuestión de suma utilidad para las madres y padres de familia, el adaptarles un espacio seguro sus hijos e hijas que por necesidades se tengan que traer al centro de trabajo; incluyendo de igual forma la adaptación de un lactario, con el fin de que las madres trabajadoras puedan extraer su leche materna cuando lo requiera y/o amamantar a su hijo bebe.



Otro de los logros obtenidos en este periodo es el incremento en el presupuesto con perspectiva de género y el fortalecimiento del trabajo de prevención del embarazo adolescente, además de lograrse la recertificación a Nivel Oro en la Norma NMX-R-025-SCFI-2015 en Igualdad Laboral y No Discriminación. Sin embargo, en el 2021 la Comisión Nacional para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las mujeres (Conavim), notificó al gobierno del Estado de Sonora la emisión de la Declaratoria de Alerta por violencia de género contra las mujeres para todo el Estado, pero en particular para seis municipios (Cajeme, Empalme, Guaymas, Hermosillo, Nogales y San Luis Río Colorado), exhortándose al Estado para fortalecer con mayor urgencia las medidas que propone el citado mecanismo. Reconociendo las autoridades estatales que gracias al trabajo de las organizaciones de la sociedad civil se ha colocado en la opinión pública el grave problema que representa la violencia de género para que sea una prioridad la defensa de los derechos humanos de las mujeres y las niñas que han sido víctimas de violencia, desapariciones y feminicidios. Se establece la urgencia de la actuación respecto al tema de violencia de género, pues se informó que en el primer semestre de este año, Sonora se colocó como tercer estado con la tasa más alta de feminicidios en el país; además de los casos de abuso sexual que se han duplicado en el estado en los últimos seis años y los de violación aumentaron más de 25 por ciento y las estimaciones de violencia de género de las que se desprende que una de cada cuatro estudiantes ha sido agredida en la escuela y una de cada tres mujeres violentadas en la calle por el simple hecho de serlo (Secretaría de Gobernación, 2021).

## Conclusiones

El desarrollo del estado no puede alcanzarse si no se genera igualdad de oportunidades a las mujeres, quienes conforman prácticamente la mitad de la población; para ello se requiere sensibilizar a los varones para que otorguen la valía a la mujer en todos los planos en que esta se desenvuelve, a la vez que se eliminan las brechas que existen entre ellos; para avanzar en este proceso es indispensable que tanto los varones como las mujeres tengan las mismas oportunidades de participación en los ámbitos públicos y privados, sin discriminación de género.

Solo a través de acciones afirmativas se logrará construir una igualdad sustantiva en donde no exista discriminación, pues será a través de ellas que se establezcan políticas públicas que den a las mujeres las mismas oportunidades que a los varones, con el objeto de mejorar la calidad de vida y compensarlas por la discriminación de la que fueron víctimas en el pasado, a través de la adopción e institucionalización por parte de la administración pública estatal, municipal, así como organizaciones sociales de todo tipo, sector empresarial, instituciones educativas públicas y privadas de medidas de acciones positivas, a fin de que establezcan la presencia femenina en sus puestos, niveles directivos, equivalencia de salarios, entre otras intervenciones que les permitan tener participación adecuada y efectiva para desarrollarse plenamente en el ámbito político, económico, laboral y social del estado.

## Referencias

1. Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas. 1948. Declaración Universal de Derechos Humanos. Resolución 217 A (III). Disponible en: [https://www.ohchr.org/sites/default/files/UDHR/Documents/UDHR\\_Translations/spn.pdf](https://www.ohchr.org/sites/default/files/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf)
2. Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas. 1979. Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer. Resolución 34/180. Disponible en: [https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/ProfessionalInterest/cedaw\\_SP.pdf](https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/ProfessionalInterest/cedaw_SP.pdf)
3. Fernández, S., Arias, W.L., Alvarado, M. 2017. La escala de sexismo ambivalente en estudiantes de dos universidades de Arequipa. Av. psicol. 25: 85-96.



4. Delgado, C. 2020. La Ceguera al Género Inducida por la Ceguera a los Estándares de Medición. Comentario a Ferrer-Pérez y Bosch-Fiol, 2019. *Anu. de Psicol. Jurídica*: 30: 93-96.
5. Tomei, M., Vega, M.L. 2007. La discriminación de la mujer en el lugar de trabajo. Nuevas tendencias en materia de discriminación por motivos basados en la maternidad y el acoso sexual. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*. 4: 149-174.
6. Instituto Nacional de las Mujeres. 2007. El impacto de los estereotipos y los roles de género en México. Disponible en: [http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos\\_download/100893.pdf](http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/100893.pdf)
7. Instituto Sonorense de las Mujeres. s. f. Institucionalización y Transversalización de la Perspectiva de Género. Disponible en: <https://ism.sonora.gob.mx/institucionalizacion-y-transversalizacion-de-la-perspectiva-de-genero.html>
8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2020. Censo de Población y Vivienda.
9. Secretaría de Gobernación. 2021. Declara Conavim Alerta por Violencia de Género contra las Mujeres en Sonora. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/segob/prensa/declara-conavim-alerta-por-violencia-de-genero-contra-las-mujeres-en-sonora>



# Implementación de la NOM-035-STPS-2018 en Empresas Agrícolas de la Costa de Caborca, Sonora y su Relación con la Calidad de Vida Laboral

## Analysis and Evaluation of Implementation of NOM-035-STPS-2018 in Agricultural Companies in the Coast of Caborca, Sonora Region

Federico Valle Olga Selenia<sup>1</sup>, Sepúlveda Moreno César Omar<sup>1\*</sup>, Rosales Díaz Flavio Alonso<sup>1</sup>, Pérez Lizárraga Juan Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad de Sonora, Avenida K SN, Eleazar Ortiz, Caborca, Sonora, México, CP 83600.

\*Autor para la correspondencia: Sepúlveda Moreno Cesar Omar [cesar.sepulveda@unison.mx](mailto:cesar.sepulveda@unison.mx)

### Resumen

Algunas actividades empresariales enfocan su gestión en encajar tanto en un entorno organizacional favorable, en beneficio de sus trabajadores, así como del contexto global. Con base en lo mencionado, México opera la NOM 035 denominada factores de riesgo psicosocial en el trabajo. Para ello, es necesario la identificación, análisis y prevención de dichos riesgos a través de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social – STPS, que busca prevenir tales factores en centros de trabajo del país. Ahora bien, la actividad agrícola es una de las más productivas e importantes y, además, la que ocupa una porción considerable de la planta laboral en todos los niveles de las organizaciones que oferta la localidad de Caborca. En este sentido, el objetivo de la presente investigación es explicar de qué manera se relacionan los factores que evalúa la NOM 035 con la calidad de vida laboral de los empleados de los centros de trabajo de la actividad agrícola en la costa de Caborca. Los resultados obtenidos, permitieron observar que, efectivamente, existe relación entre la NOM propuesta y la calidad de vida laboral.

**Palabras clave:** Calidad de vida laboral, riesgo psicosocial, centros de trabajo

### Abstract

Some business activities focus their management on fitting into a favorable organizational environment, for the benefit of their workers, as well as the global context. Based on the aforementioned, Mexico operates NOM 035 called psychosocial risk factors at work. For this purpose, it is necessary to identify, analyze and prevent such risks through the Ministry of Labor and Social Welfare - STPS, which seeks to prevent such factors in the country's workplaces. Now, agricultural activity is one of the most productive and important and, in addition, the one that occupies a considerable portion of the workforce at all levels of the organizations offered by the town of Caborca. In this sense, the objective of this research is to explain how the factors evaluated by NOM 035 are related to the quality of work life of the employees of the work centers of the agricultural activity in the coast of Caborca. The results obtained showed that there is indeed a relationship between the proposed NOM and the quality of work life.

**Key words:** Quality of work life, psychosocial risk, work centers.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.53

Recibido 07/03/2022

Aceptado 16/05/2022

Publicado 31/12/2022

## Introducción

A partir del 23 de octubre de 2019 entró en vigor en México la Norma Oficial Mexicana NOM-035 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social – STPS, denominada factores de riesgo psicosocial en el trabajo-identificación, análisis y prevención (NOM 035). Según la STPS (2019) la norma tiene como objetivo “establecer los elementos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial y el entorno organizacional favorable en los centros de trabajo”. Así mismo, un hecho fundamental de esta norma es que los trabajadores de cualquier empresa deben colaborar en un ambiente digno y encaminado a la mejora continua de las condiciones de trabajo a través de una política de prevención de riesgos psicosociales. Por lo tanto, es importante mencionar que la aplicación de esta depende del número de colaboradores de cada centro de trabajo, ya que existen tres subdivisiones o clasificaciones de empresas, según la misma STPS en las que aplica la norma mexicana, las empresas de 0 a 15 empleados, de 16 a 50 y las de más de 50 trabajadores (STPS, 2019). Además, la NOM 035 tuvo hechos importantes previos a su versión final, el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-035-STPS-2016, Factores de riesgo psicosocial-identificación y prevención, elaborado por la STPS en el que se establecen disposiciones normativas para los centros de trabajo, con la finalidad de la identificación y prevención de factores de riesgo psicosocial, así como el generar entornos organizacionales favorables (STPS, 2016).

Por consiguiente, el presente estudio se difundió para consulta pública por sesenta días naturales a partir del 26 de octubre de 2016, esto con el fin de que los interesados en la materia emitirán comentarios relacionados con el documento al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo (CCNNSST), mismo que recibió comentarios y los resultados fueron publicados en el DOF el 26 de mayo de 2017. Refieren Duarte y Vega (2021) que de los comentarios obtenidos solo se aceptó el 23% equivalente a 64 y siendo el 77% de los comentarios rechazados, contemplando una cantidad de 215.

Aunado a lo anterior, según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (citada por la STPS, 2016) la problemática que causa la falta de atención a los factores de riesgo psicosocial es un problema que afecta a todos los países, a todos los trabajadores independientemente sus profesiones, tanto de países desarrollados como en desarrollo.

En el mismo sentido, la NOM 035, se ubica en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 como parte de una de las cinco metas nacionales establecidas por parte de la administración pública federal, identificada como alcanzar una México Próspero, para promover el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica, que genera igualdad de oportunidades, esto como parte del objetivo 4.3 “Promover el empleo de calidad”, del PND que dentro de sus líneas de acción considera el impulso de acciones para la adopción de una cultura digna o decente (STPS, 2016).

En este sentido, el objetivo de la presente investigación es explicar la forma en que se relacionan los factores que evalúa la NOM 035 con la calidad de vida laboral de los empleados de los centros de trabajo de la actividad agrícola en la costa; como justificación los siguientes aspectos: 1) es un tema actual en el ambiente de gestión organizacional, 2) es una norma que pretende que se identifiquen, analicen y prevengan los factores de riesgo psicosocial en centros de trabajo y 3) que la norma mexicana se rige en todo el país y en el caso de la población elegida es uno de los sectores con mayor población laboral en la región geográfica en la que se desarrolló el estudio.



### **NOM-035-STPS-2018, factores de riesgo psicosocial en el trabajo- identificación, análisis y prevención**

La constitución política de los Estados Unidos Mexicanos pronuncia que “toda persona tiene derecho a un trabajo digno y socialmente útil”, para lo cual establece que “se promoverán la creación de empleos y la organización social de trabajo”, esto está relacionado con el objetivo de la NOM 035 al promover un entorno organizacional favorable.

Aunado a lo anterior, según la información proporcionada por la STPS, la NOM-035-STPS-2018 consta de dos etapas, la primera etapa tiene por nombre etapa política: medidas de prevención, y entró en vigor el 23 de octubre de 2019, en la cual se deben identificar a los trabajadores expuestos a acontecimientos traumáticos severos y la difusión de la información; la segunda etapa llamada identificación y análisis de riesgo psicosocial, en la que se debe evaluar el entorno organizacional; medidas y acciones de control y práctica de exámenes médicos, esta etapa entró en vigor a partir del 23 de octubre de 2020.

El tema de bienestar en las personas a través de las actividades diarias realizadas en el centro de trabajo es la base de la norma mexicana, si la empresa cuenta con un entorno laboral favorable, los factores de riesgo psicosocial no se estarán presentando. La NOM 035 aplica para todos los centros de trabajo del país, mismos que estarán obligados a cumplir con los compromisos precisados por la norma mexicana, tomando en cuenta que es para medir los centros de trabajo no a los trabajadores y que pretende contribuir en el desarrollo de estrategias adecuadas para el bienestar organizacional. La división de la NOM 035 según el DOF (2018) corresponde a centros de trabajo que van de 1 a 15 trabajadores, de 16 a 50 y de 50 en adelante, con la que de acuerdo con cada opción corresponden distintas acciones a realizar, todas encaminadas a la adecuada gestión administrativa que promueva entornos organizacionales favorables, así como la prevención de los factores de riesgo psicosociales.

Por lo tanto, la correcta implementación de la NOM 035 facilitará a las empresas a detectar de manera oportuna los factores de riesgo psicosociales, elevar el bienestar organizacional y sentido de pertenencia de los trabajadores, ayudará a prevenir violencia laboral, incrementar productividad y crear canales de información eficientes con los trabajadores.

### **Factores Psicosociales**

Los Factores de Riesgo Psicosociales (FRP) son interacciones entre el trabajo, su medio ambiente, así como la satisfacción en el trabajo y las condiciones de organización, todo lo anterior contemplando las capacidades del trabajador, sus necesidades, cultura y situación personal fuera del trabajo, repercutiendo en su estado salud y bienestar, así como en su rendimiento, lo antes mencionado definido por la Organización Mundial de la Salud (1998). Por otra parte, Cantero y Ramírez (2009) refieren que los factores psicosociales desempeñan un papel importante como factor de riesgo o moduladoras en el desarrollo de la depresión. El capital humano es el principal recurso dentro de una organización, las condiciones de calidad trabajo, prestaciones, jornadas laborales, crecimiento dentro de la organización, entre otros factores determinan la calidad de vida laboral de un trabajador (Caicedo, 2019; Casanueva, Rodríguez y Cid, 2009).

Así mismo, Moreno (2011) menciona que son situaciones laborales que tienen una alta probabilidad de dañar gravemente la salud de los trabajadores, física, social o mentalmente, siendo estos factores que afectan la salud. En el mismo sentido Cázares (2020) refiere que los factores de riesgo psicosociales tienen afectaciones a la salud mental de los trabajadores, mismos que tienen manifestaciones por medio de



trastornos de ansiedad, estrés, cansancio, sueño, falta de control, entre otras variables, todas mencionadas en la NOM 035.

Tomando en cuenta que un factor de riesgo cuenta con características propias del trabajo que generan un efecto que puede ser negativo para la salud física, emocional, mental y social de los trabajadores, un riesgo psicosocial es un efecto que un factor psicosocial puede tener como consecuencia situaciones como estrés laboral y síndrome de burnout, que a su vez puede conllevar al desarrollo de enfermedades.

El factor de riesgo psicosocial también suele estar relacionado con la organización de trabajo, ya que tiene que ver con la forma en la que las empresas desarrollan su gestión y organización por ejemplo la delegación de responsabilidades y actividades, tener objetivos o metas no claras, condiciones de trabajo, relaciones interpersonales entre otras.

### **Calidad de vida laboral**

Históricamente, el término calidad de vida en el trabajo es un concepto que surge a mediados de los años setenta como una necesidad de humanizar los entornos de trabajo con especial atención en el desarrollo del recurso humano y la mejora de la calidad de vida, que dio origen al movimiento de calidad de vida laboral y la calidad del empleo Nadler y Lawler (1983). Por consiguiente, la calidad de vida laboral (CVL) es un término que dentro de las organizaciones debe de considerarse de gran importancia, ya que constituye uno de los componentes del bienestar en una persona (Stecher, Godoy y Toro, 2012; Flores y Madero, 2012) y se han relacionado con problemas de salud física y mental en ocasiones con existencia del síndrome de burnout o síndrome del quemado, depresión, bullying, entre otras (Caicedo, 2019; Duro, 2008; Patlán, 2013; Salazar, 2018).

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (2017) propone que la salud de los trabajadores la determinan las buenas condiciones de trabajo, oportunidades de desarrollo personal, y a su vez esto puede mejorar las relaciones de trabajo y autoestima. En México, el 75% de los trabajadores que desempeñan alguna actividad laboral presentan síndrome de burnout o estrés crónico laboral, que está directamente relacionado con enfermedades como diabetes, hipertensión, depresión crónica, entre otras; superando a China y Estados Unidos (Instituto Mexicano del Seguro Social, 2019; Selecciones, 2019).

Por otra parte, Torres (2017) considera que la calidad de vida en el trabajo es importante porque genera múltiples beneficios para los trabajadores (satisfacción laboral, motivación, productividad salud laboral, bienestar en el trabajo, desarrollo de actividades, etc.). También genera beneficio para las organizaciones (mejor productividad, rendimiento y eficiencia; retención del recurso humano, reducción del ausentismo, compromiso, involucramiento del personal, etc.). Patlán, 2017 y Hernández, (2014). De la misma forma, calidad de empleo se refiere a trabajo decente según la Organización Internacional del Trabajo (2002) citado por Bertranou et al. (2014).

Aunado a lo anterior, Patlán (2016) refiere que la calidad de vida en el trabajo es un constructo multidimensional y complejo que hace referencia principalmente a la satisfacción de una amplia gama de necesidades de los individuos (reconocimiento, estabilidad laboral, equilibrio empleo-familia, motivación, seguridad, entre otros) mediante un trabajo formal y remunerado.



Ahora bien, la valoración de las personas dentro de las organizaciones gana mayor dimensión por la tendencia a superar la deshumanización del trabajo, surgida con la aplicación de métodos rígidos y desconsiderados para los trabajadores. (Correa, Cirera y Giuliani, 2013).

Por lo tanto, las anteriores declaraciones refieren la importancia del término calidad de vida en el trabajo y actualmente son pocos, casi nulos los resultados encontrados sobre la implementación de la NOM-035 en las empresas, sin embargo, dada la relevancia de su objetivo se pretende estudiar el impacto que tiene en los centros de trabajo en México, así como la relación que tiene con distintas áreas que aportan al mejoramiento organizacional enfocado al bienestar de las empresas.

## **Materiales y métodos**

Con el objetivo de explicar la forma en que se relacionan los factores que evalúa la NOM 035 con la calidad de vida laboral de los empleados de los centros de trabajo de la actividad agrícola en la costa de Caborca, Sonora; la presente investigación se considera básica en su propósito y cuantitativa en su análisis. Así como, no experimental en su objetivo y, con medición de factores en un solo momento, por lo tanto, transversal en su tiempo. Además, el alcance de esta inicia explorando información relevante al fenómeno de estudio, posteriormente se describen, correlacionan y se explican los componentes NOM 035 y calidad de vida laboral, esto, con base en los resultados obtenidos a partir del estadístico multivariado de prueba, denominado Análisis Factorial Exploratorio (AFE) técnica estadística que permite explorar con mayor precisión las variables latentes de las observadas (Mavrou, 2015).

Los resultados del estudio muestran aspectos de políticas y medidas de prevención en los centros de trabajo. Para ello, se utilizó un cuestionario con preguntas en escala tipo Likert y adecuado del original, propuesto por la STPS, que consta de 72 ítems. Sin embargo, se aplican 35 reactivos del instrumento original a conveniencia del presente estudio. Por otra parte, el número de empresas agrícolas registradas ante la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – SAGARPA (2020) en la localidad de Caborca, Sonora, son 197. Sin embargo, dado la baja participación por la contingencia del COVID-19, se logró encuestar a 167 trabajadores de 35 empresas agrícolas, del total mencionado. El criterio de inclusión fue ser empleado con contratación indefinida.

## **Resultados y Discusión**

Con el fin de describir de una mejor manera la primera fase del estudio, los resultados se detallan a través de análisis estadístico descriptivo, para posteriormente mostrar un Análisis Factorial Exploratorio, en el siguiente apartado se muestran resultados por medio de la siguiente tabla de que describen aspectos relevantes de la población objeto de las empresas agrícolas.



**Tabla 1.** Resultados descriptivos

Edad	%	Nivel estudios	%	Producto	%
18 a 30	44%	Carrera técnica	17%	alfalfa	5%
31 a 40	29%	Posgrado	6%	Espárrago	50%
14 a 50	16%	Preparatoria	13%	Papa	9%
51 a 60	10%	Secundaria	10%	Pepino	9%
más de 60	2%	Universidad	54%	Uva	9%
				Otro	17%

Fuente: elaboración propia.

La anterior tabla 1 muestra un cruce de información relevante, con respecto al comportamiento de la actividad productiva de los campos agrícolas en la costa de Caborca, Sonora. En el mismo sentido, se denota que el 75% de la planta laborar incluida en la muestra, pertenece a un rango de edad, de mayor de 18 y hasta 40 años; alrededor del 77% suman los trabajadores con un nivel superior, en primer lugar, técnico y con posgrado respectivamente; así mismo, es el cultivo del espárrago el que da labora a la mitad del total de la planta productiva de la costa. Así también, se puede observar que la población encuestada de 18 a 30 años se encuentra en la opción con más tasa de respuesta en los resultados obtenidos. Al mismo tiempo, es evidente la mayor proporción con el grado de escolaridad alcanzado por los trabajadores agrícolas encuestados, siendo este, el nivel universitario, tomando en consideración el tipo de información que se les solicitó en el cuestionario. En la misma tabla 1, se observa también que, con relación al tipo de producto de las empresas agrícolas, el que lidera es el espárrago, siendo este el que se produce en mayor porcentaje en Caborca y la región, seguido por otros productos que no alcanzan una tasa elevada de respuesta; cabe mencionar que la ciudad de Caborca, Sonora es reconocida a nivel mundial por la calidad del espárrago que se produce en sus tierras, destacada como una tierra bondadosa para los empresarios agrícolas.

**Tabla 2.** Alfa de Cronbach

Componente	Coficiente
Importancia al centro de trabajo	0.899
Sentido de pertenencia	0.917
Actividades y responsabilidades	0.949
Conocimiento de la NOM 035	0.959
Total	0.970

Fuente: Elaboración propia en SPSS

En la tabla 2, se observa la confiabilidad de los componentes analizados en el estudio, siendo estos los propuestos en el cuestionario aplicado a la población encuestada, sin embargo, mediante el Análisis Factorial Exploratorios (AFE) se realizó un ajuste obteniendo como resultado tres componentes de relevancia para el estudio, esto basado en la medida de adecuación de la Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), con base a lo mencionado anteriormente, a continuación, se presenta la tabla 3, que muestra el KMO y prueba



de esfericidad Barlett realizadas para determinar la pertinencia del análisis factorial, esto incluyendo los tres componentes latentes, cabe mencionar que el P-valor en todos los casos, fue menor a 0.001.

**Tabla 3.** KMO y prueba de esfericidad de Bartlett

KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0.919
	Chi-cuadrado aproximado	4464.160
Prueba de esfericidad de Bartlett	Gl	276
	Sig.	0.001

Fuente: Elaboración propia en SPSS.

