

# Uso de Dispositivos Electrónicos en las Actividades Laborales durante la Pandemia COVID-19

Araceli Ibáñez Cruz<sup>1</sup>, MCCyT María del Carmen Montesinos Hernández<sup>2</sup>,  
L.I. Carlos Enrique Morales Bautista<sup>3</sup> y L.I. Erahín Pacheco Luna<sup>4</sup>

**Resumen**—En este artículo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo con la finalidad de conocer el impacto de los dispositivos electrónicos utilizados para las actividades laborales durante la pandemia COVID-19. La metodología utilizada consiste en procesar y analizar información que permite identificar los diferentes dispositivos utilizados, el incremento del uso del internet y los sectores empresariales y de trabajo que se han favorecido durante la pandemia COVID-19. El resultado obtenido permite concluir que digitalizar los procesos y utilizar el comercio electrónico es clave ante este nuevo contexto; se suma la necesidad de personal que requiere estar preparado para utilizar herramientas de teletrabajo en medio del estado de confinamiento y muy probable en la llamada nueva normalidad en el contexto post-COVID-19.

**Palabras clave**—COVID-19, actividades laborales, dispositivos electrónicos, comercio electrónico, nueva normalidad, teletrabajo, herramientas digitales.

## Introducción

Dada las condiciones del brote del coronavirus (COVID-19) ha sido clasificado como una pandemia por la Organización Mundial de la salud (OMS). Y por ende las características de trabajo se han visto afectadas, modificando las actividades que normalmente desarrollamos.

La llegada de los dispositivos móviles ha revolucionado al mundo, generando un cambio en el almacenamiento y procesamiento de la información, además al ser dispositivos inteligentes permiten al usuario la instalación y configuración de aplicaciones, administrando con ello sus recursos. Una de las características más distintivas es que permiten que la comunicación sea más accesible, inmediata y de más bajo costo, alcanzando los diferentes entornos sociales, culturales, comerciales y educativos.

Con el confinamiento se genera la necesidad de evitar el contacto físico y de realizar el mayor número de actividades desde casa, el sistema educativo ha retirado a sus estudiantes de las aulas y se opta por la utilización aulas virtuales para el intercambio de actividades, para las clases en línea se utilizan distintas plataformas como meet, zoom, teams, jitsi; accediendo por medio de aplicaciones móviles y/o aplicaciones web.

En las actividades laborales no hay diferencias notables ya que existe la necesidad de crear grupos de trabajo que se puedan comunicar por medio de reuniones virtuales, que permitan presentar y compartir información, utilizando el almacenamiento en la nube. Incluso aplicaciones como WhatsApp se han vuelto necesarias para que la comunicación sea fluida a un muy bajo costo.

La finalidad de la investigación es conocer el impacto que tuvo el uso de los dispositivos electrónicos en las actividades laborales durante la pandemia COVID-19, por lo cual se realiza una exploración que permite conocer los diferentes dispositivos que se han ocupado, así como el incremento del uso del internet durante la pandemia e identificar los sectores empresariales y de trabajo que se vieron favorecidos durante la pandemia COVID-19.

Las computadoras llegaron a ser una herramienta estándar en la mesa de trabajo. Durante la década de 1990 se difundió el uso de la Internet. En 1993 había 130 sitios Web; al inicio del nuevo siglo (en 2001) había más de 24 millones. Las compañías se esforzaban por establecer su página de inicio y muchos de los primeros desarrollos de la transmisión por radio tenían algo en común con la Internet: el intercambio de información y el comercio electrónico

<sup>1</sup> Araceli Ibáñez Cruz es egresada de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Oaxaca. [114920443@voaxaca.tecnm.mx](mailto:114920443@voaxaca.tecnm.mx).

<sup>2</sup> MCCyT María del Carmen Montesinos Hernández es Profesora de Ingeniería Informática y Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Departamento de Ciencias Económico – Administrativas, Ex-hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [maria.mh@voaxaca.tecnm.mx](mailto:maria.mh@voaxaca.tecnm.mx) (autor corresponsal)

<sup>3</sup> L.I. Carlos Enrique Morales Bautista es Profesor de Ingeniería Informática y Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Departamento de Ciencias Económico – Administrativas, Ex-hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [carlos.mb@voaxaca.tecnm.mx](mailto:carlos.mb@voaxaca.tecnm.mx)

<sup>4</sup> L.I. Erahín Pacheco Luna es Profesor de Ingeniería Informática y Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Departamento de Ciencias Económico – Administrativas, Ex-hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. [erahin.pl@voaxaca.tecnm.mx](mailto:erahin.pl@voaxaca.tecnm.mx)

estimularon el tremendo crecimiento económico de esa década. La Internet llegó a ser especialmente importante para científicos e ingenieros, convirtiéndose en una de las herramientas de comunicación científica más importantes jamás desarrolladas. (Floy, 2008).

El ámbito laboral ha sufrido el embate de las nuevas tecnologías. Su introducción en el mundo laboral ha transformado, en profundidad, la realidad productiva: la utilización del correo electrónico, el acceso a Internet, la utilización sindical de intranet, la aceptación de la firma electrónica como modo de contraer obligaciones contractuales y de finalizarlas (la dimisión electrónica), el tratamiento automatizado de datos e informaciones relativas al trabajador, la aplicación de las nuevas tecnologías en la vigilancia y control de la prestación laboral, el teletrabajo, son algunas de las manifestaciones de la generalización de las nuevas tecnologías en la empresa (Cardona, 2013).

El impacto de las TIC en el mundo laboral ha dado lugar a importantes cambios en la forma de trabajar, los dispositivos a utilizar, la ubicación y el propio entorno de lo que se conoce como lugar de trabajo. Ante estos nuevos escenarios, resulta primordial poder identificar no sólo los beneficios sino también los nuevos riesgos emergentes, de manera que su análisis pueda ayudar a evaluar los cambios y efectos que susciten estas nuevas situaciones de trabajo. (González, 2019).

Arroyo (2013) considera como ventaja que la mayor parte de los dispositivos móviles incorporan conectividad WiFi, este tipo de redes está ampliamente extendido por nuestra geografía, cada vez en más hogares, y es frecuente encontrar acceso libre en algunos lugares públicos (bares, hoteles, instituciones educativas, etc.), que lo ofrecen como un servicio más. Por ello Rodríguez (2019) menciona que la difusión del Smartphone durante la presente década ha supuesto un crecimiento de la cantidad de población que accede a internet a través de dispositivos móviles, en lugar de hacerlo desde fijos como el ordenador. Se espera que para el año 2025 más del 60% de los habitantes del mundo se conecten a las redes mediante el móvil, cifras bastante más elevadas si atendemos a las previsiones de regiones como Europa (82%) o Norteamérica (80%).

La aparición de una pandemia originada por el virus del COVID-19, ha orillado a que las medidas de confinamiento induzcan una gran caída inmediata de la actividad económica. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), citado por Bonaglia et al. (2020) considera que el uso de las tecnologías digitales y la expansión de internet han sido decisivos para mantener cierta continuidad en los negocios, los empleos o la educación a distancia, aunque la brecha digital, en particular la falta de internet de banda ancha de alta velocidad, ha impedido que se beneficie toda la ciudadanía. Yendo más allá, las tecnologías digitales pueden desempeñar un papel crucial en la recuperación, al tiempo que abordan el persistente problema de la baja productividad.

Por otra parte el uso de dispositivos electrónicos ha aumentado y se evidencia un crecimiento exponencial en aplicaciones de e-commerce y pagos online, para comprar víveres; la telemedicina, para atender consultas de salud remotas, y el teletrabajo, para mantener las tareas laborales desde casa. Esto conlleva a reclamar mejoras en la conectividad en casa para acceder a servicios de educación a distancia por las mañanas y a las aplicaciones de películas y juegos en línea por las noches. En los negocios autorizados para atender al público, la tecnología permite monitorear los síntomas de la COVID-19, mediante termómetros digitales a distancia y cámaras termográficas. Nieto (2020) menciona que en la primera mitad del 2020 se han vendido más de 953 mil computadoras para uso de consumo en México; el 72% han sido equipos portátiles, según lo menciona International Data Corporation (IDC).