Después de la explicación vertida en el párrafo anterior, la información se da a partir de los reactivos utilizados para el AFE, tomando en consideración que este, es una técnica que permite identificar un número relativamente pequeño de factores que pueden ser utilizados para representar la relación existente entre un conjunto de variables intercorrelacionadas (Vasauta y Martori, 2003). Cabe mencionar que las comunales aportan información relevante de dichas variables incluidas en el modelo por encima de .60.

Luego de exponer la información presentada previamente, es importante destacar que el comportamiento que se presenta en todas las variables con tres componentes incluidos en el modelo muestra una varianza explicada, a partir de este análisis un total de 75.94% de la variabilidad total, lo cual puede interpretarse como un porcentaje aceptable.

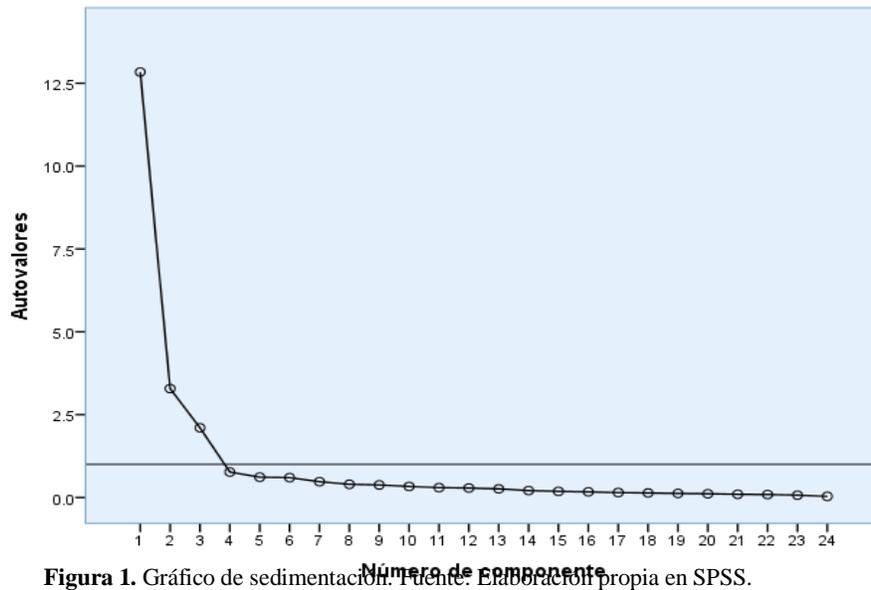
**Tabla 4.** Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
Pertenencia	12.83	53.49	53.49	7.67	31.976	31.976
Actividades y responsabilidades	3.28	13.68	67.18	5.73	23.914	55.890
Conocimiento de la NOM 035	2.10	8.76	75.94	4.81	20.054	75.944

Fuente: Elaboración propia a partir de SPSS.

Confirmando la propuesta de porcentaje de extracción, la figura 1, menciona que tres son los factores con autovalores mayores a 1, y estos explican mejor la relación entre las variables latentes.





**Figura 1.** Gráfico de sedimentación. Fuente: Elaboración propia en SPSS.

En la Tabla 5. se puede observar la matriz de componentes rotados, en la cual se aprecia el sentido de pertenencia, actividades y responsabilidades y el conocimiento de la NOM 035 como los tres componentes latentes con base a las variables observadas en el proceso.



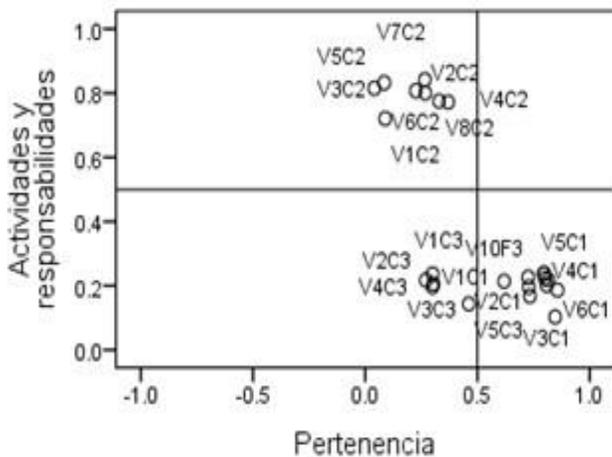
**Tabla 5.** Matriz de componentes rotados

Variable observada	Componente		
	Sentido de pertenencia	Actividades y responsabilidades	Conocimiento de la NOM 035
I1		0.721	
I2		0.800	
I3		0.815	
I4		0.772	
I5		0.832	
I6		0.807	
I7		0.842	
I8		0.775	
I9	0.619		
I10	0.733		
I11	0.846		
I12	0.796		
I13	0.797		
I14	0.857		
I15	0.729		
I16	0.808		
I17	0.817		
I18	0.726		
I19	0.802		
I20			0.835
I21			0.857
I22			0.891
I23			0.870
I24			0.732

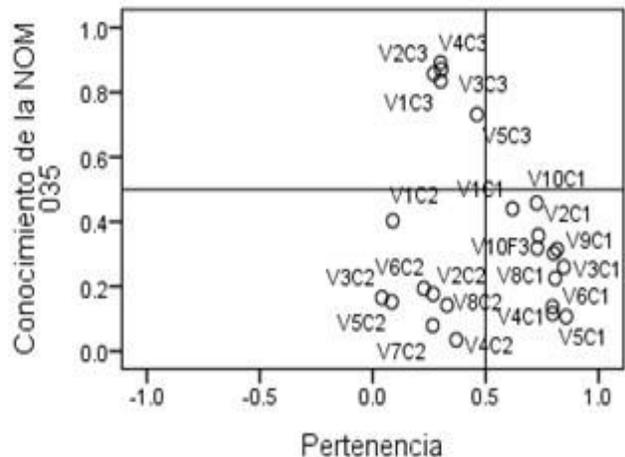
Fuente: Elaboración propia con resultados en SPSS.\*I1 ambiente de trabajo favorable, I2 niveles de estrés laboral, I3 responsabilidad en el puesto, I4 actividades personales/familiares, I5 información presentada, I6 pertenencia al equipo, I7 la empresa presta atención, I8 ritmo de trabajo, I9 jornada de trabajo, I10 velocidad de trabajo, I11 resultados esperados/recompensa, I12 solución respetuosa de problemas, I13 colaboración de compañeros, I14 orientación jefe, I15 asistir a capacitaciones, I16 resolver problemas, I17 capacitación útil, I18 expresarse libremente, I19 crecer laboralmente, I20 enterado de la NOM 035, I21 conocer la NOM 035, I22 información de la NOM 035, I23 seguimiento a la norma, I24 evaluado la NOM 035.



En la Figura 2. se aprecia el grafico de componentes rotados, en el que es evidente el comportamiento de los componentes pertenencia y actividades y responsabilidades en el cuadrante inferior derecho, en el que el sentido de pertenencia en el centro de trabajo centra su enfoque en variables como “recibir información sobre FRP”, “en el ambiente laboral en que estoy puedo llegar a recibir violencia”, “siento que pertenezco al equipo de trabajo”, por mencionar algunas. En el caso de la Figura 3. Muestra en el mismo cuadrante, pero con los componentes pertenencia y conocimiento de la NOM 035, en el que en el espacio del cuadrante inferior derecho la presencia como mayor de los casos las variables “Estoy enterado de que la NOM 035 entró en vigor en octubre de 2019”, “La empresa presta atención a FRP”, “el ritmo de trabajo es acelerado”, entre otras, que denotan la relación de la pertenencia en el centro de trabajo y el poco conocimiento de la norma.



**Figura 2.** Gráfico de componentes de pertenencia y actividades y responsabilidades en espacio rotado.  
Fuente: Elaboración propia en SPSS.



**Figura 3.** Gráfico de componentes de pertenencia y Conocimiento de la NOM 035 en espacio rotado.  
Fuente: Elaboración propia en SPSS.

A partir del AFE, se generaron coeficientes denominados regresores con los cuales se graficaron la posición de cada sujeto encuestado a partir de los resultados y, con ello, se explica el comportamiento de las variables o factores. En la Figura 4, el gráfico de regresión muestra cuatro cuadrantes que se describen a continuación:

Cuadrante inferior izquierdo: este cuadrante contiene los valores negativos tanto del componente pertenencia como de actividades y responsabilidades, en el que se aprecian resultados dispersos en el cuadrante, así como también la prevalencia de la percepción del sentido de pertenencia como de la realización de actividades y responsabilidades muy cercana al resto de los cuadrantes que permite observar el acercamiento al lado positivo en el gráfico.

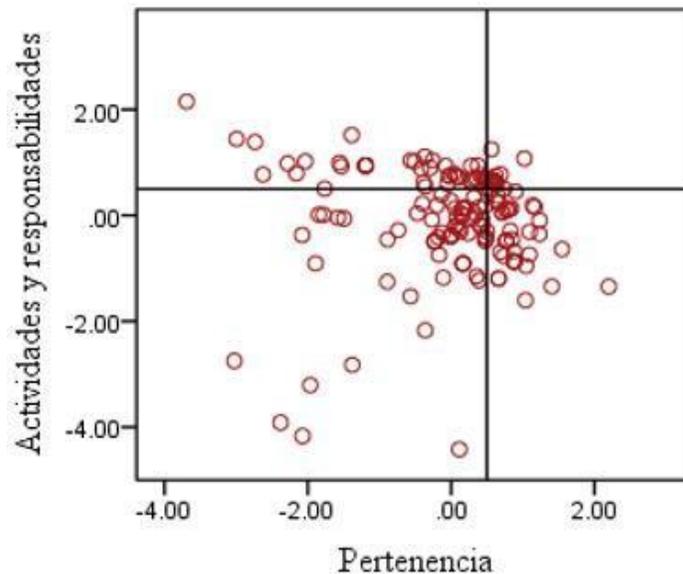
Cuadrante superior izquierdo: En esta sección del gráfico se puede observar que los trabajadores se encuentran de manera dispersa entre no sentido de pertenencia y la percepción positiva por el componente de actividades y responsabilidades, haciendo ver que se concentran de igual manera que en el cuadrante antes mencionado, en el centro del gráfico en su mayoría de los sujetos analizados.

Cuadrante superior derecho: En este cuadrante se observa a los trabajadores que, si cuentan con sentido de pertenencia en su centro de trabajo y buena percepción de sus actividades y responsabilidades



dentro de su quehacer laboral, indicando que es evidente el nivel de percepción y actividades y responsabilidades en el punto central del gráfico.

**Cuadrante inferior derecho:** En este último cuadrante, considerado el ideal, ya que permite observar que los sujetos que participaron en el análisis tienen un sentido de pertenencia adecuado en su centro de trabajo, así como buena percepción de las actividades y responsabilidades que tiene a su cargo, se puede observar que es el espacio que tiene más trabajadores, denotando que cuentan con una percepción adecuada de los componentes mencionados.



**Figura 4.** Gráfico de regresión pertenencia\*actividades y responsabilidades  
Fuente: Elaboración propia en SPSS.

La última figura 5, muestra el gráfico de regresión que permite observar, al igual que en caso anterior, cuatro cuadrantes, en este caso los correspondientes a los componentes pertenencia y conocimiento de la NOM 035, de los cuales cabe mencionar lo siguiente:

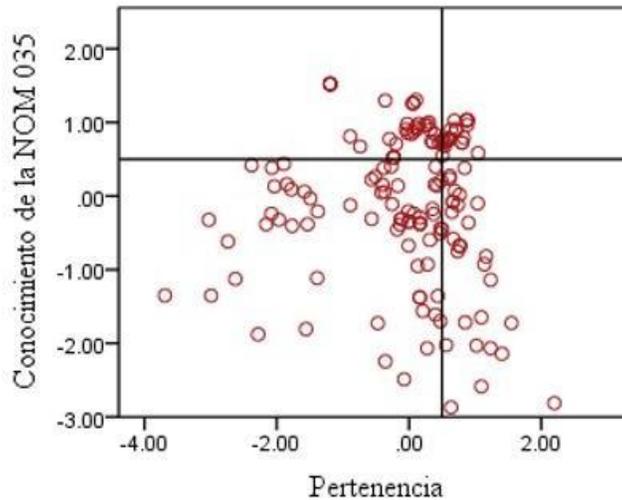
**Cuadrante inferior izquierdo:** la información muestra que los sujetos analizados no cuentan con sentido de pertenencia en su centro de trabajo, así como tampoco conocimiento de la norma mexicana 035, se puede observar que es el cuadrante en el que existe más información dispersa en el espacio descrito.

**Cuadrante superior izquierdo:** En esta clasificación se hace evidente que los sujetos encuestados conocen la NOM 035 y a la vez, no suelen tener sentido de pertenencia en su centro de trabajo, sin embargo, se presenta una aglomeración en el punto central del gráfico como punto de concentración de los componentes, indicando que la mayoría de los casos se acerca al punto pertenencia y conocimiento de la norma de manera aceptable.

**Cuadrante superior derecho:** Este espacio en el gráfico es el que cuenta con menos población que indique conocer la NOM 035 y a la vez contar con sentido de pertenencia en el centro de trabajo en el que

se encuentran adscritos- Luego de esto, se puede decir que los trabajadores tienen noción de la norma y sentido de pertenencia en su centro de trabajo.

*Cuadrante inferior derecho:* a diferencia del cuadrante anterior, en este se aprecia que la población se encuentra más dispersa por el espacio, debido a que el sentido de pertenencia es un componente que tiene una gran repercusión en la percepción por parte de los trabajadores.



**Figura 5.** Gráfico de regresión pertenencia\*conocimiento de la NOM 035.  
Fuente: Elaboración propia en SPSS.

## Conclusiones

Dado los resultados explicados en el apartado anterior, es posible inferir lo siguiente: las empresas de giro agrícola en la región de Caborca, Sonora, realizan sus actividades laborales por temporadas altas que los llevan a requerir de contratación de personal de manera temporal que cumpla con sus necesidades durante cierta época del año, por ello, pudieran ser empresas que en la actualidad cuentan con un amplio número de empleados, convirtiéndolos en centros de trabajo que pueden ir de 1 a 15 empleados a centros de trabajo de más de 200. La NOM 035 en su objetivo pretende contar con los elementos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosociales y hasta el momento se cuenta con poco conocimiento sobre el análisis de la implementación de la misma, existe confusión para su aplicación y falta de comprensión en la información brindada; de las escasas investigaciones con resultados relacionados a esta norma mexicana, se basan en la incongruencia del cuestionario sugerido y de la falta de información y sustento de los riesgos psicosociales.

Por lo tanto, es de vital importancia que las empresas agrícolas lleven a cabo acciones que generen sentido de pertenencia en los trabajadores a través de incentivos, beneficio laboral, etcétera y, con ello, se reflejará beneficio o calidad de vida laboral que experimenta el capital humano de las organizaciones.



Así también, se les recomienda a los centros de trabajo los siguiente: deben tener en consideración la importancia de la percepción de los trabajadores con relación al sentido de pertenencia en su centro de trabajo, así como las actividades y responsabilidades que realizan en estos lugares y el conocimiento de la norma mexicana 035, son temas de relevancia dentro de la gestión administrativa en los centros de trabajo analizados; en el caso de la NOM 035, no solo como información general si no, ser informados sobre el beneficio al momento de implementarse dentro de su centro de trabajo.

Es importante aclarar que la calidad de vida laboral es un aspecto que debe ser de interés vital para directivos de empresas hacia su equipo de personal. Por lo tanto, a través de la NOM 035 se pretende apoyar a los centros de trabajo con relación a la concientización de la importancia de identificación temprana de posibles riesgos psicosociales que se puedan identificar, así como también el apoyar a la generación de conocimiento al respecto del tema por parte de todos los miembros de una organización.

Aunado a lo anterior, la calidad de vida laboral percibida por parte de los trabajadores tiene relación con los tres componentes identificados a través del AFE, indicando que el sentido de pertenencia tiene un mayor impacto en la percepción de este concepto de CVL.

En el mismo sentido, la implementación de la NOM-035-STPS-2018 en México es reciente, por lo que existen pocos o casi nulos estudios sobre los resultados obtenidos relacionados con el diseño y evaluación de los programas que las empresas deben desarrollar para su cumplimiento, situación que tiene como factor importante el confinamiento causado por el virus de COVID-19, que pauso durante los años 2020 y 2021 las actividades no esenciales y por ende limitó el cumplimiento de las fases de la norma mexicana por parte de los centros de trabajo en tiempo y forma.

Por lo que, evaluar la aplicabilidad de la NOM-035-STPS-2018 en las empresas de giro agrícola de la región de Caborca, Sonora resultó de suma importancia, tomando en cuenta que son las empresas que mayormente aportan información en la identificación del nivel de concientización a través de la información del uso e implementación de normas mexicanas y demás cumplimientos relacionados con sanidad e inocuidad se considera que este tema no será la diferencia, en consecuencia, los centros de trabajo deben estar preparados con personal capacitado para la ejecución de las fases o con la subcontratación de centros especializados en la implementación de la NOM 035; la presente investigación pretende ser antecedente en el tema, no solo para las empresas que fueron objeto de estudio del presente proyecto, si no para todas las organizaciones y/o centros de trabajo que están en el proceso de cumplir con la norma mexicana, este proyecto desarrolló acción que deberá propiciar la continuidad en torno a investigación relacionada en este tema, obteniendo beneficios relacionados al tema de calidad de vida laboral, gestión administrativa e implementación de la norma mexicana protagonista del estudio.

Actualmente existen casos dentro de las organizaciones en los que trabajadores experimentan alguna situación laboral que no ha sido detectada por la organización y eso afecta su productividad, y ese es parte del objetivo de la NOM 035, situación que permitirá en su momento evitar o limitar consecuencias no gratas en los resultados organizacionales, en este sentido, los centros de trabajo deberán prestar la debida atención al entendimiento de la norma y su respectivo cumplimiento.

Por último, cabe destacar que la implementación de la norma en cuestión muestra que la población empresarial agrícola aún no ha enfocado su atención al cumplimiento de la presente norma, repercutiendo posiblemente en el cumplimiento en tiempo y forma por parte de la secretaria de trabajo y previsión social,



que busca que todos los centros de trabajo sin importar el número de trabajadores, cuente con la comprobación de la ejecución de esta norma mexicana.

## Referencias

1. Alves Corrêa, D., Cirera Oswaldo, Y., & Carlos Giuliani, A. (2013) Vida con calidad y calidad de vida en el trabajo. Invenio.  
<https://educacioninfantil.org/pdfs/QuJB9uj0ozDOFO9C9E4yXrAdXzd19E919PJEOViOUzt3UV9zUmjBjVTAjpdLZPX.pdf>
2. Bertranou, F., Casanova, L., Jiménez, M., Jiménez, M. (2014) Empleo, Calidad del empleo. Revista de economía laboral en Argentina. 11 (2014) 24-69.  
[https://www.researchgate.net/publication/264195492\\_EMPLEO\\_CALIDAD\\_DEL\\_EMPLEO\\_Y\\_SEGUMENTACION\\_LABORAL\\_EN\\_ARGENTINA](https://www.researchgate.net/publication/264195492_EMPLEO_CALIDAD_DEL_EMPLEO_Y_SEGUMENTACION_LABORAL_EN_ARGENTINA)
3. Caicedo- Fandiño, Heidy Yuliet (2019) Calidad de vida laboral en trabajadores de la salud en países latinoamericanos: metaanálisis. SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión. 7(2). DOI: <https://doi.org/10.15332/24631140.5081>
4. Cantero-Téllez, E.A. & Ramírez-Páez, J. A. (2009) Factores psicosociales y depresión laboral: una revisión. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social. 47 (6), 627-636.  
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/publicacionesI.cgi?IDREVISTA=46>
5. Casanueva- Reguart, C., Rodríguez- Pérez & Cid-Alonso. (2009) La calidad de las condiciones de trabajo y su relación con la educación, género, región y exposición a la globalización en México. Revista Región y Sociedad. XXI (45), 3-44. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252009000200001&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252009000200001&script=sci_abstract&tlng=en)
6. Cázares Sánchez, C. (2020). La inclusión del salario emocional en México Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018. Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención. Cambios Y Permanencias, 11(1), 602–624.  
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistacyp/article/view/11075>
7. Diario Oficial de la Federación (2016) Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM035-STPS-2016, Factores de riesgo psicosocial-Identificación y prevención.  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5458430&fecha=26/10/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5458430&fecha=26/10/2016)
8. Diario Oficial de la Federación. (2018). Norma Oficial mexicana NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-identificación, análisis y prevención.  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5541828&fecha=23%2F10%2F2018](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5541828&fecha=23%2F10%2F2018)
9. Duro-Martín, A. (2008), Modelo conjunto de calidad de vida laboral y salud mental en el trabajo: Valor explicativo del modelo y de sus escalas. Cuadernos de Administración. (39), 9-18.  
[https://cuadernosdeadministracion.univalle.edu.co/index.php/cuadernos\\_de\\_administracion/article/view/377](https://cuadernosdeadministracion.univalle.edu.co/index.php/cuadernos_de_administracion/article/view/377)
10. El Financiero (2014) Hernández, Angélica. La calidad de vida laboral mejora el desempeño.  
<https://www.elfinanciero.com.mx/power-tools/la-calidad-de-vida-laboral-mejora-el-desempeno.html>
11. Flores Zambada, R., Madero Gómez, S. M. (2012) Factores de la calidad de vida en el trabajo como predictoras de la intención de permanencia. Acta Universitaria. 22(2), 24-31.  
<https://doi.org/10.15174/au.2012.363>



12. Guía informativa NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial identificación, análisis y prevención (2018). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503381/NOM035\\_guia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503381/NOM035_guia.pdf)
13. Hamui Sutton A., Varela Ruiz M. (2012) La técnica de grupos focales. *Investigación en educación Médica*. 22(1), 51-60. <http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n5/v2n5a9.pdf>
14. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. (2014) *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
15. Instituto Mexicano del Seguro Social (2019). Estrés laboral. <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/estres-laboral>
16. Instituto Mexicano del Seguro Social. 1er Jornada del IMSS sobre factores psicosociales estrés y salud mental en el trabajo. <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/estres-laboral/primer-jornada>
17. Ley Federal del Trabajo. (1970). *Diario Oficial de la Federación*, México, 1o de abril de 1970. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/156203/1044\\_Ley\\_Federal\\_del\\_Trabajo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/156203/1044_Ley_Federal_del_Trabajo.pdf)
18. Mavrou, I. (2015). Análisis factorial exploratorio: Cuestiones conceptuales y metodológicas. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada* (2015) 19. <https://doi.org/10.26378/rnlael019283>
19. Moreno, B. (2011) Factores y riesgos laborales psicosociales: conceptualización, historia y cambios actuales. *Medicina y Seguridad del Trabajo*. (57), 4-19. <https://doi.org/10.4321/s0465-546x2011000500002>
20. Nadler, D., Lawler E. (1983) Quality of work life: perspectives and directions. *Organizational Dynamics*. 11(3) 20-30. [https://doi.org/10.1016/0090-2616\(83\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0090-2616(83)90003-7)
21. Organización Internacional del Trabajo (1998), Declaración Sociolaboral de Mercosur. 1 de febrero de 1998, disponible en: <http://www.cscs.org/index.php/documentos-cscs/participacion-en-el-mercosur/item/534-de-claraci%C3%B3n-socio-laboral-del-mercosur>.
22. Patlán- Pérez, J. (2018). Factores psicosociales, clasificación, identificación y consecuencias en la salud laboral. 1ra. Jornada del IMSS sobre factores psicosociales, estrés y salud mental en el trabajo. <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/estres-laboral/primer-jornada>.
23. Patlán- Pérez, Juana. (2016) Derechos laborales: una mirada al derecho a la calidad de vida en el trabajo. *Ciencia Ergo Sum*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10446094004>
24. Patlán- Pérez, Juana. (2017) Calidad de vida en el trabajo. Editorial el manual moderno S.A de C.V.
25. Patlán-Pérez, Juana (2013,) Efecto del burnout y la sobrecarga en la calidad de vida en el trabajo. *Estudios Gerenciales*. 29(129), 445-455. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.11.010>
26. *Revista Selecciones Reader Digest* (2019) México ocupa el primer lugar en estrés laboral. <https://selecciones.com.mx/mexico-ocupa-el-primer-lugar-en-estres-laboral/>
27. Salazar-Estrada, José Guadalupe (2018) La relación entre el apoyo organizacional percibido y la calidad de vida relacionada con el trabajo, con la implementación de un modelo de bienestar en la organización. *Signos*. 10(2). <http://doi.org/10.15332/s2145-1389.2018.0002.02>
28. Secretaría de Trabajo y Previsión Social (2019). Norma oficial mexicana NOM 035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial en el trabajo, identificación, análisis y prevención. <https://www.gob.mx/stps/articulos/norma-oficial-mexicana-nom-035-stps-2018-factores-de-riesgo-psicosocial-en-el-trabajo-identificacion-analisis-y-prevencion>
29. Stecher Guzmán, A., Godoy Catalán, L., Toro-Cifuentes, J. Pablo (2012) Sociabilidad y calidad de vida laboral en un entorno de trabajo flexible. La experiencia de trabajadores de supermercado en Santiago de Chile. *Revista de Psicología*. 21(2), 133-157. DOI: 10.5354/0719-0581.2012.25840



30. Visauta, B. y Martori, J.C. (2003) *Análisis estadístico con SPSS para WINDOWS Volumen II, Estadística multivariante*. Mc Graw Hill

**Cómo citar este artículo:** Federico-Valle, O.S., Sepúlveda-Moreno C.O., Rosales-Díaz, F.A., & Pérez-Lizárraga, J.C. (2022). Implementación de la NOM-035-STPS-2018 en Empresas Agrícolas de la Costa de Caborca, Sonora y su Relación con la Calidad de Vida Laboral. *INVURNUS*, 17 (1) 1-16.



# Interfaces de Usuario en Aplicaciones de Apoyo Didácticas para Niños con TDAH. Hacia el Análisis de la Carga Cognitiva en IHC

## User Interfaces on Supportive Learning Applications for ADHD Childrens. Towards Task Load Analisis of HCI

\*Ponce-Mendoza Ulises<sup>1</sup>, García-Gorrostieta Miguel<sup>1</sup>, Madrid-Monteverde David<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de la Sierra, Ing en Sistemas Computacionales, Carr. Moctezuma a Cumpas Km 2.5, Moctezuma, Sonora, México, 84560.

Autor para la correspondencia: Ponce-Mendoza Ulises, upmendoza@unisierra.edu.mx

### Resumen

Para los niños con Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH de ahora en adelante) la atención temprana de los síntomas es muy relevante para una integración exitosa con su entorno, especialmente en el entorno educativo tradicional. El área de IHC ha abordado la problemática a través de la investigación de mecanismos, mediante software, de apoyo a la educación en actividades de intervención y/o mitigación de los síntomas. En este trabajo se propone iniciar de forma inversa a partir de las premisas del DCU y desde el enfoque de la carga cognitiva asumiendo que la usabilidad de las interfaces, la estructura y la carga cognitiva con la que se diseñan estos softwares de apoyo no están basadas en el conocimiento profundo del usuario. Por lo tanto, para iniciar con ese proceso de descubrimiento se propone un experimento para describir la carga cognitiva manifestada por niños con TDAH en el uso de apps didácticas mediante diferentes interfaces tales como las táctiles, joystick, control de consola y teclado ratón. Se utiliza el instrumento NASA-TLX con una adaptación en la escala de valoración por el entrevistado y se contrasta con un grupo control.

**Palabras clave:** Carga Cognitiva, Interfaz, Usuario, aplicaciones, didácticas, TDAH.

### Abstract

For children with Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD now and after), a successful integration with their environment, especially in the traditional educational environment is a meaningful goal; the early attention to ADHD symptoms plays a relevant role for successful integration. The HCI area has addressed the problem through the investigation of mechanisms, like specialized software, to support it education with intervention activities and/or mitigation of symptoms. In this work, it is proposed to start from the opposite point of view, taking the premises of the DCU and from the cognitive load approach, assuming that the usability of the interfaces, the structure and the cognitive task load, designed for these support softwares require the deep knowledge of the user. Therefore, to start with the exploration process, an experiment have proposed to describe the cognitive task load manifested by children with ADHD when use educational apps through different interface devices such as touchscreen, joystick, and videogames console controls and mouse/keyboard. An adhoc educational app has designed and the NASA-TLX instrument has used with an adaptation in the answers scale that will use the interviewee and it contrasted with a control group.

**Key words:** User Interfaces, Apps, learning, Task Load, ADHD.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.90

**Recibido** 06/11/2022

**Aceptado** 06/12/2022

**Publicado** 31/12/2022

## Introducción

Las personas con TDAH manifiestan principalmente tres síntomas: impulsividad, falta de atención e hiperactividad (Bul, y col., 2018). Dichos síntomas se manifiestan con mayor intensidad en las etapas tempranas de la vida, como la infancia, posteriormente disminuyen con el desarrollo de la persona, llegando a ser difícilmente perceptibles en la etapa adulta de algunos de ellos.

Para la mayoría de las personas con TDAH la realización de actividades que involucran mantener la atención en determinada actividad u organizar actividades con respecto al tiempo es un reto casi imposible (Husain, 2020), como consecuencia el proceso educativo tradicional se convierte en una ardua lucha tanto de padres como de los propios individuos en busca, al menos, de un desarrollo funcional e independiente para su propia realización. Es conocido que la atención temprana durante la infancia previene de manera significativa la manifestación de desórdenes de conducta relacionados con los síntomas presentados (Husain, 2020). No obstante, según (Husain, 2020) la investigación actual en temas de padecimientos mentales muestra una falta de trabajos relacionados con el TDAH, pues sólo el 3.3% de los trabajos que se revisaron están relacionados con este tema, en contraste contra un 64% aproximadamente que están relacionados con trastornos del espectro autista. El número de investigadores en el área de Interacción Humano Computadora (IHC) en áreas relacionadas con el TDAH son mínimas (Husain, 2020).

La mayoría de los investigadores en el área de IHC relacionadas con TDAH se centran en 3 categorías, las tres primeras señaladas en (Zheng, y col, 2021) y la última identificada durante la revisión de la literatura: a) diagnóstico; b) intervención en comportamiento; c) mejora de la memoria, d) aplicaciones de soporte al tratamiento del TDAH en hospitales y e) aplicaciones para disminuir o controlar los síntomas funcionales del TDAH. No encontramos trabajos relacionados con la adaptación de los contenidos e interfaces de usuario a las necesidades del individuo con TDAH basadas en la carga cognitiva, ya sea que se siga el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) o no. Por el contrario, la mayoría de los trabajos se centran en la aplicación de metodologías de atención o tratamiento a los síntomas del padecimiento, tal como se muestra en: (Paas y van Merriënboer, 2020), (Ruiz-Manrique, y col, 2015), y (Rico-Olarte, y col, 2017), a manera de ejemplo.

El software más utilizado por los investigadores para adentrarse en la problemática del TDAH, es el uso de video juegos puesto que la literatura señala que existe fuerte afinidad hacia el uso de video juegos, con propensión a convertirse en desorden de adicción a los videojuegos, en especial en la población de varones. Pero la investigación se centra en intervención de problemas de comportamiento y en disminución de los síntomas asociados a TDAH, siendo muy pocos aquellos relacionados con la mejora de las capacidades de aprendizaje, mediante software de apoyo, para convertirse en individuos funcionales con capacidades de un desarrollo posterior.

Las investigaciones también muestran un uso variado de interfaces de usuario para la interacción con los individuos con TDAH, mismas que van desde joystick, pantallas táctiles, seguimiento de pupila (eye tracking), interfaz EGG y la combinación de teclado/ratón. En pocos de los trabajos se reportan los detalles centrados con la usabilidad de estas interfaces, no obstante, se prefieren aquellas más automáticas o que requieran menor intervención del usuario, hasta el momento no hemos localizado comparativas de usabilidad de interfaces para esta población, pero si comparativa entre habilidades de una población con TDAH y otra población control en el uso de joystick para interactuar con videojuegos.



Como ya hemos mencionado, una de las funciones ejecutivas que tiene más impacto en el futuro funcional de los individuos con TDAH, es la educación o la preparación técnica, social y académica para su futura etapa adulta. La literatura revisada muestra gran interés en disminuir, controlar y/o prevenir los trastornos de la personalidad que derivan de las tres características sintomáticas presentadas por individuos con TDAH, en aras de facilitar la adaptación del individuo a su entorno, incluyendo el entorno educativo. Solamente en (Husain, 2020) se menciona la necesidad de adaptar las soluciones actuales a las necesidades de los individuos, punto de interés del presente trabajo.

## Materiales y métodos

El diseño centrado en el usuario tiene como principio fundamental el conocimiento profundo del usuario (Muñoz y col, 2014) para poder realizar la adaptación de sistemas IHC a los usuarios. En la literatura se describen ampliamente las características de los individuos con TDAH, asimismo, encontramos comparativas en el uso de diferentes tipos de controles, e inclusive mediciones al desempeño entre individuos caso y control como en (Burkes, 2007). No obstante, en la mayoría de ellos se revisa la tasa de éxito de la intervención o las diferencias de operación entre distintos tipos de controles para los videojuegos, registrando las capacidades de entrada de datos al sistema con el mismo juego de instrucciones para ambos grupos, más no se revisa si la retroalimentación o feedback hacia el usuario para su siguiente ciclo de interacciones es adecuada o clara para ambos grupos. La única retroalimentación identificada fue la táctil mediante vibraciones, pero la retroalimentación visual se asume correctamente diseñada con técnicas de usabilidad, aun así, esto no se ha validado desde la perspectiva de la carga cognitiva. En la literatura se señala que algunas facultades cognitivas entre individuos con TDAH y control tienen una diferencia significativa como consecuencia de exigir más carga cognitiva a las personas con TDAH (Fisher, 2016). Por lo tanto, es de nuestro interés el medir el nivel de carga cognitiva que enfrentan los usuarios de video juegos didácticos al operarlos con diferentes controles.

El interés en conocer la carga cognitiva de las interfaces de control de aplicaciones de software, se centra en identificar la viabilidad de la interfaz táctil como mecanismo de interacción primario para las aplicaciones didácticas para la población con TDAH. La interfaz táctil es una de las más naturales para el ser humano, sin importar la existencia o no de padecimientos. Más aún ya que al estar ligada fuertemente con los contenidos presentados en el display táctil, nos permite asumir que existe una complejidad inherente en la forma en la que se presentan las instrucciones o contenidos para la acción a realizar y que estos contenidos usualmente no son presentados atendiendo el esfuerzo cognitivo que el usuario requiere, sobre todo en poblaciones en las cuales sus procesos mentales son distintos como la población con TDAH. Asimismo, en México la disponibilidad de dispositivos con interfaz táctil es muy amplia como se puede observar en la Tabla 1 y como señala (SCT, 2021). Aunado a una propensión al uso de video juegos en dispositivos móviles con interfaz táctil, Tabla 2.

**Tabla 1** Disponibilidad de dispositivos con interfaz táctil en población de seis años o más en México en 2020 (INEGI, 2021).

Dispositivo	Población (millones)	% absoluto	% relativo
Teléfono celular	88.2	75.5	75.5
Smartphone	79.4	68.0	90.0



Por lo tanto, podríamos asumir de forma incorrecta que, debido a su amplio uso y popularidad para videojuegos, la interfaz con menor carga cognitiva para los individuos con TDAH es la interfaz táctil, no obstante, no encontramos un estudio que respalde lo anterior, por el contrario (Skulmowski A. y Xu K.M. 2021) refieren lo complejo que es integrar este tipo de heurísticas en un estudio guiado por hipótesis. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es describir la tasa de éxito y carga cognitiva en IHC para la interacción de niños con TDAH, en un rango de edad de 5 a 15 años, con aplicaciones didácticas o de soporte para el tratamiento del padecimiento en individuos para no entrar en conflicto con lo planteado por (Kirshner, 2018) sobre la dimensión extra de carga cognitiva en actividades colaborativas.

**Tabla 2** Población afin a videojuegos y dispositivos de acceso en México en 2020 (Arteaga, 2021).

Dispositivo	Población (millones)	% absoluto
Smartphone	54.2	75
Consola	14.5	20
Tableta	5.8	8
PC/Laptop	4.3	6
Consola Portátil	2.9	4

### Diseño del Experimento

Se realiza un experimento descriptivo de la carga cognitiva que los individuos manifiestan sobre el binomio control-indicaciones en actividades didácticas. El experimento constará de un grupo de 15 individuos que realizarán actividades didáctico-lúdicas a quienes, posterior a su experiencia, se les aplicará un cuestionario NASA-TLX adaptado con una escala gráfica que consideramos facilita la respuesta del instrumento. El instrumento se ha diseñado con la finalidad de medir las cargas cognitivas que experimentaron durante el uso. Tabla 3.

Para registrar la tasa de éxito en el desempeño de la actividad se realizará acompañamiento de observadores, quienes tendrán la función de registrar la cantidad de errores cometidos en la actividad previo a la conclusión de la misma. Para ello se realizan tres sesiones con grupos de cinco individuos en las instalaciones de la División de Sistemas Computacionales. Posterior al desarrollo de la actividad se les realiza aplicación del formulario NASA-TLX. La adaptación realizada al instrumento NASA-TLX consiste en reemplazar la escala de valores descriptivos textuales por elementos gráficos denominados emoticons agrupados en una escala Likert de 5 puntos como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3** Correspondencia de Emoticons con afirmaciones de Estados de Ánimo en escala Likert (Elaboración Propia).

Afirmación de Estado de Ánimo	Emoticon	Valor Likert
Relajado		5
Contento		4
Desafío		3
Molesto / Cansado		2





Cada grupo en su sesión realizará tres rondas de actividad didáctica con un intervalo de descanso de 10 minutos. El orden de los dispositivos a utilizar será elegido mediante un sorteo aleatorio para no favorecer por orden de presentación a alguno de los dispositivos de acceso, y los dispositivos utilizados son aplicación móvil instalada en un Smartphone por participante, aplicación Web en PC de Escritorio con controles teclado ratón y aplicación Web instalada en PC de Escritorio con controles de consola tipo Xbox/Play Station.

Finalmente, la actividad que se presentará es una dinámica de organización de tareas o actividades, similar a lo que se realiza cotidianamente cuando se requiere atender varios trámites en distintos lugares y con un orden para lograr un objetivo. Un ejemplo de un videojuego con esta temática es MilkQuest, aunque la actividad para ser didáctica cambiará los objetivos y las actividades a realizar. Se ha elegido este tipo de actividad por requerir un número de instrucciones limitadas para el usuario y habilidades cognitivas como la organización en secuencia temporal de actividades, sin involucrar tareas secundarias para evitar la problemática mencionada por (Wizdka J. 2009) con la aproximación mediante el enfoque de la doble tarea.

## Resultados y Discusión

Para los resultados se realizará un análisis cualitativo de los datos arrojados por el instrumento NASA-TLX y una aproximación estadística, en vías de realizar un comparativo de manifestación de carga cognitiva contra un grupo control de niños en el mismo grupo etario, pero sin padecimientos de TDAH. El análisis estadístico se realizará comparando los resultados de la observación de las medias de tasa de error en la actividad entre ambos grupos utilizando la prueba de t de student por las limitaciones de la muestra (15 participantes por grupo).

No obstante que los resultados aún no están listos, por estar en proceso el experimento. Nos permitimos señalar las principales preguntas de investigación planteadas en este trabajo. La primera de ellas es: 1) Las interfaces táctiles, ¿son las interfaces de menor carga cognitiva con respecto a las demás disponibles?, de igual forma, queremos conocer si: 2) ¿existe alguna diferencia significativa de desempeño entre el grupo de estudio y el grupo control? y 3) validar el uso del instrumento NASA-TLX al comparar sus resultados con la media de la tasa de errores. Asumimos que, a mayor tasa de errores, tendremos puntuaciones que señalen frustración y esfuerzo cognitivo.

## Conclusiones

En este trabajo se pretende validar la hipótesis de que el uso de interfaces táctiles es el mecanismo de menor carga cognitiva para la manipulación de contenidos por niños con TDAH. Consideramos con base a la literatura revisada que es oportuno iniciar una rama de investigación en el área de IHC, para iniciar con descripción y caracterización de los usuarios con TDAH, apuntando a la creación de un conjunto de publicaciones que empujen la investigación en la adaptación de los contenidos didácticos al usuario, para de esa forma incidir en su preparación como individuos independientes y realizados. Por lo tanto, de validarse favorablemente la hipótesis consideramos que es muy oportuno analizar si el discurso gráfico, la organización de actividades de interacción, el tiempo de actividad y las metáforas utilizadas en las



actividades didácticas y de soporte a la atención de TDAH mediante software son los adecuados y en caso de no serlo, proponer métodos, procesos, buenas prácticas y propuestas para minimizar la carga cognitiva de los contenidos instruccionales en estas actividades. Este es el trabajo futuro que planeamos desarrollar mediante el proyecto de investigación de Carga Cognitiva en IHC en la División de Sistemas Computacionales de la Universidad de la Sierra.

## Referencias

1. Arteaga A. 2022. Industria de Videojuegos en México en 2020. The Competitive Intelligence Unit - Recuperado 15/04/2022. - <https://www.theciu.com/publicaciones-2/2021/3 /22/industria-de-videojuegos-en-mexico-en-2020>.
2. Bul, K. C. M., Doove, L. L., Franken, I. H. A., Oord, S. V., Kato, P. M., & Maras, A. 2018. A serious game for children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Who benefits the most? [Periodica]. PloS one, 13(3), e0193681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193681>
3. Burkes KM E. 2007. Applying Cognitive Load Theory to the Design of Online Learning. [PhD Disertación]. – University of North Texas. Denton.
4. Fisher J T. 2016. An examination of cognitive load and recall in ADHD and non-ADHD populations when viewing educational multimedia messages [Tesis]. Texas Tech University. Lubbock, Texas.
5. Husain F. 2020. Human - Investigating Current State-of-The-Art Applications of Supportive
6. Technologies for Individuals with ADHD [Informe en línea]. ArXiv Cornell University. - Publicado, 16 de 05 de 2020. Recuperado 04 de 04 de 2022. - <https://arxiv.org/abs/2005.09993>.
7. INEGI. 2020. Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2020 [En línea]. INEGI, 2021. Recuperado 15 de 04 de 2022. <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2020/>
8. INEGI. 2021. TIC'S en Hogares [En línea]. 04 de 04 de 2022. <https://www.inegi.org.mx/temas/ticshogares/default.html>.
9. Kirschner, P.A., Sweller, J., Kirschner, Zambrano J. 2018. From Cognitive Load Theory to Collaborative Cognitive Load Theory. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning (13), 213–23. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>
10. Muñoz A.J., Caridad H.Y., Bustos A.V. 2014. Temas de Diseño en Interacción Humano-Computadora. Ed. LATIn Project.
11. Paas, F., van Merriënboer, J. J. G. 2020. Cognitive-Load Theory: Methods to Manage Working Memory Load in the Learning of Complex Tasks. Current Directions in Psychological Science, 29(4), 394-398. <https://doi.org/10.1177/0963721420922183>
12. Rico-Olarte C. y otros. 2017. HapHop-Physio: a computer game to support cognitive therapies in children. Psychology Research and Behavior Management. Ilmenau, Alemania : Dove Press Journal - Vol. 10. - págs. 209-217.
13. Ruiz-Manrique Gonzalo, Tajima-Pozo Kazuhiro y Montañes-Rada Francisco. 2015. Case Report: "ADHD Trainer": the mobile application that enhances cognitive skills in ADHD patients Ed. Alcorcon Hospital Universitario. Alcorcon, España : F1000 Research, 2015. Vol. 3. pág. 283.
14. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). 2021. En México hay 84.1 millones de usuarios de Internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020. [Informe] Recuperado: 04 de 04 de 2022. <https://www.gob.mx/sct/prensa/en-mexico-hay-84-1-millones-de-usuarios-de-internet-y-88-2-millones-de-usuarios-de-telefonos-celulares-endutih-2020>.



15. Skulmowski A. y Xu K.M. 2021. Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: a New Perspective on Extraneous Cognitive Load. Karlsruhe, Alemania. Educational Psychology Review, No. 34. págs. 171-196.
16. Wizdka J. 2009. Assessing Cognitive Load on Web Search Tasks. New Brunswick, NJ, USA. The Ergonomics Open Journal (2). págs. 114-123.
17. Zheng, Y., Li, R., Li, S., Zhang, Y., Yang, S., & Ning, H. (2021). A Review on Serious Games for ADHD. ArXiv, abs/2105.02970.

**Cómo citar este artículo:** Ponce-Mendoza U., García-Gorrostieta M., Madrid-Monteverde D. (2022). Interfaces de Usuario en Aplicaciones de Apoyo Didácticas para Niños con TDAH. Hacia el Análisis de la Carga Cognitiva en IHC. INVURNUS, 17 (1) 1-7.



# Prevalencia de Somnolencia en Estudiantes Universitarios de Fisioterapia

## Prevalence of Somnolence in Physiotherapy College Students.

Zarza García Addy Leticia<sup>1</sup>, Cante Cuevas Xochilt Candelaria<sup>1</sup>, Javier Rivera Leidy Sofía<sup>1</sup>, Vásquez Gutiérrez Mauricia Guadalupe<sup>1</sup>, Kent Sulú Martha Patricia<sup>1\*</sup>

1 Facultad Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Carmen. Av. central s/n. Esq. Fracc. Mundo Maya. Ciudad del Carmen, Campeche, México, CP 24153.