Los tres principales medios para la conexión a internet en 2020 fueron: celular inteligente (Smartphone) con 96.0%, computadora portátil con 33.7% y con televisor con acceso a internet 22.2%. (Fernández, 2021)

El teletrabajo reaparece como alternativa principal de las empresas, de cara a la necesidad de un nuevo modelo laboral descentralizado, distribuido y digital. Ello implicó una separación física de las oficinas y sus empleados, adaptando nuevas tecnologías para mantener la continuidad del negocio, con la mejora en la experiencia para todos, convirtiéndose en una opción para mantener activas las operaciones de empresas e instituciones públicas que pueden desarrollarse de manera remota. (Enríquez y Sáenz, 2021)

Las ventajas de las nuevas tecnologías en el empleo son la optimización de los procesos, optimizando los aspectos de comunicación y seguridad a través de diversas vías que se utilizan como el marketing data, por ejemplo, que administra bases de datos de uso confidencial, con el fin de hacer el proceso más eficiente; la adaptabilidad a los cambios del entorno ya que permiten a organizaciones y empresas adaptarse a los distintos cambios que se generan en el entorno, incorporando las transformaciones que le ayudan a ser más eficientes en la gestión; la posibilidad de progreso ya que los muros se han derribado, las distancias se acortan, las ventanas del progreso se abren, dando paso a nuevas oportunidades, que facilitan a las PyME, por ejemplo, tener mayor competitividad en el mercado.

## Descripción del Método

### Metodología utilizada

Consiste en procesar y analizar gran cantidad de volúmenes de datos, resumiéndolos en tablas, gráficos e indicadores, que permitan tener una mejor comprensión de las características concernientes al fenómeno estudiado. Los puntos que se analizan son: Los diferentes dispositivos electrónicos, crecimiento de conexiones a internet y sectores laborales que se vieron favorecidos con el uso de dispositivos electrónicos

Los puntos anteriores se basan en el estudio antes y durante la pandemia COVID-19 y sus indicadores en el año 2021 en el cual también se encuentran diversos puntos que se consideran relevantes los cuales se mostraran en los resultados.

La estadística trata del recuento, ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones. Un estudio estadístico consta de las siguientes fases: Recogida de datos, Organización y representación de datos, Análisis de datos y Obtención de conclusiones.

Recogida de datos, donde se realiza la selección y determinación de la población o muestra y características contenidas que se desean estudiar. En este paso se identifican los diferentes dispositivos electrónicos y de las características de estos, sus diferentes tipos, uso individual, costo. Crecimiento de conexiones a internet de usuarios antes y después de la pandemia, en los estados de la república mexicana, incremento del ancho de banda y el tipo de dispositivo electrónico más utilizado para esta conexión a internet. Sectores laborales que se vieron favorecidos con el uso de dispositivos electrónicos.

Obtención de los datos, que se realiza mediante la observación directa de los elementos y la búsqueda de información en fuentes confiables.

Clasificación tabulación y organización de los datos. En este paso se registran los datos recogidos de tal manera que permite analizarlos en tabuladores o gráficos.

Análisis descriptivo de los datos. Una vez recogido los datos obtenidos de la encuesta, se procede al análisis descriptivo de los mismos y el impacto de los dispositivos en el entorno laboral durante la pandemia.

## Comentarios Finales

De manera general la realización de la investigación, permite observar y apreciar aspectos de los diferentes dispositivos electrónicos, sus herramientas y procesos ante la pandemia de COVID-19 en el ámbito laboral y educativo, tales como tabletas, los computadoras portátiles y smartphones.

### Resumen de resultados

Las consecuencias del COVID-19 no tienen precedentes, el mundo empresarial ha sido fuertemente golpeado. Para sobrevivir ante este fuerte impacto, muchas empresas han tenido que recurrir al uso intensivo de herramientas tecnológicas para poder implementar el teletrabajo, realizar compras y ventas online, así como gestionar procesos de producción de forma remota. En particular, durante el 3T2021 11.7% de la fuerza laboral potencial tenía disponibilidad para trabajar pero se encontraba desmotivado para participar económicamente; 10.9% tuvo empleo pero con menos horas laborales que las deseadas (subocupación); y 3.7% buscó empleo activamente pero no lo encontró (desocupación), tal como se muestra en la figura 1. Pero esto constituye un gran reto no solo para las empresas sino también para los trabajadores, en especial para las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes), las cuales tienen un mayor desafío para poder subirse a la ola digital.