Autor de correspondencia: Kent Sulú Martha Patricia; mkent@pampano.unacar.mx

### Resumen

La somnolencia es la interacción del total del “deseo de estar dormido” y de “estar despierto”, es una sensación subjetiva de sueño a una hora o en una situación inapropiada a diario, afecta el estado de ánimo, deteriora las relaciones interpersonales, el rendimiento laboral y académico. El estudio es cuantitativo, descriptivo y transversal, se determinó la prevalencia de somnolencia en estudiantes de la Universidad Autónoma de ciudad del Carmen, Campeche, mediante la escala de EPWORTH (ESE). Se compararon edad y género de las diferentes categorías (peso, talla, IMC, semestre, niveles de somnolencias) mediante el análisis de frecuencias y correlaciones simples, identificándose las diferencias, y análisis por ANCOVA para las calificaciones de los grupos en la ESE. Se aplicó la prueba Kolmogorov Smirnov para la normalidad de los datos. En los porcentajes de alteración del sueño, prevaleció la somnolencia normal (73.6%), siendo mujeres (74.4%). El exceso de peso tuvo una media y desviación estándar de  $15.60 \pm 2.60$  con somnolencia excesiva. Los resultados muestran que la somnolencia normal fue del 73.6% y la somnolencia marginal de 17.4% y somnolencia excesiva 9.1%. Es significativo diagnosticar y canalizar los casos de somnolencia, considerando el efecto adverso del déficit del sueño en los estudiantes.

**Palabras clave:** Somnolencia, escala de Epworth, estudiantes universitarios.

### Abstract

Somnolence is the interaction between the total “desire to be asleep” and “to be awake”. the subjective feeling of sleeping at one hour or in an inappropriate situation on daily time affects the state of mind, damages interpersonal relationships, labor and academic performance. In a quantitative, descriptive and transversal study (research), the prevalence of somnolence in students at the Autonomous University of Ciudad del Carmen, Campeche, was determined by using the EPWORTH scale (ESE). Age and gender of the different categories (weight, height, IMC, semester, somnolence levels) were compared by analyzing frequencies and simple correlations, identifying the differences, and ANCOVA analysis for the scores of the groups in the ESE. The Kolmogorov Smirnov test was applied for the normality of the data. the percentages in sleep disturbance prevailed normal somnolence (73.6%), being women (74.4%). excess weight had average and standard deviation of  $15.60 \pm 2.60$  with excessive sleepiness. the results indicate that normal somnolence was 73.6%, marginal somnolence 17.4% and excessive somnolence 9.1%. it is significant to diagnose and canalize cases of somnolence, considering the adverse effect of sleep deficit on students.

**Key words:** Somnolence, the Epworth scale, university students.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.76

Recibido 29/09/2022

Aceptado 10/12/2022

Publicado 31/12/2022

## Introducción

El sueño es una función biológica fundamental cuyo estado es fisiológico activo y rítmico que se alterna con el estado de vigilia (Vílchez y col., 2016) indispensable para la supervivencia de la persona, según Barrenechea y col. (2010). Algunas de las funciones del sueño, son: 1) restablecimiento o conservación de la energía, 2) eliminación de radicales libres acumulados durante el día, 3) regulación y restauración de la actividad eléctrica cortical, 4) regulación térmica, 5) regulación metabólica y endocrina, 6) homeostasis sináptica, 7) activación inmunológica, 8) consolidación de la memoria, entre otras (Lira y Custodio, 2018) Quevedo y Quevedo (2011) afirman que hay tres tipos de patrones de sueño: patrón de sueño corto (seis horas o menos), patrón de sueño largo (más de nueve) y patrón de sueño intermedio (entre seis y nueve). La insuficiencia de sueño total, al mantenerse despierto toda la noche estudiando, y la carencia del sueño parcial, son generados por desórdenes del sueño, condiciones médicas, uso de estimulantes como la cafeína y otros factores (Puerto y col., 2015).

Lira y Custodio (2018) mencionan que “El progresivo incremento de la exposición a la luz artificial por actividades de la vida moderna, el uso intensivo de dispositivos electrónicos, han favorecido a alterar el sueño de las personas y aumentar la prevalencia de los trastornos del sueño o enfermedades del sueño, que incluyen las dificultades para conciliar el sueño o para permanecer dormido, dormir en momentos inapropiados, dormir demasiado y conductas anormales durante el sueño”.

La ausencia de sueño induce a alteraciones conductuales y fisiológicas que son asociadas a una deuda crónica y un déficit de sueño acumulado (Carrillo y col., 2013) al desarrollo y funcionamiento normal de las capacidades cognitivas e intelectuales (Domínguez, Oliva y Rivera, 2007; Sierra y col., 2002) en estudiantes los problemas de sueño perjudican su capacidad de aprendizaje, reducen el rendimiento académico y aumentan la presencia de condiciones crónicas de salud (Batten, 2020; Suardiaz, 2020).

Algunos determinantes para el sueño son el ejercicio, nutrición (vitamina B, calcio y triptófano lo favorece) medio ambiente, ruido, temperatura, se consideran el exceso de alcohol, cafeína, nicotina y medicamentos como aquellos que la pueden alterar (Taltoa y col. 2014), sin embargo, existen otras connotaciones como los neuro anatómicos y fisiológicos relacionados con este complejo proceso (Ríos y col., 2019).

La somnolencia, o propensión del sueño, es el resultado de la interacción del total del “deseo de estar dormido”, y del total del “deseo de estar despierto”, siendo la somnolencia un desequilibrio o alteración en esa interacción (Mayor y col. 2010). Está determinada por la calidad del sueño, cantidad del sueño y el ritmo circadiano (Roehrs y col. 2005) El no dormir de forma adecuada conduce a una disminución del rendimiento escolar, alteraciones del humor, alteraciones del sistema inmune, endocrino y de la función metabólica con obesidad. En los adolescentes, además, se observa un aumento del uso de alcohol y estimulantes como cafeína, nicotina e incremento de las conductas arriesgadas, de los accidentes y lesiones (Hidalgo y Merino, 2010). Los estudiantes que no pueden concentrarse en las actividades diarias debido a la somnolencia pueden tener una mayor percepción de sobrecarga de actividades, en consecuencia, un aumento del agotamiento (Vidotti 2021). disminuye la capacidad de concentración, de aprendizaje y de la memoria (Huamanía -De Castro., 2014).

La excesiva somnolencia diurna (ESD) puede definirse como la sensación subjetiva de sueño a una hora o en una situación inapropiada que ocurre a diario durante al menos tres meses (Erro y Zadnio 2007) Elmer y col. (2006) menciona que genera cambios en el estado de ánimo, deterioro de las relaciones



interpersonales, así como del rendimiento laboral y académico, puede ser el síntoma inicial de múltiples condiciones médicas, incluyendo narcolepsia, depresión, apnea del sueño, síndrome de piernas inquietas, cambios en los hábitos del sueño, uso de drogas y disrupción del ciclo circadiano. Según su severidad, puede ser clasificada como: leve, cuando no hay episodios de sueño involuntario la persona bosteza con frecuencia y presenta alteraciones en la atención y la concentración; moderada, cuando la persona se duerme contra su voluntad al realizar actividades sedentarias y severa, cuando se presenta el sueño en forma involuntaria aún durante la actividad física (Chica y col., 2004; Escobar y col., 2008).

Rosales y De castro (2010) en su artículo sobre somnolencia refieren que Murray Johns (1998) conceptualiza la somnolencia en cuatro procesos donde los estados del sueño y de vigilia son determinados por la interacción entre, deseo de estar dormido y deseo de estar despierto. Cada uno de estos tiene un componente primario y secundario. El deseo primario se deriva de la actividad intrínseca de las neuronas en el sistema nervioso central siendo influenciados por los ritmos circadianos y ultradianos. El deseo secundario explica el efecto de los factores homeostáticos, ambientales como postura, luz, etc. y de comportamiento.

## Materiales y métodos

Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo y transversal, a estudiantes de la licenciatura en fisioterapia de la Universidad Autónoma del Carmen en Ciudad del Carmen, Campeche en el ciclo agosto diciembre 2020, La muestra fue no probabilística del total de alumnos 207 inscritos en el período del 2020 obteniendo una participación voluntaria de 121 estudiantes de los semestres primer, tercer y séptimo semestre, se excluyó todos los que no concluyeron el cuestionario en tiempo y forma.

Para conocer la prevalencia de somnolencia en universitarios se empleó la escala de Epworth (ESE) que fue desarrollada por John para diferenciar personas con somnolencia diurna de personas sanas, al medir la propensión a quedarse dormidos en ciertas circunstancias, esta es auto aplicable, se pide a los sujetos que califiquen en un escala de 0-3 qué tan probable sería que se quedaran dormidos o conciliar el sueño en las ocho situaciones que involucran actividades cotidianas (sentado y leyendo; mirando televisión; sentado, sin actividad, en un lugar público; sentado, durante una hora, como pasajero en un automóvil; acostado por la tarde para descansar; sentado y hablando con otra persona; sentado quieto después del almuerzo sin beber alcohol; sentado en un automóvil estacionado en el tráfico durante unos minutos) (Vidotti 2021). en función de su habitual modo de vida en los últimos tiempos (John, 1991) La suma de las calificaciones en cada reactivo proporciona la calificación total, con un rango de 0-24. Una puntuación total menor de 10 es considerada normal, 10-12 como indicativa de somnolencia marginal y por arriba de 12 sugestiva de somnolencia excesiva (John, 1998), posee una consistencia interna aceptable, con coeficientes de 0.73 en sujetos control y 0.88 en pacientes con trastornos del dormir, así como una elevada confiabilidad prueba-reprueba ( $\rho = 0.81$ ) (John, 2004). En un estudio realizado por Sandoval y col (2013) a población mexicana se obtuvo el coeficiente de confiabilidad de la ESE de 0.89. Con el correr de los años la ESE ha demostrado ser un instrumento sólido para valorar somnolencia en la población adulta (Aramendi, y col., 2017).

La encuesta se llevó a cabo online mediante la plataforma Microsoft TEAMS en el ciclo agosto-diciembre 2020 debido al confinamiento por Covid-19, realizándola en formato Google Formularios para su distribución con el apoyo de los docentes de tiempo completo de la licenciatura en fisioterapia de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNACAR se da a conocer a todos los estudiantes inscritos de dicha licenciatura el objetivo de la investigación que es determinar la prevalencia de somnolencia en estudiantes universitarios mediante la escala de EPWORTH, para la recolección de datos se solicita mediante el consentimiento



informado su participación para mantener el respeto a su dignidad y que su participación sea voluntaria, tomando en consideración los principios éticos.

En la tabla 1 se muestra las características de la población en estudio, donde se consideró los estudiantes de la licenciatura en fisioterapia de la Universidad Autónoma del Carmen, valorando la edad, peso, talla, índice de masa corporal (IMC), semestre y niveles de somnolencia.

**Tabla 1.** Descripción general de la población

	Total	Hombres	Mujeres
n (%)	121 (100)	31 (25.6)	90 (74.4)
Edad (años)	20 (19, 22)	20.90 ± 2.92	20 (19, 22)
Peso (kg)	67.08 ± 14.53	76.45 ± 15.76	63.82 ± 12.62
Talla (m)	1.61 ± 0.09	1.72 ± 0.06	1.57 ± 0.06
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25.60 ± 4.57	25.56 ± 4.61	25.62 ± 4.59
Peso normal, n (%) <sup>A</sup>	62 (51.2)	13 (41.9)	49 (54.4)
Exceso de peso, n (%) <sup>B</sup>	59 (48.8)	18 (58.1)	41 (45.6)
Frecuencias de nivel semestral			
Semestres iniciales <sup>C</sup> , n (%)	85 (70.2)	25 (80.6)	60 (66.7)
Semestres avanzados <sup>D</sup> , n (%)	36 (29.8)	6 (19.4)	30 (33.3)
Puntaje Epworth			
General	7.16 ± 4.10	6.96 ± 3.94	7.23 ± 4.18
Peso normal <sup>A</sup>	7.26 ± 4.11	7.53 ± 2.98	7.18 ± 4.39
Exceso de peso <sup>B</sup>	7.05 ± 4.16	6.55 ± 4.53	7.26 ± 4.01
Semestres iniciales <sup>C</sup>	7.16 ± 4.10	6.8 ± 4.08	7.31 ± 4.13
Semestres avanzados <sup>D</sup>	7.16 ± 4.17	7.66 ± 3.55	7.06 ± 4.33
Frecuencias de alteraciones			
Somolencia normal, n (%)	89 (73.6)	22 (71)	67 (74.4)
Somnolencia marginal, n (%)	21 (17.4)	6 (19.4)	15 (16.7)
Somnolencia excesiva, n (%)	11 (9.1)	3 (9.7)	8 (8.9)

Prueba Kolmogorov-Smirnov para la normalidad de los datos. Para los datos que siguen distribución normal, los valores se presentan como media ± desviación estándar. Las medianas (cuartiles 25 y 75) se presentan para los datos que no siguen una distribución normal. Las variables categóricas se presentan como porcentajes. A B Índice de Masa Corporal <24.9. Índice de Masa Corporal >25. C D.

**Análisis Estadístico:** Se compararon edad y género de las diferentes categorías mediante Análisis de frecuencias, correlaciones simples, Identificándose las diferencias, y Análisis de correlaciones por ANCOVA para las calificaciones de los grupos en la ESE. Se aplicó la prueba Kolmogorov Smirnov para la normalidad de los datos. Para los datos que siguen se determinó como distribución normal.

## Resultados y Discusión

En la Tabla No. 1 se muestran los resultados obtenidos en esta investigación, el total de la población estuvo conformada por 207 participantes, no finalizaron las encuestas 26 estudiantes por lo que se eliminaron, no



contestaron 60 estudiantes, quedando la población total del estudio en 121 estudiantes. De los cuales el 25.6 % fueron hombres, y el 74.4% mujeres. La edad media fue de 20 años, con un rango entre 19 y 22 años, con un peso medio y desviación estándar de  $67.08 \pm 14.53$ . El índice de masa corporal total de la población en estudio, mostro una media de 25.60 ( $25.60 \pm 4.57$ ) respectivamente, en hombres fue de  $25.56 \pm 4.61$ , y en mujeres  $25.62 \pm 4.59$ . El exceso de peso del total de la población en estudio fue del 48.8%, conformado por estudiantes de semestres iniciales, con un total 85 (70.2%), en el caso de los semestres avanzados se observó un total de 36 estudiantes (29.8%). La somnolencia marginal se mostró en mayor porcentaje en hombres (19.4%) y menor proporción (16.7%) en mujeres. La somnolencia excesiva fue del 9.7% observados en hombres y el 8.9% son mujeres.

En la tabla 2, se observa que la comparación entre la categoría de alteraciones de sueño por género se encontró que la media y desviación del  $14.66 \pm 1.15$  son hombres, y el  $16.37 \pm 2.19$  son mujeres las que manifestaron soñolencia excesiva. En el caso de la somnolencia marginal, se observa que los hombres mostraron valor de medias y desviaciones estándar menores ( $10.50 \pm 0.83$ ), y en el caso de las mujeres, los valores fueron mayores ( $11.06 \pm 0.79$ ).

**Tabla 2.** Comparación entre las categorías de alteraciones de sueño por género

	<b>Total</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>p</b>
Somnolencia normal	$5.20 \pm 2.36$	$4.95 \pm 2.38$	$5.28 \pm 2.36$	0.573
Somnolencia marginal	$10.90 \pm 0.83$	$10.50 \pm 0.83$	$11.06 \pm 0.79$	0.163
Somnolencia excesiva	$15.90 \pm 2.07$	$14.66 \pm 1.15$	$16.37 \pm 2.19$	0.242

Prueba Kolmogorov-Smirnov para la normalidad de los datos. Los valores se presentan como media  $\pm$  desviación estándar. Prueba T-student para muestras independientes. Valor de P comparando hombres vs mujeres.

En la tabla 3, Comparación entre las categorías de alteración de sueño por IMC, se obtuvo la media y desviación estándar de  $16.16 \pm 1.72$  de peso normal y  $15.60 \pm 2.60$ , el exceso de peso se encuentra relacionada con la somnolencia excesiva. Para la media y desviación estándar de  $10.70 \pm 0.67$  en peso normal y  $11.09 \pm 0.94$  en exceso de peso tienen somnolencia marginal.

**Tabla 3.** Comparación entre las categorías de alteraciones de sueño por IMC

	<b>Total</b>	<b>Peso normal<sup>A</sup></b>	<b>Exceso de peso<sup>B</sup></b>	<b>p</b>
Somnolencia normal	$5.20 \pm 2.36$	$5.36 \pm 2.31$	$5.02 \pm 2.42$	0.492
Somnolencia marginal	$10.90 \pm 0.83$	$10.70 \pm 0.67$	$11.09 \pm 0.94$	0.293
Somnolencia excesiva	$15.90 \pm 2.07$	$16.16 \pm 1.72$	$15.60 \pm 2.60$	0.675

Prueba Kolmogorov-Smirnov para la normalidad de los datos. Los valores se presentan como media  $\pm$  desviación estándar. Prueba T-student para muestras independientes. Valor de P comparando peso normal vs exceso de peso. <sup>A</sup> Índice de Masa Corporal  $<24.9$ . <sup>B</sup> Índice de Masa Corporal  $>25$ .



Estos resultados se obtuvieron a través de la Prueba Kolmogorov-Smirnov para la normalidad de los datos. Los valores se presentan como media  $\pm$  desviación estándar. Prueba T-student para muestras independientes. Valor de p comparando peso normal vs exceso de peso. A Índice de Masa Corporal  $<24.9$ . B Índice de Masa Corporal  $>25$ .

En la tabla 4, utilizando la chi cuadrada con corrección de Yates, se obtuvieron las diferencias significativas para la Comparación considerando la presencia de alteración de sueño (marginal + excesiva) por nivel de semestre por nivel de semestre; se observa que el 71.8% de estudiantes en semestres iniciales están sin alteración del sueño y el 28.2% esta con alteración de sueño. Para los semestres avanzados el 77.8% no manifestaron alteración del sueño y el 22.2% tuvieron alteración del sueño.

**Tabla 4.** Comparación considerando la presencia de alteración de sueño (marginal + excesiva) por nivel de semestre.

	Sin alteración de sueño	Con alteración de sueño	p
Total, n (%)	89 (73.6)	32 (26.4)	< 0.001
Semestres iniciales, n (%) <sup>A</sup>	61 (71.8)	24 (28.2)	< 0.001
Semestres avanzados, n (%) <sup>B</sup>	28 (77.8)	8 (22.2)	< 0.001

Prueba Chi cuadrada con corrección de Yates. Las variables categóricas se presentan como porcentajes. Valor de P comparando sin alteración de sueño (somnolencia normal) vs con alteración de sueño (somnolencia marginal + somnolencia excesiva. <sup>A</sup> Se consideran semestres 1 al 5. <sup>B</sup> Se consideran semestres 6 al 11.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la somnolencia normal obtuvo un valor del 73.6% del total de la población de estudio, la somnolencia marginal fue de 17.4% y somnolencia excesiva 9.1%, estos resultados son mayores que los reportados en otro estudio similar (Puerto y col., 2015), los valores obtenidos fueron del 46.2% en los niveles bajos de somnolencia y 14% niveles altos.

La somnolencia diurna excesiva relacionada con años académicos de los estudiantes de tercer semestre, duermen menos de 6 horas o menos con un 72% (Barrenechea y col., 2010), en este estudio se pudo observar que en los semestres iniciales un 28.2% manifestaron alteración del sueño y en los semestres avanzado 22.2% con alteración del sueño.

Otra de las variables considerada en el presente estudio puso de manifiesto que un alto porcentaje de la población de estudio se encuentra en sobrepeso (48.88%), de los cuales el 45.6% son mujeres, de acuerdo a esto, en una revisión realizado por de León (2018), afirma que el ciclo circadiano se encuentra regulado por una serie de eventos fisiológico y de conducta, con una regularidad repetida cerca de 24 horas, forjado por un marcapasos biológico endógeno, el cual, controla una complejidad de procesos biológicos como el ciclo sueño-vigilia, temperatura corporal, alimentación, secreción hormonal y regulación del ciclo celular, en una investigación realizada (Cobos y col., 2022) se muestra la relación que existe entre la calidad del sueño y el riesgo en el desarrollo de la obesidad.

La calidad y cantidad del sueño en estudiantes universitarios determina en gran medida la producción académica durante su desempeño escolar (Surdiaz y col., 2020), existen evidencias científicas que ponen de



manifiesto la calidad del sueño y mal desempeño escolar, sin embargo, también existen controversias referentes a la nula o poca influencia del desempeño escolar y la calidad del sueño, aunque estos estudios son reducidos los estudios que concluyen que la calidad del sueño no influye en el rendimiento escolar (Surdiaz y col., 2020).

En este estudio se muestra que la somnolencia marginal fue mayor el porcentaje en hombres (19.4%) y menor proporción (16.7%) en mujeres. La somnolencia excesiva fue del 9.7% observados en hombres y el 8.9% son mujeres, al respecto, estos datos coinciden con un estudio reportado por Tlatoa (2015), donde concluye que el sexo de género está relacionado con el riesgo de padecer insomnio, siendo el sexo masculino el que mostró un mayor riesgo de padecer insomnio excesivo diurno, sin embargo, en otro estudio (Portilla y col., 2017) reporta en sus resultados que los estudiantes hombres tienen menores problemas en calidad del sueño que las mujeres, sin embargo en la somnolencia diurna excesiva no se encontraron diferencias significativas en ambos sexos de género, los resultados observados y reportados puede tener explicación de acuerdo a un estudio que revela “que un subconjunto de neuronas del reloj dorsal (DNI) son potentes células promotoras del sueño que liberan glutamato para inhibir a las neuronas claves del marcapaso”, es decir, las neuronas DNI son más activas en el hombre que en la mujer (de León Arcila, R., 2018).

Por otra parte, el sobrepeso y la obesidad es la consecuencia de un desequilibrio energético entre las calorías consumidas y utilizadas, en la actualidad se observa entre la población en general un incremento del consumo de alimentos hipercalóricos, con alto contenido de azúcares refinados, grasas, sales, y bajo o nulo contenido de micronutrientes como las vitaminas y minerales, aunado con una baja actividad física, sobre todo, considerando el estilo de vida actual con el uso de la tecnología para el cumplimiento de las tareas cotidianas del trabajo o el estudio, así como el uso particular de transporte para el traslado hacia los centros de laborales o académico, estos constituyen factores de riesgo asociados al desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas (Barrera y col., 2013).

El ciclo circadiano es un proceso funcional y de comportamiento que sucede en un lapso de tiempo, alrededor de 24 horas, generado por un marcapaso biológico endógeno que controla procesos como el sueño-vigilia, secreción hormonal, temperatura corporal, alimentación y regulación del ciclo celular (Zee y col., 2013), las perturbaciones del ciclo circadiano se producen cuando existe una desincronización entre el medio ambiente externo, las señales y los procesos fisiológicos internos, es decir, se pierde, produciendo efectos tales como el retraso o adelanto de la fase del sueño, irregularidades en el ciclo sueño-vigilia, turnos nocturnos o cambios de turnos (Laermans, 2016).

## Conclusiones

La escala de somnolencia Epworth es una herramienta sencilla, accesible y útil para aplicar en poblaciones, esta fue difícil de aplicar de manera presencial debido a la medida sanitaria establecida en México como una restricción por pandemia Covid 19 por lo que se llevó a cabo desde ese escenario (virtual) se esperaba que existieran casos de somnolencia excesiva en semestres avanzados e iniciales por la disminución de la movilidad al estar en casa.

Los porcentajes de alteración del sueño en los participantes, prevaleció la somnolencia normal con 73.6% de estos se pudo observar que el 74.4% son mujeres. El exceso de peso estuvo tuvo una media y desviación estándar de  $15.60 \pm 2.60$  con somnolencia excesiva.



En la población estudiada no se observaron variaciones significativas o alteraciones del sueño por la transición del cambio de las clases en línea a presencial, ocasionado por la pandemia Covid-19.

Es importante referir la necesidad de identificar, diagnosticar y canalizar para su atención. los casos de somnolencia, considerando el efecto adverso del déficit del sueño que puede aquejar a este grupo de estudiantes, con el riesgo elevado para el desarrollo de algunas comorbilidades, como la hipertensión, así también, afectando negativamente su estado de alerta, memoria cognitiva, lenguaje y en general su desempeño profesional.

## Referencias

1. Aramendi, M., Patrucco, M., Novello, L. 2017. Escala de Epworth y Cuestionario STOP BANG como predictores del síndrome de apneas hipopneas obstructivas del sueño. *Revista FASO*, 24(1). <http://faso.org.ar/revistas/2017/1/11.pdf>.
2. Barrenechea, M. B., Gómez, C., Peña, A.J., Pregúntegui, I., Aguirre, M. y Rey de Castro, J. 2010. Calidad de sueño y excesiva somnolencia diurna en estudiantes del tercer y cuarto año de Medicina. *Revista Ciencia e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana*, 15(2): 54-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=71721155002>
3. Barrera, A., Rodríguez, A., Molina, M.A. 2013. Escenario actual de la obesidad en México. *Revista del Instituto Mexicano del seguro social*, 51(3): 292-99. <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2013/im133k.pdf>
4. Batten R, Liddiard K, Raynor AJ, Brown C, Stanley M. 2020 Cross-sectional survey of sleep practices of Australian university students. *Dovepress*. 12. 39-48. doi: <http://doi.org/10.2147/nss.s221472>
5. Borquez, P. 2011 Calidad de sueño, somnolencia diurna y salud autopercebida en estudiantes universitarios. *Eureka*, 8(1): 80-91. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/eureka/v8n1/a09.pdf>
6. Carrillo P., Ramírez J., Magaña, K. 2013. Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. *Revista facultad de medicina*, 56 (4): 5-15 <https://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v56n4/v56n4a2.pdf>
7. Chica, H.L., Escobar, F., Echeverry, J. 2004. Evaluación clínica del hipersomnio. *Revista Colombiana de psiquiatría*, 33, p. 45-63. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v33n1/v33n1a04.pdf>
8. Cobos, K. P, Peña, S. J., Ochoa, A. C., Ordoñez, J. S. 2022. Prevalencia de sobrepeso/obesidad y su relación con la calidad de sueño en profesionales de la salud del Hospital José Carrasco Arteaga. *FACSalud UNEMI*, 6 (10). DOI:<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol6iss10.2022>. 45-50p
9. De la portilla, S., Dussán, C., Montoya, D., Montoya, D. M. 2017. Caracterización de la calidad del sueño y de la somnolencia diurna excesiva en una muestra estudiantes del programa de medicina de la universidad de Manizales (Colombia). *Archivos de Medicina (Manizales)*, 17(2): 225 -233. DOI:<https://doi.org/10.30554/archmed.17.2.2036.2017>
10. De León, R. 2018. Sueño, ciclos circadianos y obesidad. *Archivos en medicina familiar*,20(3): p.139-143. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medfam/amf-2018/amf183f.pdf>
11. Domínguez, S., Oliva, M., Rivera, N. 2007. Prevalencia de deterioro del patrón del sueño en estudiantes de enfermería en Huelva. *Universidad de Murcia*, 6(2): 1-10. <https://revistas.um.es/eglobal/article/view/346/318>
12. Erro, M. y Zandio, B. 2007. Las hipersomnias: diagnóstico, clasificación y tratamiento. *Anales del sistema sanitario Navarra*, 30(1): 113-120. <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v30s1/10.pdf>
13. Escobar, F., Cortés, M.F., Canal, J.S., Colmenares, L.A., Becerra, H.A., Caro, C. C. 2008 Somnolencia diurna excesiva en estudiantes de tercer semestre de medicina de la Universidad Nacional de Colombia. *Revista facultad de medicina*, 56 (3): 235-244.
14. González, J.C, Niños, L.L., Pachón, J.L., Perea, C.J. 2018. Determinación de los comportamientos de sueño en una muestra por conciencia de estudiantes de medicina. *Carta comunitaria*, 26(146). [https://www.researchgate.net/publication/322691082\\_Determinacion\\_de\\_los\\_comportamientos\\_de\\_sueno\\_en\\_una\\_muestra\\_por\\_conciencia\\_de\\_estudiantes\\_de\\_Medicina](https://www.researchgate.net/publication/322691082_Determinacion_de_los_comportamientos_de_sueno_en_una_muestra_por_conciencia_de_estudiantes_de_Medicina)



15. Johns, M.W. 1991 A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 14(6): 540-545
16. Johns, M.W. 1993. Daytime sleepiness, snoring, and obstructive sleep apnea. The Epworth Sleepiness Scale. *Chest*, 103(1): 30-6. doi: 10.1378/chest.103.1.30. PMID: 8417909.
17. Johns, M.W. 1994. Sleepiness in different situations measured by the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 17(8):703-10. doi: 10.1093/sleep/17.8.703. PMID: 7701181.
18. Johns, M.W. 1998. Rethinking the assessment of sleepiness. *Sleep Med rev.* 2(1). 3-15. doi: 10.1016/s1087-0792(98)90050-8. PMID: 15310509.
19. Laermans, J., Depoortere, I. 2016. Chronobesity: role of the circadian system in the obesity epidemic. *Obes Rev.*, 17(2): 108-25. DOI:10.1111/obr.12351
20. Lira, D., Custodio, N. 2018. Los trastornos del sueño y su compleja relación con las funciones cognitivas. *Revista neuropsiquiatría*, 81(1). <http://www.scielo.org.pe/pdf/rnp/v81n1/a04v81n1.pdf>
21. López, E., Olmos, A., Vargas, S., Ramírez, J., López, M., Corona, T. y Volkers, G. 2006. Somnolencia excesiva diurna en la ciudad de México. *Gaceta medico México*, 142(3). <https://www.scielo.org.mx/pdf/gmm/v142n3/v142n3a4.pdf>
22. Merino, M., Hidalgo, M. 2010. Hipersomnia. Somnolencia diurna excesiva y alteraciones del ritmo circadiano en pediatría. *Pediatría Integral*, 14(9): 720-734. [https://adolescenciasema.org/usuario/documentos/8\\_Tr\\_suenyo\\_adolescencia.pdf](https://adolescenciasema.org/usuario/documentos/8_Tr_suenyo_adolescencia.pdf)
23. Puerto, M., Rivero, D., Sansores, L., Gamboa, L., Sarabia, L. 2015. Somnolencia, hábitos de sueño y uso de redes sociales en estudiantes universitarios. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 20(2): 189- 195
24. Ríos, J.A., López, C.R., Escudero, C. 2019. Cronobiología del sueño y su influencia en la función cerebral. *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*, 13(1): 12-33. DOI: 10.7714/CNPS/13.1.201 12
25. Roehrs, T.; Carskadon M.; Roth T. 2005. Daytime Sleepiness and alertness. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC, eds. *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Saunders, 4 (1): 39-49
26. Rosales, E y De Castro, J. 2010. Somnolencia: Qué es, qué la causa y cómo se mide. *Acta medica peruana*, 27(2): 137- 143
27. Sandoval, M., Alcalá, R., Herrera, I., Jiménez A. 2013. Validación de la escala de somnolencia de Epworth en población mexicana. *Gaceta medica de México*, 149: 409-16 [https://www.anmm.org.mx/GMM/2013/n4/GMM\\_149\\_2013\\_4\\_409-416.pdf](https://www.anmm.org.mx/GMM/2013/n4/GMM_149_2013_4_409-416.pdf)
28. Suardiaz, M., Morante, M., Ortega, M., Ruiz, M., Martín, P., Vela, A. 2020. Sueño y rendimiento académico en estudiantes universitarios: revisión sistemática. *Revista Neurología*, 71(2): 43-53. DOI: <https://doi.org/10.33588/rn.7102.2020015>
29. Tlatoa, H.M., Ocaña, H.L. Márquez, M.L., Bermeo, J. y Gallo, A.F. 2015. El género, un factor determinante en el riesgo de somnolencia. *Medicina e investigación*, 17-21. DOI: 10.1016/j.mei.2014.06.003
30. Vilchez, J., Quiñonez, D., Failoc, V., Acevedo, T., Larico, G., Mucching, S., Torres, J.S., Aquino, P., Córdova, J., Huerta, A., Espinoza, J.J., Palacios, L.A., y Díaz, C. 2016. Salud mental y calidad de sueño en estudiantes de ocho facultades de medicina humana del Perú. *Revista Chilena de Neuropsiquiatría*, 54(4): 272-281. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnp/v54n4/art02.pdf>
31. Zee, P., Attarian, H., Videnovic, A. 2013. Circadian Rhythm Abnormalities. *Continuum (Minneap Minn)*, 19(1): 132–147. doi: 10.1212/01.CON.0000427209.21177.aa



## ***Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*: dos Bacterias Multidrogorresistentes que Podemos Compartir con Nuestras Mascotas**

### ***Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*: two Multidrug-resistant Bacteria That we can Share With our Pets**

Flores-Morales Cristian<sup>1</sup>, Rocha-Gracia Rosa del Carmen<sup>2</sup>, Barrios-Villa Edwin<sup>3</sup>, Lozano-Zarain Patricia<sup>2</sup>, Cortés-Cortés Gerardo<sup>2,4\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, C.P. 72570 H. Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

<sup>2</sup>Posgrado en Microbiología, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, C.P. 72570 H. Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y Agropecuarias, Unidad Regional Norte, campus Caborca, Universidad de Sonora, Col. Eleazar Ortiz C.P. 83621 H. Caborca, Sonora, México.

<sup>4</sup>Department of Microbiology and Environmental Toxicology, University of California at Santa Cruz, Santa Cruz, CA, 95064, USA.

Autor para la correspondencia: Gerardo Cortés Cortés; gccortes@csc.edu

#### **Resumen**

Existen bacterias que se adaptan a diferentes ambientes y hospederos, incluyendo humanos y animales, con los que pueden establecer una relación simbiótica; sin embargo, en condiciones especiales, pueden comportarse como patógenos oportunistas, provocando infecciones que se consideran zoonóticas. Objetivo: Revisar reportes actuales que ponen en evidencia la presencia de las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* resistentes a antibióticos en animales de compañía y humanos. Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda de literatura en bases de datos de libre acceso y repositorios electrónicos con un periodo de publicación de 2015 a 2022. Resultados: Se describen las características de *S. aureus* y *E. coli* que han sido aisladas de mascotas y humanos alrededor del mundo, así como la prevalencia y tasas de resistencia a diferentes grupos de antibióticos. Conclusiones: Los reportes analizados en esta revisión sugieren que el contacto estrecho entre humanos y animales puede favorecer la transmisión bidireccional de bacterias resistentes a los antimicrobianos; por lo que es necesario evaluar medidas desde el punto de vista "Una Salud" para propiciar una sana convivencia basada en la responsabilidad de los dueños, a fin de procurar el bienestar común de los humanos y sus mascotas.

**Palabras clave:** *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, Antibacterianos, Mascotas.

#### **Abstract**

There are bacteria adapted to different environments and hosts, including humans and animals, establishing a symbiotic relationship; however, under special conditions, they can behave as opportunistic pathogens, causing infections that are considered zoonotic. Objective: To review current reports that describe the presence of antibiotic-resistant bacteria *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* isolated from companion animals and humans. Materials and methods: We conducted a literature search in free access databases and electronic repositories with a publication period from 2015 to 2022. Results: We described the characteristics of *S. aureus* and *E. coli* that have been isolated from pets and humans around the world, as well as the prevalence and rates of resistance to different groups of antibiotics. Conclusions: The reports analyzed in this review suggest that close contact between humans and animals can favor bidirectional transmission of antimicrobial-resistant bacteria; Therefore, it is necessary to evaluate measures from the "One Health" point of view to promote a healthy coexistence with animals based on the responsibility of the owners, to ensure the common welfare of humans and their pets.

**Key words:** *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, Anti-bacterial agents, Pets.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.98

Recibido 25/02/2022

Aceptado 22/04/2022

Publicado 31/12/2022

## Introducción

Los antibióticos son medicamentos utilizados para prevenir y tratar las infecciones bacterianas en la clínica humana y animal. La resistencia a los antimicrobianos ocurre naturalmente con el tiempo, generalmente a través de cambios genéticos. Sin embargo, el mal uso y el uso excesivo de antimicrobianos está acelerando este proceso. En muchos lugares, los antibióticos se usan en exceso y mal en personas y animales y a menudo se administran sin supervisión profesional. Los ejemplos de mal uso incluyen cuando son tomados por personas con infecciones virales como resfriados y gripe, y cuando se administran como promotores del crecimiento en animales o se usan para prevenir enfermedades en animales sanos.

Son las bacterias, y no los seres humanos ni los animales, las que se vuelven resistentes a los antibióticos. Estas bacterias resistentes pueden causar infecciones en el ser humano y en los animales y esas infecciones son más difíciles de tratar que las causadas por bacterias no resistentes, haciendo que se incrementen los costos médicos, que se prolonguen las estancias hospitalarias y que aumente la mortalidad. Hasta hoy siguen surgiendo y extendiéndose nuevos mecanismos de resistencia en todo el mundo, haciendo que algunas bacterias muestren resistencia a diversos antibióticos volviéndose multidrogorresistentes, amenazando nuestra capacidad para tratar enfermedades infecciosas comunes, lo que resulta en enfermedades prolongadas, discapacidad y muerte.

Sin antimicrobianos efectivos para la prevención y el tratamiento de infecciones, los procedimientos médicos como el trasplante de órganos, la quimioterapia contra el cáncer, el control de la diabetes y las cirugías mayores (por ejemplo, cesáreas o reemplazos de cadera) se convierten en un riesgo muy alto. La resistencia impacta en el tratamiento de las infecciones adquiridas en la comunidad; como ejemplo, las infecciones provocadas por *Escherichia coli* o *Staphylococcus aureus* pueden no responder a los antibióticos empleados de rutina y requieren la utilización de tratamientos más complejos y de mayor costo. Los patógenos multirresistentes son responsables de un aumento en el número de personas que se infectan (morbilidad) así como el número de personas que mueren por dicha infección (mortalidad), y ocasionan gran aumento en los costos de salud por la prescripción de medicamentos más caros y la prolongada estancia hospitalaria. Estas infecciones hospitalarias afectan a los pacientes más frágiles, en las unidades de cuidados intensivos, oncología y neonatología, donde suelen ocasionar una alta mortalidad.

Los microbios resistentes a los antimicrobianos se encuentran en personas, animales, alimentos y el medio ambiente (en el agua, el suelo y el aire). Se pueden propagar entre personas y animales, incluso a partir de alimentos de origen animal, de persona a persona y de persona a animal y viceversa. El control deficiente de la infección, las condiciones sanitarias inadecuadas y la manipulación inadecuada de los alimentos, fomentan la propagación de la resistencia a los antimicrobianos.

### Trabajo conjunto: “Una Salud”

El uso inadecuado y excesivo de antimicrobianos no se da sólo en la salud humana, sino también en animales y vegetales. Por eso, se recomienda implementar el enfoque de “Una salud”, que considera la interrelación entre las personas, los animales, las plantas y el medio ambiente.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) ofrece apoyo técnico y liderazgo a los Estados Miembros para combatir la resistencia antimicrobiana e implementar planes de acción nacionales contra la resistencia a los antimicrobianos de acuerdo con el enfoque “Una salud”. Además, promueve el intercambio



de experiencias y aboga por la adopción de las mejores prácticas y la realización de acciones colaborativas entre países.

Los máximos responsables como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han integrado un nuevo Grupo “Una Salud” de Dirigentes Mundiales sobre la Resistencia a los Antimicrobianos. La OMS ha declarado que la resistencia a los antimicrobianos es una de las 10 principales amenazas de salud pública a las que se enfrenta la humanidad. Las acciones principales para contribuir a la contención de la resistencia a los antimicrobianos son la prescripción adecuada, la educación comunitaria, la vigilancia de la resistencia y de las infecciones asociadas a la atención en salud, y el cumplimiento de la legislación sobre uso y dispensación de antimicrobianos (OMS, 2020).

### **Las mascotas como reservorios**

Existen bacterias que se adaptan muy bien a los diferentes nichos dentro de hospederos humanos y animales, estableciendo una relación simbiótica con su hospedero; sin embargo, en condiciones especiales, pueden comportarse como patógenos oportunistas, provocando infecciones que se consideran zoonóticas. Estas bacterias pueden poseer genes determinantes de la resistencia antimicrobiana, los cuales pueden transferirse entre la población bacteriana por medio de elementos genéticos móviles, como los plásmidos, los cuales pueden acarrear información genética para resistencia hacia múltiples familias de antibióticos, lo cual tiene mucha importancia en la transferencia de esta información entre el ambiente humano y veterinario. Existen evidencias que describen el papel de los animales que conviven cercanamente con el humano, especialmente las mascotas, como reservorios de estas bacterias multidrogresistentes; esto representa un problema de salud pública debido al potencial riesgo de adquirir infecciones por bacterias multidrogresistentes (Cortés y col. 2016). Esta revisión de la literatura analiza reportes recientes sobre la prevalencia de las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* resistentes a antibióticos aisladas de mascotas y humanos, sugiriendo la transmisión de estas bacterias multidrogresistentes entre estos dos hospederos.

### **Materiales y métodos**

Se llevó a cabo una búsqueda de literatura para identificar reportes científicos recientes que reporten la presencia de *S. aureus* y *E. coli* en humanos y animales de compañía. La búsqueda se realizó en la base de datos PubMed y Google Académico. Se recuperaron un total de 39 fuentes bibliográficas. La selección de los mismos se realizó con base a los siguientes criterios: 1) que abordaran datos sobre las tasas de resistencia a antibióticos en *S. aureus* y *E. coli* de humanos y animales, 2) que describieran los determinantes genéticos de resistencia y 3) que describieran la transferencia de *S. aureus* y *E. coli* en humanos y mascotas.

### **Resultados y Discusión**

#### **Bacteria *S. aureus***

Este microorganismo es nombrado por la etimología griega de las palabras Staphyle, que significa “racimo de uvas” y de la palabra en latín aurum que caracteriza la pigmentación de color oro que puede producir (Gómez, 2019).

La taxonomía de esta bacteria es la siguiente: se encuentra en el de Dominio Bacteria, dentro del Filo Firmicutes, Clase Bacilli, Orden Bacillales, en la Familia *Staphylococcaceae*, en el género *Staphylococcus*.



Dentro de este último se encuentran 77 especies y 30 subespecies (<https://lpsn.dsmz.de/search?word=Staphylococcus>).

Este género bacteriano está conformado por cocos con un diámetro de 0.5-1.5 micrómetros, además poseen la característica de ser Gram positivos (sus paredes se tiñen de color azul después de aplicar el método de la tinción de Gram). Pueden tener una conformación de células variada que van desde una sola hasta una forma de racimo de uvas. Además, son bacterias sésiles, es decir, que pueden producir biopelícula, y adicionalmente no producen esporas con las que se puedan diseminar. Algunas no tienen cápsula y otras pueden formar una cápsula de limo, su respiración es anaerobia facultativa (pueden desarrollarse en presencia de oxígeno, pero también en su ausencia mediante otros mecanismos) (Cervantes y col. 2014). Algunas de sus características bioquímicas son la de ser catalasa y coagulasa positivas, además de ser  $\beta$ -hemolítico (Pasachova y col. 2019). De todas las especies de este género, *S. aureus* es la de mayor importancia clínica en humanos junto con *S. lugdunensi*. En animales también se puede localizar a *S. pseudintermedius* (Lee y col. 2018 & Cervantes y col. 2014).

Al sembrarse en placas con agar, las colonias pueden presentar características morfológicas como una forma circular, superficie elevada, textura lisa, bordes enteros y una pigmentación que puede variar en color ya que puede ser de un color amarillo hasta un dorado, esto es por la producción de carotenoides. También tenemos que cuando se siembran en placas con agar sangre, sus colonias generan  $\beta$ -hemolisis o incluso hemolisis completa (Cervantes y col. 2014).

Algunos de los métodos para su detección son pruebas de laboratorio que van desde la microscopia, observando muestras teñidas, hasta pruebas más específicas como las de catalasa y coagulasa ya que *S. aureus*, como se menciona anteriormente, manifiestan un resultado positivo en ambas pruebas. En la prueba de catalasa, que es la que más se usa, *S. aureus* produce oxígeno cuando interactúa con el peróxido de hidrógeno (Gómez, 2019). Los medios de cultivo donde puede crecer *S. aureus* pueden ser el agar sangre, agar chocolate, agar de infusión cerebro corazón (BHI) y uno de los más usados es el agar Baird Parker, ya que, en este último, *S. aureus* forma colonias con color negro. Otro más puede ser el agar manitol salado que es un medio en donde sólo crecen bacterias de dicho género presentando una pigmentación amarilla debido a que pueden fermentar el manitol (Cervantes y col. 2014 & Pasachova y col. 2019).

Las pruebas moleculares también son empleadas para la identificación de este microorganismo, algunas son las PCR (reacción en cadena de la polimerasa) y PCR en tiempo real, aunque la desventaja que poseen es que son tanto caras y requieren equipo especializado.

### ***S. aureus* resistentes a la meticilina (MRSA)**

Existen cepas de *S. aureus* que presentan resistencia a antibióticos, algunas son *S. aureus* resistentes a meticilina (MRSA, por sus siglas en inglés), que poseen mecanismos para evitar ser dañadas por este antibiótico, con prevalencia en centros de salud, entornos comunitarios y granjas ganaderas de todo el mundo. Se informó de su presencia en la década de los 60's, no mucho tiempo después de que se empezara a usar a la meticilina. Sin embargo, la utilización de este antibiótico no duró mucho ya que podía generar toxicidad, pero conservó el nombre (Lee y col. 2018).