Figura 1. Brecha laboral. Fuente: <https://imco.org.mx>

Según los datos obtenidos los usuarios conectados a internet durante los últimos tres años son 32% en 2018, 34% en 2019 y 34% en 2019. Dentro de las plataformas más utilizadas para el trabajo se encuentran zoom con 39.1%, Microsoft teams con 26.1%, Dropbox con 17.4% y un 17.4% incluye a otras herramientas que se han utilizado.

Ante esta situación y durante el resguardo, las empresas han buscado la forma de seguir generando ingresos para sostenerse en el mercado y una vía para ello ha sido el apoyarse en las herramientas digitales, en México los usuarios de internet, entre 16 a 64 años de edad, usan diversos dispositivos móviles. Porcentualmente estos se clasifican en:

- Celulares (cualquier tipo): 98.9% .
- Teléfonos inteligentes (smartphone): 98.7%.
- Teléfonos móviles sin características “inteligentes”: 11.4%.
- Laptops y/u ordenadores de escritorio (pc): 74.2%.
- Tablets: 48%.
- Televisores inteligentes para ver contenido en línea (como Netflix): 24%.
- Consolas de videojuegos: 48.3%.
- Dispositivos inteligentes para el hogar (Smart Home): 12.2%.
- Relojes inteligentes: 22.6%.
- Dispositivos de realidad virtual: 6.3%.

Casi todos los dispositivos muestran un aumento en el número de usuarios respecto al año anterior, exceptuando: las laptops y ordenadores (usadas por el 76% el año pasado), los teléfonos móviles sin características inteligentes, (por el 13% de usuarios) y las tablets (por el 50% de usuarios).

Digitalizar los procesos, utilizar el comercio electrónico es clave ante este nuevo contexto; a estas dos nuevas necesidades tecnológicas se le suma la necesidad del personal que requiere estar preparado para utilizar herramientas de teletrabajo en medio del estado de confinamiento y muy probable en la llamada nueva normalidad en el contexto post-COVID-19. Existen 88.24 millones de usuarios de internet que acceden a este servicio a través de sus celulares, esto sería el 95.9% del total de la población mexicana activa en internet como se muestra en la figura 2.

Las tecnologías necesarias para atender estas necesidades existen hoy por hoy; sin embargo, antes del COVID-19 el uso de herramientas digitales en las empresas era muy poca, limitándose solo al uso de correo electrónico y tener una presencia en internet mediante página web y en redes sociales. Se debe considerar si las empresas y en especial las “Mipymes”, realmente requieren enfrentar el desafío empresarial que representa el nuevo contexto, el camino de la transformación digital es una necesidad. Para esto necesitan dotarse muy rápidamente de una serie de herramientas tecnológicas de conectividad y de gestión. En la figura 3 se muestra el valor del mercado digital publicitario.



Figura 2. Uso de internet a través de dispositivos móviles. Fuente: <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-mexico-en-el-2020-2021/>

En 2019, en México se invirtió un total de 2.42 billones de USD en publicidad digital. Las agencias de publicidad digital en México han podido hacerle frente a la crisis del COVID-19 en el 2020 adaptándose a las nuevas dinámicas comerciales que demanda la pandemia.

Durante la pandemia muchas empresas cerraron sus centros de operación y los empleados fueron desplazados a sus hogares e hicieron que sus casas sean sus nuevas oficinas, algo sucedido de un día a otro. Así de esta manera, los empleados tuvieron que diversificar la forma de trabajar y producir resultados en sus empleos, para ello se generó la necesidad de apoyarse en la tecnología y del trabajo a distancia. Las compañías de internet que se contrataron más

durante la pandemia COVID-19 han sido izzi con 31%, megacable con un 30%, Telmex con un 26% y dish con un 13%.



Figura 3. Valor del mercado digital publicitario. Fuente: <https://branch.com.co/marketing-digital+/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-mexico-en-el-2020-2021/>

Las empresas han aprendiendo que el trabajo remoto es una solución efectiva para evitar la proximidad y la interacción física en tiempos de pandemia. Herramientas como videoconferencias y herramientas ofimáticas en la nube permiten trabajar conectados, lograr coordinaciones de trabajo más efectivas y poder entregar información confiable en tiempo real. Sin embargo, dada la rapidez con la que se ha producido la crisis hay temas de seguridad de la información que no se han tomado en cuenta y que debería ser una fuente de atención por parte de la dirección estratégica de la empresa

Las actividades principales que los usuarios mexicanos, entre 16 y 64 años de edad, realizan cada mes desde sus dispositivos móviles, son las siguientes:

El 61.7% ha realizado una videollamada, 47.4% ha visto programas de TV, el 45.5% ha escaneado un código QR, el 26.7% ha utilizado plataformas de pagos y el 13.4% ha utilizado el teléfono como boleto para viajar en un avión.

Las metodologías ágiles serán ahora más que nunca un gran apoyo en las áreas de operaciones para la implementación de proyectos y de marketing en el desarrollo de productos.

Finalmente, debemos recalcar que las acciones por desarrollar han de estar enfocadas en desarrollar capacidades digitales y con estas poder mejorar o adaptar sus productos y servicios de acuerdo con el contexto de pandemia y post-pandemia. Todo esto por medio de la adopción de tecnologías antes usadas por algunas pocas empresas como infraestructura tecnológica en la nube, tecnologías de teletrabajo, e-commerce, ciberseguridad, big data e inteligencia artificial, entre otras.

Los Smartphone han sido de mayor uso, ya que este medio de comunicación funciona como una mini computadora por su fácil manejo, lo anterior mencionado ha sido de gran impacto, debido al incremento considerable en la adquisición de estos dispositivos, así como el de sistemas que ayuden y potencialicen la solución o ejecución de las actividades pertinentes en cada ámbito en el cual toca desenvolverse, así mismo, muestra resultados sobre a integración de estos, menciona el mejoramiento de la experiencia de conexión y fácil manejo. Esto por el alto porcentaje de personas quienes necesitan y controlan su conexión en dichos dispositivos, mejorando así el desempeño laboral, comunicación y resguardando la salud de ellos y sus familias.

El uso efectivo o erróneo que se le da a los dispositivos móviles influye en la comunicación y productividad, es necesario fortalecer los conocimientos y capacidades de los dispositivos, esto depende también en gran medida a la edad de cada uno de las personas que lo utilice, ya que determina el grado de interés y responsabilidad.

Cabe mencionar que aún hace falta reforzar algunas áreas específicas en las herramientas o calidad de estos, desde un punto de vista particular, se recomiendo el uso de un ordenador portátil para el entorno laboral ya que se tiene mayor comodidad y una mayor eficiencia al estar trabajando, de igual forma se ha dado a conocer las herramientas más utilizadas durante la pandemia como zoom y Microsoft Teams, cuyo uso se ha incrementado ya que a través de estas plataformas se pueden hacer videoconferencias, crear chats con distintos canales, lo que permite a los trabajadores conectarse a través de su desktop o dispositivo móvil.

Sería conveniente desarrollar futuras investigaciones, modificaciones o sistemas en las que se estudiara con mayor detenimiento la concepción y la importancia de estrategias y planes para reforzar y fomentar el desarrollo de un buen uso y apoyo de los dispositivos electrónicos.

### Conclusiones

De acuerdo a la investigación realizada se puede observar que durante el inicio de la pandemia hasta el día de hoy, se ha generado un incremento considerable el uso de plataformas digitales así como el uso de los dispositivos electrónicos para las actividades que se realizan en el entorno laboral, así mismo para el año 2021 en la ciudad de México se incrementa a 92.01 millones de personas que conectadas a internet.