Además de los humanos, el MRSA puede colonizar otras especies animales y, por lo tanto, puede aparecer resistencia a nuevos antimicrobianos y propagarse entre especies. El ganado y los animales de



compañía son particularmente importantes en este sentido, considerando el uso relativamente alto de antimicrobianos en estas especies. Existe el riesgo de que los humanos que entran en contacto directo con animales adquieran MRSA, pero también existe el riesgo de que los animales adquieran MRSA de humanos colonizados (Crespo & Lawlor, 2021).

Las cepas de *S. aureus* MRSA adaptadas a los humanos se han reconocido tradicionalmente como MRSA asociado al hospital (HA) y MRSA asociado a la comunidad (CA). Además de las infecciones por HA y CA-MRSA, la incidencia de infecciones por MRSA asociadas al ganado (LA) también ha aumentado en varias especies animales, especialmente en cerdos en países Europeos y América del Norte. Se han identificado distintos linajes clonales de MRSA según las regiones geográficas. Aunque el secuenciotipo (ST) 398 LA-MRSA se ha detectado en bovinos, equinos, ovinos, caprinos, aves de corral e incluso en animales de compañía (perros y gatos principalmente), los cerdos parecen ser el principal reservorio de ST398 MRSA. Más importante aún, ST398 LA-MRSA también se ha encontrado en personas que están en contacto directo/indirecto con cerdos colonizados por MRSA o alimentos de origen animal. Aunque todavía hay información limitada sobre la prevalencia de las infecciones por LA-MRSA, estudios recientes han indicado que los clones de MRSA más frecuentes aislados de cerdos son ST398 (CC398). Se ha indicado que el aumento de LA-MRSA (ST398) en cerdos parece estar asociado con el uso de antibióticos, especialmente con compuestos de tetraciclina (TET). Además de la resistencia a TET, se cree que la resistencia al zinc entre los aislamientos de LA-MRSA está asociada con la prevalencia de ST398 MRSA. Estas cepas MRSA son agrupadas de la siguiente manera:

- a) MRSA adquirido en el hospital (HA-MRSA) que fue aislado por primera vez en 1961 en el Reino Unido y dentro de los siguientes 10 años se esparció por los demás países Europeos. Y en 1968 se registró el primer brote en el continente Americano (Aires, 2017).
- b) MRSA adquirido en la comunidad (CA-MRSA). El primer caso ocurrió a principios de los 90's en Australia, pero fue en E.U. donde comenzó a reconocerse como una nueva entidad de infección por *S. aureus*, ya que algunas características de su fenotipo y genotipo diferían de los HA-MRSA (Aires, 2017).
- c) MRSA asociado a ganado (LA-MRSA). En 2009 se utilizó para referirse a este tercer grupo de cepas de MRSA, para las cuales se consideran reservorios los animales de ganado (principalmente cerdos).

A pesar de que *S. aureus* es una bacteria comensal, con frecuencia causa infecciones nosocomiales o adquiridas en la comunidad clínicamente importantes. Durante la infección por MRSA, las opciones de tratamiento son limitadas. Aunque el número de infecciones por MRSA es todavía relativamente bajo en muchos países de Europa occidental y del norte, cada año se producen aproximadamente 150,000 infecciones por MRSA en la Unión Europea, lo que representa unas 7000 muertes al año (Cassini y col. 2019).

### **Hospedero**

Como se mencionó anteriormente, esta especie es de importancia clínica y veterinaria, pues los organismos que pueden ser colonizados por esta bacteria son el humano, animales de compañía como perros y gatos, incluso animales de granja como aves de corral, cerdos, ovejas, bovinos como vacas y novillas, pero no en



todas las especies el porcentaje de prevalencia es el mismo pues en pollo puede ser de hasta un 90% mientras que en las ovejas varía de 14-35 %. *S. aureus* también ha logrado aislarse en varios animales salvajes como aves (pinzones, ánades reales, buitres), ciervos, mamíferos acuáticos (delfines, foca común), primates (macacos, grandes simios) ardillas, mapaches, osos, entre otros más (Haag y col. 2019).

En un resumen hecho por European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control (2019), mencionan que algunos países miembros de la Unión Europea reportaron MRSA en carne de ganado, cerdo y conejo para consumo humano, así como en animales de compañía (EFSA & ECDC, 2019).

### **Sitios de colonización**

Este microorganismo coloniza diversas áreas del cuerpo humano como la piel, las fosas nasales (en donde alrededor del 30% de la población lo tiene presente), en las ingles y las axilas. También puede encontrarse en el tracto gastrointestinal (Pasachova y col. 2019). En cuanto a perros y gatos, *S. aureus* se encuentra en las fosas nasales. En vacas sanas que son portadoras, este patógeno se encuentra en zonas como la cavidad nasal, el recto y la piel del pezón (Haag y col. 2019).

### **Enfermedades causadas**

Debido a que *S. aureus* coloniza diversas áreas que son tejidos blandos, también puede hacerlo en fómites, dispositivos médicos, así como también puede transmitir enfermedades por medio del consumo de alimentos contaminados (Silva y col. 2020 & Haag y col. 2019). En los humanos puede producir enfermedades como bacteriemia nosocomial (bacterias en la sangre) del cual *S. aureus* es el principal causante en América y el segundo en Europa. Además, pueden causar enfermedades menores e infecciones serias como del sistema nervioso central, osteomielitis, infecciones respiratorias, del tracto urinario, gastrointestinales, así como el síndrome de choque tóxico (Haag y col. 2019).

Cualquier persona puede enfermarse por esta bacteria; sin embargo, las personas con comorbilidades o inmunocomprometidas, están más predisuestas. Por ejemplo, personas diabéticas, personas con afecciones de la piel, con cirugías recientes y niños menores de 2 años son más susceptibles a infecciones por *S. aureus* (Pasachova y col. 2019).

En cuanto a los animales, las enfermedades que pueden presentar dependen de cada especie. En los rumiantes *S. aureus* y otras especies de este género, así como la bacteria *E. coli*, son los causantes principales de la mastitis en vacas lecheras, por lo que genera grandes pérdidas económicas. En los pequeños rumiantes puede ocasionar mastitis y septicemia, que pueden ser infecciones secundarias producto de alguna infección por parásitos que permiten a *S. aureus* ingresar a la circulación sanguínea. En corderos puede causar toxemia fatal, en cabras genera una infección secundaria como sarna crióptica y dermatitis pustulosa contagiosa (Haag y col. 2019).

En conejos las infecciones por este microorganismo se han asociado a abscesos, dermatitis supurativa, mastitis, pododermatitis y lesiones purulenta subcutáneas (Silva y col. 2020). En aves de corral, *S. aureus* es la principal causante de infecciones esqueléticas, dermatitis gangrenosa, septicemia (Aires, 2017). Cuando las barreras mecánicas son atravesadas por *S. aureus*, esta llega a tejidos profundos y produce las infecciones mencionadas y lo más grave es que *S. aureus* puede entrar al torrente sanguíneo (Cervantes



y col. 2014). En caballos sanos, *S. aureus* se ha localizado en fosas nasales y muestras fecales (Mama y col, 2019).

### **Bacteria *E. coli***

*E. coli* es la bacteria más estudiada en el campo de la microbiología y la medicina por su fácil manejo genético. Perteneció al orden de los Enterobacterales. Además, es un comensal del tracto intestinal de los mamíferos homeotermos. Sin embargo, también puede llegar a ser patógeno en humanos y animales. Es un bacilo con un tamaño de 1 x 2 micrómetros y produce alrededor de 5,000 genes diferentes. El periodo de replicación es de 15 a 30 minutos si está en un medio de cultivo que contenga glucosa y sales inorgánicas (Paniagua y col. 2017).

Debido a que es una bacteria Gram negativa, su pared celular está constituida por un espacio periplásmico, la membrana externa y la membrana interna. Puede usar su flagelo para moverse o ser inmóvil. Es anaerobia facultativa y puede crecer con un metabolismo fermentativo y respiratorio. Es una bacteria que, como comensal, nos ayuda porque inhibe el crecimiento de otras bacterias que pueden ser patógenas para su hospedero y promueve la absorción de nutrientes (Ryan & Ray, 2017).

Todas las cepas de *E. coli* pueden clasificarse en patotipos o también en subtipos. Estos últimos usan criterios como el secuenciotipo, el serotipo, pulsotipo, tipo de fago, así como el biotipo (Robins y col., 2016). Las cepas de *E. coli* patógenas y no patógenas comparten gran parte de sus genes (alrededor de 3,000). Se diferencian por la pérdida o adquisición de rasgos que están asociados con la virulencia (Poirel y col. 2018). *E. coli* posee un gran número de genes que le pueden ayudar a generar resistencia a antibióticos como los  $\beta$ -lactámicos, que son de los más utilizados en la clínica humana y veterinaria.

### **Clasificación de los patotipos de *E. coli* y enfermedades causadas**

Podemos clasificar a los patotipos con base en su ubicuidad. Estos pueden ser *E. coli* comensales, *E. coli* diarreogénicas (DEC, por sus siglas en inglés) y *E. coli* patógenas extraintestinales (ExPEC). Las cepas de *E. coli* que causan enfermedades intestinales se conocen como *E. coli* patógenas intestinales (IPEC) en donde están clasificados los patotipos DEC:

- *E. coli* enteropatógena (EPEC). Fue la primera en ser descubierta y puede generar diarreas y muerte en niños pequeños mayormente en países en desarrollo. Estas cepas pueden dividirse en típicas y atípicas debido a la presencia o ausencia respectivamente, de un plásmido que contribuye al factor de virulencia llamado factor de adherencia de EPEC (EAF: EPEC adherence factor) (Farfán y col. 2016).
- *E. coli* enteroinvasiva (EIEC) Este patotipo está muy relacionado con la bacteria *Shigella* debido a la enfermedad que provocan: la disentería bacilar; así como su factor de virulencia principal que es un plásmido llamado pINV que ayuda a estas a entrar a las células epiteliales y que puedan invadir a células vecinas.
- *E. coli* enterotoxigénica (ETEC). Es una de las principales causas de diarrea en viajeros que visitan países en desarrollo, así como en niños de esos países, además de diarreas en animales domésticos como terneros y lechones en donde las pérdidas económicas son muy considerables. Este patotipo puede sintetizar más de una enterotoxina.



- *E. coli* enterohemorrágica (EHEC). Fue la primera en causar brotes de colitis hemorrágica en Estados Unidos a principios de los 80's. Su determinante de virulencia es la toxina Shiga que es codificada por fagos o la verotoxina que posee distintas variedades. También puede causar el síndrome urémico hemolítico.
- *E. coli* enteroagregativa (EAEC). Es un patotipo reciente que está asociado con la diarrea pediátrica en países en desarrollo, así como en adultos y viajeros. Algunos tipos pueden ser más virulentos que otros.
- *E. coli* difusamente adherente (DAEC). Se identificó por su patrón de adherencia en células de cultivo de tejidos.

*E. coli* invasora adherente (AIEC). Es el más reciente e inusual de los patotipos intestinales descritos pero que no provoca diarrea, pero se cree que puede causar inflamación intestinal crónica (enfermedad de Crohn). Sus factores de virulencia son muy similares a los de otros patotipos (Vila y col. 2016 & Robins y col. 2016).

En cuanto a las cepas ExPEC también pueden causar graves infecciones en sitios diferentes al tejido intestinal como: en heridas expuestas, el tracto urinario (ITU), peritonitis, neumonía, meningitis e incluso septicemia. Los patotipos ExPEC son *E. coli* uropatógena (UPEC), *E. coli* asociada a meningitis neonatal (NMEC) y *E. coli* asociada a sepsis (SEPEC). Las infecciones que pueden generar estos subpatotipos generalmente son oportunistas y se presentan en los hospederos que pueden estar inmunocomprometidos por algunas comorbilidades, una edad muy temprana o muy avanzada (Robins y col. 2016; García & Fox, 2021). Las ExPEC causan enfermedades urinarias en animales de compañía. En aves puede causar colibacilosis que puede iniciar en las vías respiratorias debido a la inhalación de polvo con materia fecal, llegando a causar pericarditis, septicemia e incluso la muerte (Poirel y col. 2018).

En cuanto se refiere a cepas comensales, estas muy rara vez pueden comportarse como patógenas. Sólo lo hacen cuando su hospedero está inmunodeprimido o cuando las barreras del tracto gastrointestinal se rompen como en el caso de una peritonitis (Kaper y col. 2004).

Como se mencionó anteriormente, *E. coli* es un agente patógeno muy común para los humanos ya que puede causar infecciones urinarias, gastrointestinales, así como meningitis, infecciones en la piel, osteomielitis, entre otras (Poirel y col. 2018).

En cuanto a los animales *E. coli* es uno de los principales causantes de diarrea, así como otros patógenos o una combinación de ellos. Las ETEC pueden afectar principalmente a animales jóvenes de granja como lechones, terneros recién nacidos y pollos, así como también perros.

Además, *E. coli* es un microorganismo comensal que se encuentra tanto dentro como fuera del intestino grueso de los mamíferos y se usa comúnmente como indicador de contaminación fecal. El tratamiento puede complicarse por la resistencia a los antimicrobianos, en particular frente a las cefalosporinas de espectro extendido. Cada vez es más frecuente la presencia de enzimas, como las betalactamasas AmpC y las betalactamasas de espectro extendido (BLEE) en *E. coli*, las cuales proporcionan resistencia a los betalactámicos y más importante aún, frecuentemente también se transmiten junto con genes que dan resistencia a otros antibióticos como quinolonas y aminoglucósidos.



### **Aislamiento de *S. aureus* y *E. coli* provenientes de mascotas y sus dueños**

El género *Staphylococcus* es parte de la microbiota de animales, incluido el humano, y es considerado como un microorganismo oportunista. En animales como gatos y perros *S. epidermis*, *S. felis* y *S. pseudointemedius* son los más aislados pues son parte de la microbiota de estos animales, mientras que *S. aureus* está presente en ellos como un patógeno oportunista (Bierowiec y col. 2016). Animales como mamíferos, aves e incluso reptiles son capaces de albergar nuevas cepas de *S. aureus* y esto puede conllevar a que estas cepas logren infectar al humano, así como también que los humanos logren transmitir estas cepas a los animales.

Una clara zoonosis de *S. aureus* es la causada por el complejo clonal ST398, adaptado al humano, que ha sido transmitido a animales como cerdos, vacas y aves de corral (Heaton y col. 2020). Epidemiológicamente, en animales, el que las fosas nasales sean colonizadas por *S. aureus* es un indicio para analizar una exposición a humanos, ganado o mascotas. Bierowiec y col. (2016) mencionan que el contacto estrecho entre humanos y sus mascotas aumenta la posibilidad de que las mascotas sean colonizadas por *S. aureus*. Por ejemplo, los gatos ferales que dieron positivo a *S. aureus* en su estudio realizado en Polonia, pudieron haberse colonizado por contacto con desechos médicos, domésticos o incluso contacto humano. En un estudio hecho por Ma y col. (2020) en Australia se reportó la presencia de *Staphylococcus* coagulasa positivo (CPS, por sus siglas en inglés), en el 4.3% de perros y 3.8% de gatos, siendo el segundo más prevalente por debajo de *S. pseudointermedius* con un 43.9%. Además, que detectaron más de una especie de CPS al mismo tiempo e incluso en el mismo sitio de toma de muestra. Suepaul y col. (2021) en un estudio realizado en la isla de Trinidad encontraron que el 89.3% de los dueños y el 87.5 % de las mascotas dieron positivo a más de una especie de *Staphylococcus*. De esos aislados, el 15.1 % fueron de *S. aureus* y en perros fue del 2.1%. En un estudio hecho en Jordania sobre MRSA aislados de perros y el personal asociado a ellos, obtuvieron 46 aislamientos de *Staphylococcus*, de los cuales 29 (19 en perros y 10 en humanos) fueron *S. aureus* en donde la prevalencia fue de 12.7% en perros y 10% en humanos. Además, encontraron que 13 eran MRSA de los cuales 6 fueron de perros domésticos, 2 de perros de granja y los otros 5 fueron de humanos. Además, se demostró una relación genética entre los aislados de MRSA de perros y humanos por lo que sugieren una enorme posibilidad de transmisión entre ellos (Tarazi y col. 2015).

También debemos mencionar a la fauna silvestre la cual no se toma en cuenta en los estudios epidemiológicos. Estos pueden fungir como reservorios de algunas especies de *Staphylococcus*, así como también pueden exponerse a estos organismos debido a la actividad humana en sus hábitats, contaminación de cuerpos de agua por excremento humano o lodos y/o desechos de humano o ganado que son dispersados a los cultivos (Heaton y col. 2020). *S. aureus* se ha encontrado en una gran variedad de animales en vida silvestre en diversas partes del mundo, por lo que esto podría generar un intercambio bidireccional de genes de virulencia o resistencia a antibióticos de *S. aureus* entre humanos y animales y contribuir a formarse nuevas cepas, sin olvidar la invasión del humano a los hábitats de los animales (Heaton y col. 2020). Hemeg (2021) encontró una incidencia alta de *S. aureus* en perros, seguida de humanos y finalmente de gatos. Además, agrupó a las cepas y observó que el grupo 3 y 4 estaban estrechamente relacionadas entre sí, lo que indica una alta similitud entre las cepas que se aislaron de humanos y mascotas. Entonces concluyen que animales de compañía (perros y gatos) actúan como reservorios de *S. aureus* los cuales ponen en riesgo a la salud pública.

También podemos encontrar estudios hechos en animales de granja como los cerdos, en los que se han encontrado aislados de *S. aureus*, como el de Reynaga y col. (2016) los cuales analizaron a trabajadores y cerdos de granjas porcinas en Cataluña, España. Encontraron que el 57.9 % (81/140) de los trabajadores dieron positivo a MRSA y de los cerdos analizados, el 46% (92/200) también dieron positivo a MRSA. En



Portugal se encontraron cepas de *S. aureus* en muestras de lesiones purulentas de conejos. Del total de las muestras, el 76% fueron positivos para esta bacteria. Así como también se identificaron 16 muestras (24%) de cepas de MRSA (Silva y col. 2020). Mama y col. (2019), realizaron un estudio en España sobre la diversidad de especies de *Staphylococcus* en caballos destinados para consumo humano. Se obtuvieron 80 muestras (nasales y fecales), de los cuales se recuperaron 90 aislados de diversas especies de *Staphylococcus*, donde el 37.7% fueron de *S. aureus*.

La transferencia entre mascotas y humanos también ha sido documentada con *E. coli*, ya que al ser un comensal del tracto intestinal es fácilmente diseminada en diferentes hospederos, ambientes y alimentos, siendo más relevante cuando se detectan cepas patogénicas y resistentes a diferentes grupos de antibióticos. Ortega y col. (2019) en un estudio hecho en Ecuador sobre *E. coli* en heces de perros encontraron que, del total de las muestras, en el 40% se aislaron colonias de *E. coli*. Otro estudio hecho en Corea del sur recolectó muestras en mascotas y sus dueños en donde el 60.6% de las muestras eran aislados de *E. coli* (Chung y col. 2017).

De igual manera, es importante destacar algunos aislados que se han obtenido en varios estudios como el de Abbas y col. (2019) realizado en Pakistán, donde, además de detectar la presencia de *E. coli* también han detectado cepas que son resistentes a algunos fármacos tanto en las mascotas (perros y gatos) como en sus dueños, así como en personal veterinario. El 69.5% fueron aislados de *E. coli* productoras de BLEE, donde el 17.1 % eran de perros, el 12.3% eran del dueño de perro, 16.1% de gatos, el 12.3% de dueños de gatos y el 11.4 % corresponde a profesionales veterinarios. Esto podría generar un problema grave debido a que las mascotas domésticas pueden ser los causantes potenciales de la propagación de la resistencia a antibióticos por el mal uso de estos medicamentos en mascotas, así como el estrecho contacto con las personas (Abbas y col. 2019). Grönthal y col. (2018) realizaron un estudio en Finlandia, sobre una familia y sus dos perros para determinar si hubo transmisión de *E. coli* entre ellos. Los perros eran sabuesos que vivían en la misma casa. Al realizar análisis moleculares encontraron indicios claros de transmisión de algunas cepas de *E. coli* entre los dos perros y los dueños y consideran que la transmisión fue de humano a perro. Salgado y col. (2021) realizaron un metaanálisis sobre la prevalencia y caracterización molecular de *E. coli* productoras de  $\beta$ -lactamasas en perros y gatos a nivel mundial. De las prevalencias más altas que encontraron en la revisión fueron, en perros el 84% en Países Bajos y en gatos del 74% en Pakistán. En Reino Unido, Mounsey y col. (2022), analizaron a 223 perros menores de 5 meses de edad alimentados con carne cruda comercial, encontrando alta prevalencia de *E. coli* resistentes a fluoroquinolonas, con lo que concluyen el que la alimentación cruda se asocia con la diseminación de *E. coli* resistentes a los antibióticos en perros incluso a temprana edad, y que las bacterias albergadas por los cachorros son compartidas con los humanos.

En un estudio transversal hecho en 3 países europeos, se analizaron en total 303 muestras de animales de compañía (perros y gatos). *E. coli* se aisló del 93% de las muestras en los 3 países, Bélgica (perros= 44; gatos= 44; 29%), Italia (perros = 50; gatos= 50; 33%) y los Países Bajos (perros = 51; gatos = 43; 31%). Del total de aislados de *E. coli* el 73% fueron sensibles a al menos un antimicrobiano (Joosten y col. 2020).

En México, a diferencia de las infecciones humanas, se carece de datos de vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos para aislamientos clínicos de animales, aunque se ha encontrado resistencia a las cefalosporinas (incluida la producción de BLEE y AmpC) en aislamientos bacterianos de animales de compañía. En el estado de Puebla Rocha y col. (2015) realizaron un estudio sobre aislados fecales de *E. coli* resistente a cefotaxima (CTXR) en perros sanos. Aquí se colectaron muestras de heces de 53 perros sanos de un área urbana en la ciudad de Puebla, México. Del total de los aislados el 17% (9/53) fueron positivos para *E. coli* (CTXR). Dentro de estos 9 aislados, 3 (5.7%) presentaron un fenotipo BLEE. Los otros 6 presentaban resistencia a otros antibióticos, así como la producción de  $\beta$ -lactamasas de tipo CMY-2. Este



hallazgo es relevante para la salud veterinaria y pública, debido a que estos resultados indican la presencia de cepas resistentes a animales de compañía sanos y por ende una potencial transferencia al humano.

También, en el en mismo grupo de trabajo, Cortés-Cortés y col. (2016) realizaron un trabajo sobre la presencia de genes de resistencia a antimicrobianos de *E. coli* CTXR que fueron aisladas de tortugas. Tomaron muestras cloacales de 71 tortugas adultas provenientes de un herpetario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Fueron 4 especies de tortugas, 37 de *Kinosternon integrum*, 30 de *Trachemys scripta elegans*, 3 de *Chelydra serpentine* y 1 del género *Rhinoclemmys* spp. Del total de tortugas 4 procedían de habitats ambientales y 67 eran mascotas que fueron donadas. El 15.5% (11/71) detectaron aislados de *E. coli* CTXR. De los cuales, 8 (11.3%) presentaron resistencia a amoxicilina-ácido clavulánico y/o cefoxitina, 4 mostraron BLEE y 2 exhibían el gen que codifica la enzima CTX-M-2. Además, se encontró que el 7% de los aislados fueron *E. coli* resistentes a fluoroquinolonas. Incluso algunos presentaron genes de resistencia a sulfonamida, cloranfenicol y trimetoprim en integrones de clase 1 o clase 2. Esto nos mostraría la capacidad de *E. coli* para adaptarse a nuevos hospederos. Además, es un tema de salud pública debido a que las tortugas al ser mascotas, pueden ser un reservorio de *E. coli* resistentes a diversos fármacos que pueden infectar a humanos y otros animales de compañía. La información de las tasas de resistencia en *S. aureus* y *E. coli* aisladas de humanos y animales de comapañía se concentran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Reportes que documentan el aislamiento de *S. aureus* y *E. coli* en mascotas y dueños.

Bacteria	Prevalencia	Hospedero	País	Referencia
<i>S. aureus</i>	4.3%	Perro	Australia	Ma y col. (2020)
	3.8%	Gato		
<i>S. aureus</i>	15.1%	Humano	Isla Trinidad, Trinidad y Tobago	Suepaul y col. (2021)
	2.1%	Perro		
<i>S. aureus</i>	12.7%	Perro	Jordania	Tarazi y col. (2015)
	10%	Humano		
MRSA	57.9%	(Trabajador de granja)	España	Reynaga y col. (2016)
	46%	Cerdo		
<i>S. aureus</i>	76% (del cual 24% eran MRSA)	Conejo	Portugal	Silva y col. (2020)
<i>S. aureus</i>	37.7%	Caballo	España	Mama y col. (2019)
<i>E. coli</i>	40%	Perro	Ecuador	Ortega y col. (2019)
<i>E. coli</i>	60.6%	Perro y Gato	Corea	Chung y col., (2017)
	17.1 %	Perro		
<i>E. coli</i> (BLEE)	12.3%	Humano (dueño de perro)	Pakistán	Abbas y col. (2019)
	16.1%	Gato		



	12.3%	Humano (dueño de gato)		
	11.4%	Humano (personal veterinario)		
<i>E. coli</i> productora de $\beta$ -lactamasa	84%	Perro	Países Bajos	Salgado y col. (2021)
	74%	Gato	Pakistán	
<i>E. coli</i> FQ-R	41%	Perro	Reino Unido	Mounsey y col. (2022)
<i>E. coli</i>	29%	Perro y gato	Bélgica	Joosten y col. (2020)
	33%	Perro y gato	Italia	
	31%	Perro y gato	Países Bajos	
<i>E. coli</i> CTXR	17%	Perro	México	Rocha y col. (2015)
<i>E. coli</i> CTXR	15.5%	Tortuga	México	Cortés y col. (2016)
<i>E. coli</i>	6.9 % (FQ-R)	Perro y gato	Australia	Kidsley y col. (2020)
	93% (FQ-S)	Perro y gato		

BLEE: betalactamasas de espectro extendido; CTXR: Resistente a cefotaxima; FQ-R: Resistente a fluoroquinolonas; FQ-S: Sensible a fluoroquinolonas; MRSA: *S. aureus* resistente a meticilina.

## Conclusiones

La transmisión de bacterias resistentes a los antimicrobianos entre animales que cohabitan con humanos implica que las intervenciones antimicrobianas en un individuo pueden afectar indirectamente el microbioma (y su resistencia a los antibióticos) de otros individuos en el mismo hogar. Un estudio de Nueva Zelanda encontró que 36 de 83 (43 %) pacientes con una ITU adquirida en la comunidad asociada con *E. coli* productora de betalactamasas AmpC mediada por plásmidos, no habían recibido ningún tratamiento antimicrobiano en los últimos 6 meses, ni habían sido hospitalizados (Drinkovic y col. 2015). Esto sugiere que existen otros impulsores (además del uso de antimicrobianos) para la selección y propagación de bacterias multidrogoresistentes en la comunidad, como el contacto cercano con los miembros del hogar, incluidas las mascotas, por lo que estas deben considerarse reservorios potenciales de estas bacterias.

En México, un gran número de los hogares tienen un animal de compañía, la mascota de la familia juega un papel central en la vida de muchas personas, con algunos comportamientos que facilitan la transmisión de bacterias entre las personas y sus mascotas. Sin embargo, con esta revisión no queremos establecer la imagen de estar en contra de tener una mascota en nuestros hogares, ni mucho menos de convivir con los animales, al contrario, queremos dejar claro que la convivencia con las mascotas tiene que ser dentro de un ambiente sano, higiénico, con espacios para la mascota, tenerla con esquemas completos de vacunación, así como higiene para la misma, desde el baño frecuente, recoger sus desechos, desinfectar las áreas donde duerme y come y algo muy importante, lavarse las manos con frecuencia después de tener contacto estrecho con el animal. Estas acciones ayudan a que la convivencia con nuestras mascotas sea sana tanto para nosotros como para ellas.



## Agradecimientos

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y a CONACYT a través del fondo FOSEC SEP-Investigación Básica (A1-S-22136).

## Referencias

1. Abbas, G., Khan, I. and Mohsin. M. 2019. High rates of CTX-M group-1 extended-spectrum  $\beta$ -lactamases producing *Escherichia coli* from pets and their owners in Faisalabad, Pakistan. *Infect. Drug Resist.*, 12: 571-578.
2. Aires, M.S. 2017. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among animals: current overview. *Clin. Microbiol. Infect.* 23: 373-380.
3. Bierowiec, K., Płoneczka, K.J. and Rypuła. K. 2016. Is the colonisation of *Staphylococcus aureus* in pets associated with their close contact with owners? *PLoS One.* 11: e0156052.
4. Cassini, A., Högberg, L.D., Plachouras, D., Quattrocchi, A., Hoxha, A., Simonsen, G.S., Colomb, M.C., Kretzschmar, M.E., Devleeschauwer, B., Cecchini, M., Ouakrim, D.A., Oliveira, T.C., Struelens, M.J., Suetens, C., Monnet, D.L. and Burden of AMR Collaborative Group 2019. Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis.* 19: 56–66.
5. Cervantes, E.G., García, R.G. and Salazar. P.M.S. 2014. Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab.* 61: 28-40.
6. Chung, Y.S., Hu, Y.S., Shin, S., Lim, S.K., Yang, S.J., Park, Y.H. and Park. K.T. 2017. Mechanisms of quinolone resistance in *Escherichia coli* isolated from companion animals, pet-owners, and non-pet-owners. *J. Vet. Sci.* 18: 449-456.
7. Cortés, G.C., Lozano, P.Z., Torres, C., Castañeda, M., Sánchez, G.M., Alonso, C.A., López, L.P., Mayen, M.G., Martínez, Y.L. and Rocha. R.G. 2016. Detection and Molecular Characterization of *Escherichia coli* Strains Producers of Extended-Spectrum and CMY-2 Type Beta-Lactamases, Isolated from Turtles in Mexico. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 16: 595–603.
8. Crespo, D.P. and Lawlor. P.G. 2021. Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) prevalence in humans in close contact with animals and measures to reduce on-farm colonisation. *Ir Vet J.* 74: 1-12.
9. Drinkovic, D., Morris, A.J., Dyet, K., Bakker, S. and Heffernan. H. 2015. Plasmid-mediated AmpC beta-lactamase-producing *Escherichia coli* causing urinary tract infection in the Auckland community likely to be resistant to commonly prescribed antimicrobials. *N. Z. Med. J.* 128: 50–59.
10. European Food Safety Authority & European Centre for Disease Prevention and Control. 2019. The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2017. *EFSA Journal*, 17: e05598.
11. Farfán, A.E.G., Ariza, S.C.R., Vargas, F.A.C. and Vargas. L.V.R. 2016. Mecanismos de virulencia de *Escherichia coli* enteropatógena. *Rev Chilena Infectol.* 33: 438-450.
12. García, A. and Fox, J.G. 2021. A One Health Perspective for Defining and Deciphering *Escherichia coli* Pathogenic Potential in Multiple Hosts. *Comp. Med.* 71: 3–45.
13. Gómez, P.V. 2019. *Staphylococcus aureus* en animales de vida libre y medioambiente. Resistencia a antimicrobianos, virulencia, líneas genéticas circulantes y genómica comparativa. D. dissertation, Univ. de La Rioja, Logroño
14. Grönthal, T., Österblad, M., Eklund, M., Jalava, J., Nykäsenoja, S., Pekkanen, K. and Rantala. M. 2018. Sharing more than friendship—transmission of NDM-5 ST167 and CTX-M-9 ST69 *Escherichia coli* between dogs and humans in a family, Finland, 2015. *Euro Surveill.* 23: 1700497.



15. Haag, A.F., Fitzgerald, J.R. and Penadés. J.R. 2019. *Staphylococcus aureus* in Animals. *Microbiol. Spectr.* 7: 7-3.
16. Heaton, C.J., Gerbig, G.R., Sensius, L.D., Patel, V. and Smith. T.C. 2020. *Staphylococcus aureus* epidemiology in wildlife: A systematic review. *J. Antibiot.* 9: 89.
17. Hemeg, H.A. 2021. Determination of phylogenetic relationships among methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* recovered from infected humans and Companion Animals. *Saudi J Biol Sci*, 28: 2098-2101.
18. <https://lpsn.dsmz.de/search?word=Staphylococcus>
19. Joosten, P., Ceccarelli, D., Odent, E., Sarrazin, S., Graveland, H., Van Gompel, L., Battisti, A., Caprioli, A., Franco, A., Wagenaar, J.A., Mevius, D. and Dewulf. J. 2020. Antimicrobial Usage and Resistance in Companion Animals: A Cross-Sectional Study in Three European Countries. *J. Antibiot* 9: 87.
20. Kaper, J.B., Nataro, J.P. and Mobley. H.L. 2004. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nat Rev Microbiol.* 2: 123-140.
21. Kidsley, A.K., White, R.T., Beatson, S.A., Saputra, S., Schembri, M.A., Gordon, D., Johnson, J.R., O'Dea, M., Mollinger, J.L., Abraham, S. and Trott. D.J. 2020. Companion Animals Are Spillover Hosts of the Multidrug-Resistant Human Extraintestinal *Escherichia coli* Pandemic Clones ST131 and ST1193. *Front. Microbiol.* 11: 1968.
22. Lee, A.S., de Lencastre, H., Garau, J., Kluytmans, J., Malhotra, S.K., Peschel, A. and Harbarth. S. 2018. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Nat. Rev. Dis. Primers.* 4: 1-23.
23. Ma, G.C., Worthing, K.A., Ward, M.P. and Norris. J.M. 2020. Commensal staphylococci including methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from dogs and cats in remote New South Wales, Australia. *Microb. Ecol.*, 79: 164-174.
24. Mama, O.M., Gómez, P., Ruiz, L.R., Gómez, E.S., Zarazaga, M. and Torres. C. 2019. Antimicrobial Resistance, Virulence, and Genetic Lineages of Staphylococci from Horses Destined for Human Consumption: High Detection of *S. aureus* Isolates of Lineage ST1640 and Those Carrying the lukPQ Gene. *Animals.* 9: 900.
25. Mounsey, O., Wareham, K., Hammond, A., Findlay, J., Gould, V.C., Morley, K., Cogan, T.A., Turner, K.M., E., Avison, M.B. and Reyher. K.K. 2022. Evidence that faecal carriage of resistant *Escherichia coli* by 16-week-old dogs in the United Kingdom is associated with raw feeding. *One Health.* 14: 100370.
26. OMS. 2020. Resistencia a los antimicrobianos. Organización Mundial de la Salud. Ginebra
27. Ortega, D.P., Haro, M., Leoro, P.G., Barba, P., Loaiza, K., Mora, F. and Fernández. E.M. 2019. Multidrug-resistant *Escherichia coli* isolated from canine faeces in a public park in Quito, Ecuador. *J. Glob. Antimicrob. Resist.* 18: 263-268.
28. Paniagua, R., Nistal, M., Sesma, P., Álvarez, M.U., Fraile, B., Anadón, R. and Saéz. F. 2017. *Biología celular y molecular*, 4th ed. McGraw Hill.
29. Pasachova, J.G., Ramírez, S.M. and Muñoz. L.M. 2019. *Staphylococcus aureus*: generalidades, mecanismos de patogenicidad y colonización celular. *Nova*, 17: 25-38.
30. Poirel, L., Madec, J.Y., Lupo, A., Schink, A.K., Kieffer, N., Nordmann, P. and Schwarz. S. 2018. Antimicrobial resistance in *Escherichia coli*. *Microbiol. Spectr.* 6: 6-4.
31. Reynaga, E., Navarro, M., Vilamala, A., Roure, P., Quintana, M., Garcia, M.N., Figueras, R., Torres, C., Lucchetti, G. and Sabrià. M. 2016. Prevalence of colonization by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398 in pigs and pig farm workers in an area of Catalonia, Spain. *BMC Infect. Dis.* 16: 1-8.
32. Robins, R.M.B., Holt, K.E., Ingle, D.J., Hocking, D.M., Yang, J. and Tauschek. M. 2016. Are *Escherichia coli* pathotypes still relevant in the era of whole-genome sequencing?. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 6: 141.
33. Rocha, R.C.G., Cortés, G.C., Lozano, P.Z., Bello, F., Martínez, Y.L. and Torres. C. 2015. Faecal *Escherichia coli* isolates from healthy dogs harbour CTX-M-15 and CMY-2  $\beta$ -lactamases. *Vet. J.* 203: 315-319.
34. Ryan, K.J. and Ray. C. 2017. *Sherris. Microbiología médica*, 6th ed. McGraw Hill.



35. Salgado, M.C., Benavides, J.A., Adell, A.D., Paes, A.C. and Moreno. A.I.S. 2021. Global prevalence and molecular characterization of extended-spectrum  $\beta$ -lactamase producing-*Escherichia coli* in dogs and cats–A scoping review and meta-analysis. *One Health*. 12: 100236.
36. Silva, V., Sousa, T., Gómez, P., Sabeça, C., Vieira, M.P., Capita, R., Alonso, C.C., Torres, C., Capelo, J.L., Igrejas, G. and Poeta. P. 2020. Livestock-Associated Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in Purulent Subcutaneous Lesions of Farm Rabbits. *Foods*. 9: 439.
37. Suepaul, S., Georges, K., Unakal, C., Boyen, F., Sookhoo, J., Ashraph, K., Yusuf, A. and Butaye. P. (2021). Determination of the frequency, species distribution and antimicrobial resistance of staphylococci isolated from dogs and their owners in Trinidad. *PloS one*. 16: e0254048.
38. Tarazi, Y.H., Almajali, A.M., Ababneh, M.M.K., Ahmed, H.S. and Jaran. A.S. 2015. Molecular study on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains isolated from dogs and associated personnel in Jordan. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 5: 902-908.
39. Vila, J., Sáez, E.L., Johnson, J.R., Römling, U., Dobrindt, U., Cantón, R. and Soto. S.M. 2016. *Escherichia coli*: an old friend with new tidings. *FEMS Microbiol. Rev.* 40: 437-463.



## Una Aproximación, de los Almacén de Datos, en el Seguimiento de Egresados en Educación Superior.

### An approximation, of the Data Warehouse, in the Follow-up of Graduates in Higher Education.

Madrid Monteverde José David<sup>1\*</sup>, Ponce Mendoza Ulises<sup>1</sup>, García-Gorrostieta Jesús Miguel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de la Sierra, Carretera Moctezuma-Cumpas km 2.5, Moctezuma, Sonora, Mexico.

Autor por correspondencia: Madrid Monteverde José David; dmadrid@unisierra.edu.mx

#### Resumen

El almacén de datos se diseñó en la Universidad de la Sierra, organismo descentralizado del Estado de Sonora, México, se encuentra ubicada en la región serrana en el municipio de Moctezuma. Los estudios de seguimiento de egresados y empleadores son una estrategia que permite la autoevaluación, además de conocer la trayectoria laboral y profesional de los egresados de los diferentes programas educativos que ofrece la institución. Uno de los resultados que más se desea conocer en estos estudios, es la opinión de los egresados con respecto a la formación profesional que obtuvieron, como ha influido ésta en su inserción en el mercado laboral, además, si los programas de estudios son adecuados a las necesidades de las demandas de la región. Por lo anterior, en este trabajo se describe el proceso de implementación de un Almacén de Datos en específico el modelo Multidimensional de satisfacción para el Seguimiento de Egresados, ya que este representa el proceso de reunir información histórica de una organización en un depósito central y se ha convertido en una tecnología fundamental.

**Palabras clave:** Almacén de datos, Modelo Multidimensional, histórica.

#### Abstract

A Data Warehouse was designed at Universidad de la Sierra, a decentralized organization of the State of Sonora, Mexico, located in the mountain region in the municipality of Moctezuma. The follow-up studies with alumni and employers are a strategy that allows self-assessment, in addition to know the work and professional trajectory of the graduates of the different educational programs offered by this institution. One of the most desired results in these studies is the opinion of the graduates regarding the professional training they obtained, how it has influenced their insertion in the labor market, and if the study programs are adequate for the needs of the demands of the region. Therefore, this paper describes the implementation process of a Data Warehouse specifically the datamart of satisfaction for Graduate Tracking, since this represents the process of gathering historical information of an organization in a central repository and it has become a fundamental technology.

**Key words:** Data Warehouse, Datamart, Historical.

DOI 10.46588/invurnus.v17i1.63

**Recibido** 29/09/2022

**Aceptado** 11/11/2022

**Publicado** 31/12/2022

## Introducción

Este estudio se realiza con el fin de obtener información que permita conocer la situación de los egresados de la Universidad de la Sierra, aspectos sobre los procesos de formación en los que estuvieron involucrados, grado de satisfacción sobre el servicio recibido, su inserción en el mercado laboral y profesional, entre otros. La información se recabó a través de un instrumento que incluyó los aspectos de la trayectoria y ubicación del egresado, grado de satisfacción, inserción en el mercado laboral, dificultades a las cuales se enfrentó el egresado, ingresos, tipo de contrato, habilidades utilizadas y recomendación del mismo egresado.

Los resultados de los estudios de seguimiento de egresados son una herramienta importante para analizar los caminos que siguen los nuevos profesionales, si se incorporan a las empresas productivas y de servicios, si dentro de ellas se estancan en los puestos bajos o intermedios, o bien, si gracias a su formación pueden acceder progresiva y rápidamente, a posiciones complejas. Si, por otra parte, con creatividad y capacidad de identificar problemas y oportunidades, son capaces de encontrar metas de desarrollo que les permitan generar nuevas alternativas para su propia subsistencia primero, y para ampliar la demanda de puestos de trabajo después, conocer si la formación recibida en la institución donde cursaron sus estudios superiores les permite desenvolverse en el área del conocimiento que determinó su vocación, o bien, si han requerido prácticamente volver a formarse para desempeñar adecuadamente las actividades profesionales. (Méndez y Pérez 2004)

En la actualidad, los estudios de seguimiento de egresados en el país han despertado el interés de las Instituciones de Educación Superior (IES) por implementarlos, debido a que la secretaria de Educación Pública (SEP) y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), han impulsados estos estudios como una de las líneas estratégicas para el desarrollo de las IES. Uno de los resultados que más se desea conocer en estos estudios, es la opinión de los egresados con respecto a la formación profesional que obtuvieron, como ha influido ésta en su inserción en el mercado laboral, si los programas de estudios son adecuados a las necesidades de las demandas de la región, entre otros. (Rollin 1995).

Por la gran cantidad de indicadores que arrojan estos estudios, para la SEP, los Comité Interinstitucional para la Evaluación de Educación Superior (CIEES) y ANUIES, son de gran importancia para la autoevaluación y como un instrumento para la evaluación de las universidades de nuestro país como ya se citó anteriormente. (Díaz 2000). Por lo anterior, se propone como herramienta de análisis de los indicadores un almacén de datos como Sistema Gerencial en el Seguimiento de Egresados (SGSE). El sistema se orientó a brindar información interrelacionada para quienes tienen responsabilidades en el ámbito estratégico de la institución, en este caso de estudio de la Universidad de la Sierra.

## Materiales y métodos

Se diseñó en primera instancia, un cuestionario acorde a las necesidades del mismo estudio y de la importancia de la institución, se tuvo cuidado de que el cuestionario fuese redactado claro y sencillo, de tal manera que el encuestado pudiese fácilmente responder. En la primera página se hizo una breve descripción del objetivo y el propósito de recabar la información que se le solicitaba, además, de la importancia de contestar de forma veraz en cada una de las preguntas. A continuación, se presenta una descripción de los apartados del instrumento:



1. **Datos personales:** Donde se encuentra la información en lo referente a los datos de matrícula, nombre del alumno, domicilio, teléfono, fecha de nacimiento, correo electrónico, estado civil, carrera de la que egresó, género, año de egreso y si está titulado.
2. **Carrera:** Donde se encuentra las claves de cada una de las carreras relacionadas con el nombre del alumno que cursó una carrera en particular.
3. **Estadía:** Información referente al ámbito donde el egresado realizó sus prácticas profesionales, si las actividades que desarrolló en la empresa donde realizó sus prácticas profesionales fueron de acuerdo con los estudios realizados; la medida en que aplicó los conocimientos adquiridos en la carrera durante su estancia en la empresa; si el asesor de la empresa donde realizó sus prácticas profesionales y el asesor académico de la Universidad de la Sierra, contaba con el perfil académico y/o experiencia profesional acorde al proyecto desarrollado; cómo califica el egresado, con base a su experiencia, la estadía como parte de su formación académica; y por último, el tiempo que tardó el egresado en encontrar trabajo.
4. **Datos Laborales:** Información referente a si el egresado trabaja, empresa donde labora con los datos de dirección, código postal, teléfono, municipio y estado; si no trabaja, cuál es la razón principal por lo que dejó de hacerlo; cuál fue el medio por el que obtuvo el trabajo; cuáles fueron las dificultades en el trabajo; coincidencia de las actividades que realiza el egresado en su trabajo con los estudios realizados; en qué medida coincide el trabajo que tienes o último que desempeñaste con base a las actividades que realizaste en las prácticas profesionales; a qué régimen jurídico pertenece la empresa donde labora; rama de la actividad económica de la empresa donde labora; tamaño de la empresa donde labora; tipo de contrato que tiene el egresado; puesto que tiene el egresado en la empresa; ingreso mensual del egresado; y por último, si el egresado ha tenido ascensos.
5. **Plan de Estudios:** Información referente a las habilidades requeridas por el egresado en el trabajo; los contenidos temáticos responden a los requerimientos laborales; grado de satisfacciones de los servicios recibidos; medida en que el plan de estudios te proporcionó conocimientos y habilidades.
6. **Satisfacción de los Egresados:** califica su satisfacción con respecto a la planta de docente e instalaciones, qué curso consideran que la Universidad de la Sierra debe de ofrecer a sus egresados; consideran que su elección de ingresar a la Universidad fue buena; y si aconsejaría a un amigo a ingresar.

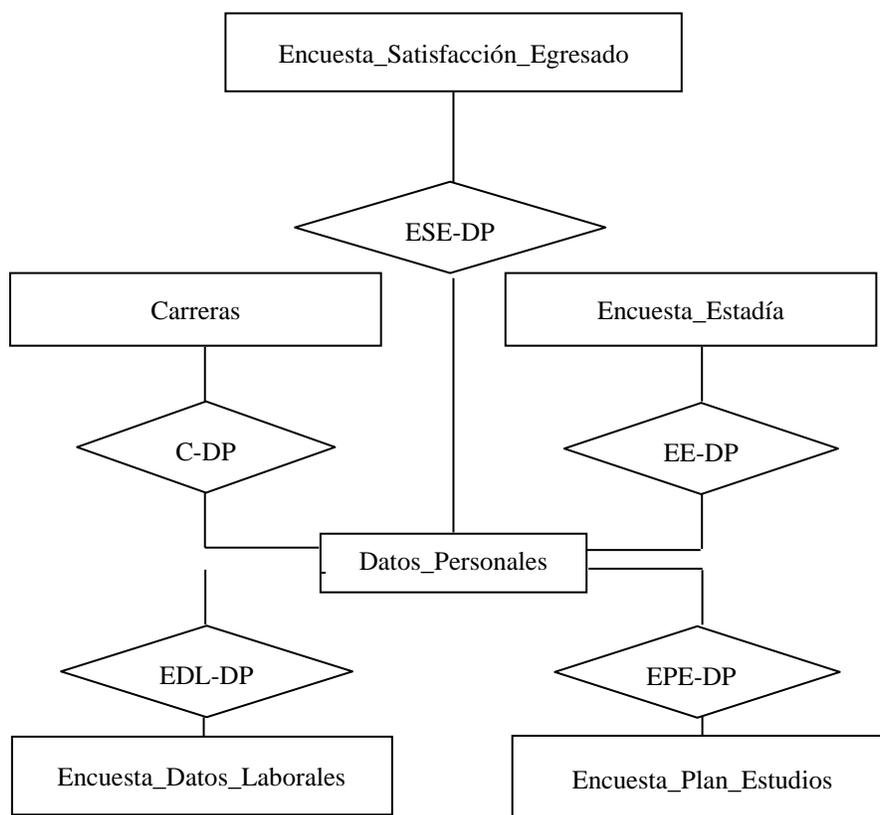
Acto seguido, se diseñó la base de datos relacional, con el objetivo de generar un conjunto de esquemas de relaciones que permitan almacenar la información con un mínimo de redundancia, pero que a la vez faciliten la recuperación de la información. Una de las técnicas para lograrlo consiste en diseñar esquemas que tengan una forma normal adecuada. Para determinar si un esquema de relaciones tiene una de las formas normales se requiere más información sobre la empresa que se intenta modelar con la base de datos.

En primer lugar, hay que definir los principales objetos que interesan al usuario. Estos objetos serán las entidades. Una forma de identificar las entidades es examinar las especificaciones de requisitos de usuario. En estas especificaciones se buscan los nombres que se mencionan (por ejemplo: número de empleado, nombre de empleado, dirección del inmueble). También se buscan objetos importantes como personas, lugares o conceptos de interés, excluyendo aquellos nombres que sólo son propiedades de otros objetos. Por ejemplo, se pueden agrupar el número de empleado y el nombre de empleado en una entidad denominada empleado. Una vez definidas las entidades, se deben definir las relaciones existentes entre ellas. Del mismo modo que para identificar las entidades se buscaban nombres en las especificaciones de requisitos, para identificar las relaciones se suelen buscar las expresiones verbales. Si las especificaciones



de requisitos reflejan estas relaciones es porque son importantes para la empresa y, por lo tanto, se deben reflejar en el esquema conceptual.

El modelo Entidad-Relación describe los datos como entidades, relaciones y atributos, permite representar el esquema conceptual de una base de datos de forma gráfica mediante los diagramas E-R. (Cabena, Hadjinian, Stadler, Verhees y Zanasi 1998). El modelo Entidad- Relación que se describe a continuación pertenece a la base de datos relacional para el seguimiento de egresados (PROSEGE), a partir de este modelo inicia la construcción del almacén de datos.



**Figura.1.** Diagrama de Entidad-Relación(PROSEGE).

Enseguida, se procedió con la descripción de los casos de uso, que implementan los requerimientos de usuario, así como del modelo de la base de datos (Datamarts). El Datamart está compuesta inicialmente por tablas denominadas Dimensionales y Tablas de Hechos. En esta base de datos se implementa las necesidades específicas para atender los requerimientos de los usuarios tomadores de decisiones, por este motivo sólo se implementó la estrella de satisfacción del egresado. (Inmon, y Hackathorn 1994). Las dimensiones (entidades) definidas en el almacén de datos fueron creadas para obtener información que corresponden a la pregunta 35 de la encuesta con respecto a la satisfacción de los egresados, donde los egresados responden acerca de su satisfacción en los siguientes rubros: personal docente, plan de estudios, servicios administrativos e instalaciones. El mecanismo de evaluación es del 1 al 3, donde 1 significa “nada satisfecho”, 2 “satisfecho” y 3 “muy satisfecho”.



Para identificar cada uno de los rubros que los egresados responden, se asignó la siguiente clave:

**Tabla 1.** Claves de los Rubros

<b>Rubros</b>	<b>Clave</b>
Personal Docente	1
Plan de Estudios	2
Servicios Administrativos	3
Instalaciones y Recursos para el aprendizaje.	4

La dimensión de alumnos contiene el nombre, ciudad, estado y país de los egresados que responden el instrumento, para conocer a detalle la ciudad y a su vez, el estado donde se encuentran ubicados, esto con el fin de obtener información de la dispersión de los egresados y de cómo evalúan los diferentes rubros por cada uno de los programas educativos. La clave primaria de la tabla de hechos “satisfacción” está formada por todas las claves que corresponden a las dimensiones.

**Tabla 2.** Claves de la tabla de hechos

<b>Dimensión</b>	<b>Clave de la dimensión</b>	<b>Clave en la tabla de los hechos</b>
Alumnos	Clave_a	clave_a
Pregunta_35	Clave_p	clave_p
Tiempo	Clave_t	clave_t

A continuación, se muestra la descripción de cada una de las entidades del Datamarts.

**Tabla 3.** Descripción de entidades del Datamarts .

<b>Nombre de la entidad</b>	<b>Descripción</b>
Pregunta _35	Satisfacción del egresado con respecto a la planta docente, plan de estudios, servicios administrativos e instalaciones y recursos para el aprendizaje.
Alumnos	Alumnos que respondieron al instrumento (encuesta), la ciudad, estado y país donde se encuentran.
Tiempo	Indica la fecha de actualización.
Satisfacción	Tabla de hechos que indica la satisfacción de los egresados con respecto a: Planta Docente. Plan de Estudios. Servicios Administrativos. Instalaciones y Recursos para el aprendizaje. Además, qué alumno respondió la encuesta y en qué tiempo del año la contestó.



La compañía Microsoft ofrece la herramienta SQL SERVER como base de datos, y es el producto que será utilizado como soporte al módulo del almacén de datos del sistema. También se utilizarán las facilidades para la Extracción, Transformación y Carga (ETL) de la información dentro del almacén de datos. Además, el SQL Server facilita la tarea de los administradores de bases de datos en la construcción, manejo y despliegue de aplicaciones para negocios, ya que automatizan la administración de las bases de datos mediante una interfaz gráfica fácil de usar. El diseño del almacén de datos se enfocó para la estrella de satisfacción, debido a que el indicador que arroja es importante para la alta gerencia de la Universidad.

El esquema de estrella consiste en estructurar la información en procesos, vistas y métricas recordando a una estrella. Es decir, tendremos una visión multidimensional de un proceso que medimos a través de métricas. A nivel de diseño, consiste en una tabla en el centro para el hecho objeto de análisis, y una o varias tablas de dimensión por cada dimensión de análisis que participa de la descripción de ese hecho. En la tabla de hechos encontramos los atributos destinados a medir (cuantificar) el hecho, es decir sus métricas. Mientras que, en las tablas de dimensión, los atributos se destinan a elementos de nivel (que representan los distintos niveles de las jerarquías de dimensión) y a atributos de dimensión. En el esquema en estrella, la tabla de hechos es la única tabla del esquema que tiene múltiples reuniones que la conectan con otras tablas (a través de *foreigns keys*, hacia otras tablas). El resto de las tablas del esquema (tablas de dimensión) únicamente hacen reunión con esta tabla de hechos. (Kroenke 1998)

La estrella a implementar se forma de tres dimensiones que se han mencionado anteriormente, y que se presentan en la figura 2.

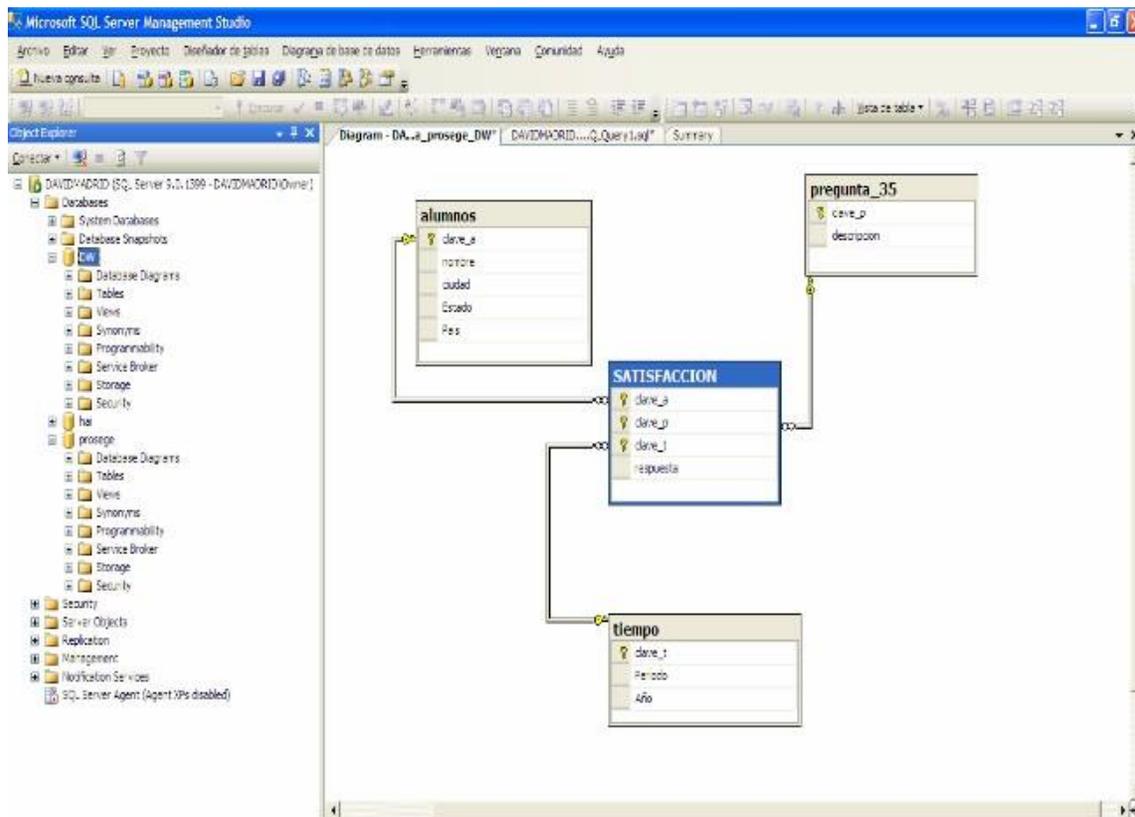


Figura 2. Estrella de Satisfacción.



Para implementar el cubo se utilizó la herramienta SQL Server Business Intelligence Development Studio, al momento de crearlo se estableció el origen de los datos (Dw.ds), las vistas de origen (Dw.dsv) y las dimensiones del cubo (Alumnos.dim, Pregunta\_35.dim, Tiempo.dim). Una vez definido el origen de datos dentro de nuestro Proyecto de Análisis, se establecieron las vistas de origen de datos, que se crean a partir de las tablas de una base de datos. (El origen de la base de datos es DW, la cual contiene las tablas alumnos, pregunta\_35, tiempo y satisfacción). Una vez realizado lo anterior se definieron las jerarquías, y a su vez las dimensiones y tablas de hechos, así mismo, se establecieron las medidas a utilizar en el cubo, en este caso fue de satisfacción del egresado, por último, se muestra en la creación del cubo que se ha realizado correctamente.

Nombre	Hecho	Dimensión
dbo.alumnos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
dbo.SATISFACCION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dbo.pregunta_35	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
dbo.tiempo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3. Tablas que forman el cubo.

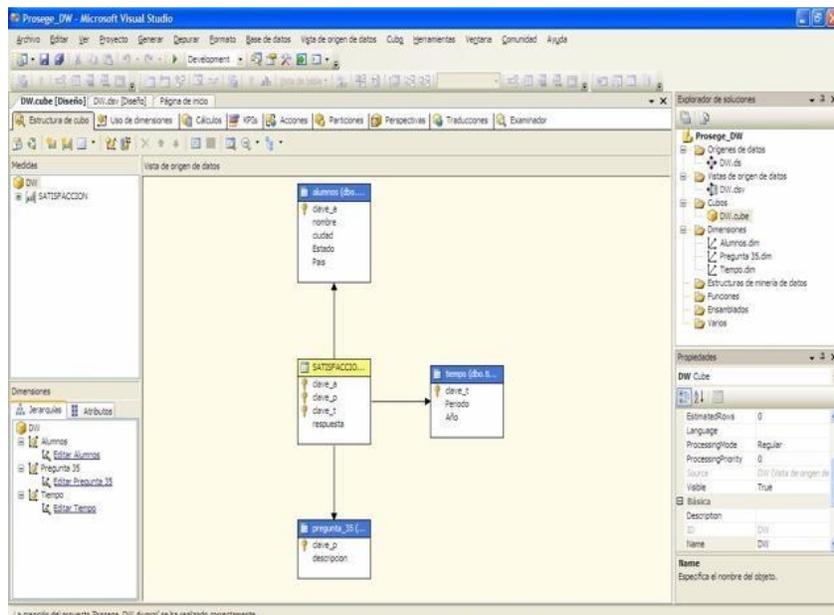


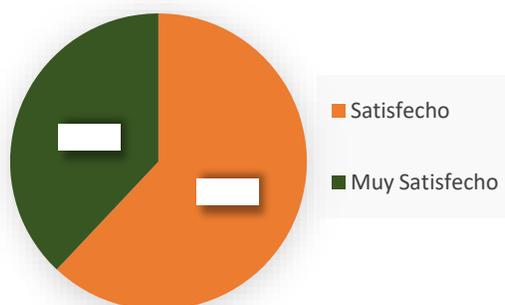
Figura 4. Cubo DW.ds.



## Resultados y Discusión

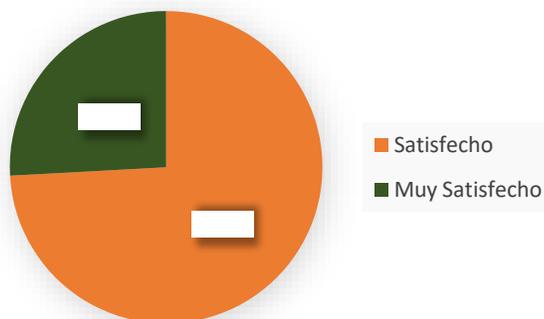
Con la implementación del cubo, se obtiene el indicador de satisfacción por los diferentes servicios que la Universidad ofrece. Con estos indicadores, se conoce cómo nuestros egresados evalúan a la Institución.

De acuerdo con la opinión de los egresados de las diferentes generaciones, 518 alumnos que respondieron el instrumento y analizando que cada uno de los egresados respondió los 4 rubros, se tienen 2,072 respuestas de las cuales 1,285 corresponden a que están satisfechos con los servicios recibidos y los 787 restantes que están muy satisfechos, esto representa un 62% y 38 % respectivamente, no se omite mencionar que esto nos indica que todos los egresados están satisfechos, como se ilustra en la figura 5.



**Figura 5.** Gráfico de Opinión de los egresados.

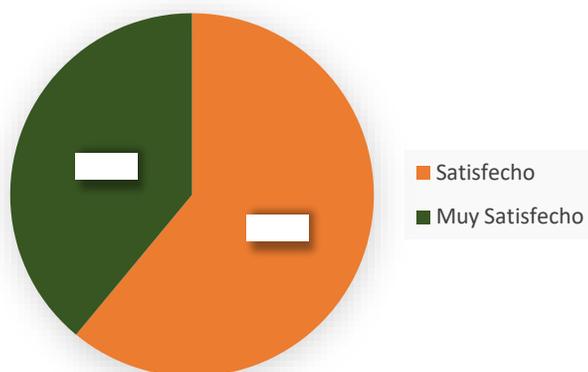
En cuanto a la opinión de los egresados con respecto a la planta docente, de las 518 respuestas, 384 respondieron satisfechos y los 134 restantes muy satisfechos, lo cual representa el 74.13% y 26.67 respectivamente, como se ilustra en la figura 6.



**Figura 6.** Gráfico de opinión de los egresados con respecto a la Planta Docente.

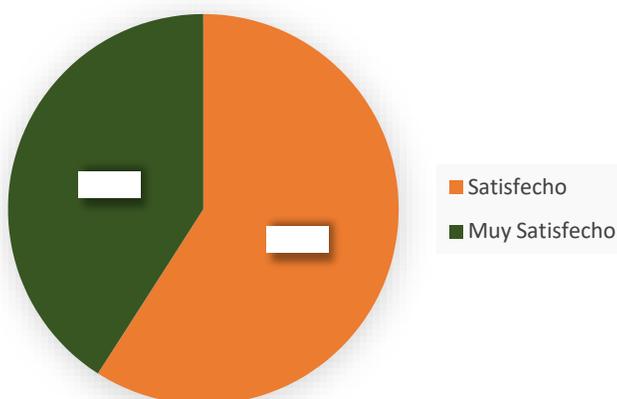
Para el plan de estudios, se realizó la consulta mostrada en la figura 7, de las 518 respuestas 316 fueron para satisfecho y 202 para muy satisfecho, 61% y 39% respectivamente.





**Figura 7.** Gráfico con respecto al Plan de Estudios.

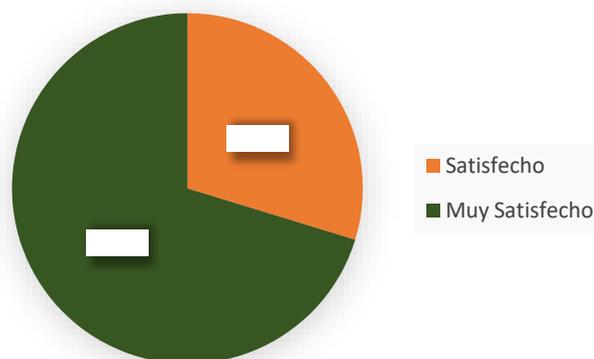
La figura 8, en cuanto a los servicios administrativos, 306 respondieron que están satisfechos y 212 muy satisfecho, lo que representa el 59% y 41% respectivamente.



**Figura 8.** Gráfico de opinión de los egresados con respecto a los Servicios Administrativos.

De las 518 respuestas para la consulta de la figura 9, de las Instalaciones, 154 respondieron satisfecho y muy satisfecho 364, lo cual representa el 29.73% y 70.27% respectivamente.





**Figura 9.** Gráfico de los egresados con respecto a las Instalaciones y Recursos para el Aprendizaje.

## Conclusiones

En esta aproximación del proyecto, se considera que el desarrollo de un sistema de almacenes de datos es complejo, abarca gran número de personas, usuarios finales del almacén de datos, usuarios de los sistemas fuente, desarrolladores, diferentes componentes, herramientas de extracción, herramientas de consulta, aplicaciones de usuario final, bases de datos. Sin embargo, un sistema de almacén de datos combina todos estos elementos y brinda un producto final consistente, amigable y confiable, que a su vez está preparado para enfrentar los continuos cambios que surjan debido a su variada estructura.

Con la implementación del almacén de datos en la Universidad de la Sierra, en lo específico el modelo multidimensional de satisfacción, se pueden tomar decisiones prácticas en el sentido de cómo los egresados nos evalúan y en dónde la Institución tiene una oportunidad de mejora, de acuerdo con los rubros mencionados de satisfacción. Además, que los almacenes de datos son una herramienta a considerar para el análisis de los indicadores en el sector educativo. Asimismo, para ampliar la funcionalidad del sistema, se incorporarán nuevos modelos multidimensionales, plan de estudios, distribución geográfica de los egresados.

## Referencias

1. Booch, G.; Rumbaugh, J; Jacobson, I. (1999). El Lenguaje Unificado de Modelado. Addison Wesley. ISBN: 84-79-028-1.
2. Cabena, Peter; Hadjinian, Pablo; Stadler, Rolf; Verhees, Jaap; Zanasi, Alessandro. (1998). Discovering Data Mining: From Concept to Implementation. Prentice Hall. ISBN: 0-13-743980-6.
3. Díaz B, A. (2000). Empleadores de Universitarios. Un estudio de sus opiniones. CESU. 1ª reimp. México D.F.
4. Inmon, W. H.; Hackathorn; Richard D. (1994). Using the Data Warehouse. New York: John Wiley & Sons. ISBN: 0-471-05966-8.
5. Inmon, W.H. (1996). Building the Data Warehouse. Wiley Computer Publishing.
6. Kroenke, D. (1998). Database Processing, Fundamentals, Design and Implementation, Prentice Hall.
7. Méndez, P. (2004). Estudio de Egresados 2004, Centro Universitario de los Altos, ISBN: 970-27-0709-0.
8. Rollin K. (1995). La regulación de la educación superior en México. ANUIES. México. D.F.

**Cómo citar este artículo:** Madrid Monteverde J.D, Ponce Mendoza U, García Gorrostieta J.M.(2022). Una aproximación, de los Almacén de Datos, en el Seguimiento de Egresados en Educación Superior. INVURNUS, 17 (1) 1-10.