La contingencia del 2020, al igual que para otros países, ha impactado en la dinámica digital mexicana. El confinamiento y la necesidad por estar conectados, ha generado un crecimiento en el uso de plataformas digitales.

México abre el 2021 con 92.01 millones de personas conectadas a internet, principalmente mediante dispositivos móviles. El porcentaje de internautas reporta un incremento de 4%, sumando 3.5 millones de nuevos usuarios y el uso de redes sociales aumenta en un 12.4%, lo que representa 11 millones de nuevos usuarios activos en Facebook y YouTube principalmente.

Si bien México no se escapa del desbalance económico regional producido por la pandemia, el crecimiento del comercio electrónico se ha potenciado en los últimos años con el propósito de hacerle frente a la “nueva normalidad”. El mayor uso de las plataformas digitales se dirige a satisfacer necesidades de bienes y servicios que ofertan las empresas y que las personas utilizando algún dispositivo electrónico pueden acceder: el 90,5% de las personas realizan búsquedas en línea sobre productos y servicios y el 92,4% de los usuarios visitan páginas webs retail o tiendas digitales.

La pandemia ha acelerado la transformación digital tanto en el entorno educativo como en el laboral, haciendo que muchas personas se vieran obligadas a trabajar desde sus hogares utilizando las herramientas necesarias para poder trabajar teniendo como medio de comunicación el uso del celular y el correo electrónico.

### Recomendaciones

Se recomienda el uso de esta información generada para múltiples fines, entre ellos la educación, el comercio electrónico y trabajo en casa, son múltiples las posibilidades que se pueden lograr para emprender en cualquiera de los aspectos, sin embargo se debe considerar a la información como prioridad, por ello es importante hacer hincapié en el adecuado manejo físico de los dispositivos electrónicos y mantenerlos en buenas condiciones, ya sean personales o de la empresa. La concienciación del personal es un aspecto importante de seguridad para que no sea vulnerable por el uso de dispositivos móviles, personales o corporativos, contribuye a la adopción de las políticas y estrategias de seguridad establecidas para el acceso a los datos y recursos de la compañía. De igual forma en el caso de que el personal vaya a utilizar sus dispositivos propios, se le debe concienciar en aspectos tales como el uso de contraseñas complejas de bloqueo/desbloqueo de sus equipos, utilizar firewalls, realizar respaldos, uso de antivirus para el análisis de datos y aplicaciones, configurar opciones de bloqueo y/o borrado de datos del dispositivo en caso de pérdida o robo entre muchas otras buenas prácticas que en la actualidad existen para un uso seguro de los dispositivos en las redes empresariales.

### Referencias

- Cardona R., M. B. 2013. Las relaciones laborales y el uso de las tecnologías informáticas. Titular Universitaria Departamento de Derecho del Trabajo. Universidad de Valencia.
- Floy, T. L. 2008. Dispositivos electrónicos. octava edición. Editorial Perason Educación. Mexico. pp xi-xiii.
- González M., E. 2019. Principales consecuencias para la salud derivadas del uso continuado de nuevos dispositivos electrónicos con PVD. Revista Española de Salud Pública. Vol.(93): 7
- Arroyo Natalia. “Información en el móvil”. Editorial UOC. ISBN 8490298475, 9788490298473. 2013
- Pablo Rodríguez Canfranc . “Teléfonos inteligentes. Abriendo las puertas al mundo digital”. Fundación telefónica. España. 2019
- Federico B., Nieto P. S., Vázquez Z. J.J. “Una mirada al futuro post-COVID-19 hacia un nuevo pacto social en América Latina y el Caribe”. Localización: Análisis Carolina, ISSN-e 2695-4362, N° 21, 2020
- Nieto A. “Impulsa pandemia la movilidad en el mercado de cómputo”. *esemanal.mx*. 20 de septiembre de 2020. Tomado de: <https://esemanal.mx/2020/09/impulsa-pandemia-la-movilidad-en-el-mercado-de-computo/>
- Enríquez A. y Sáenz C., “Primeras lecciones y desafíos de la pandemia de COVID-19 para los países del SICA”, serie Estudios y Perspectivas-Sede Subregional de la CEPAL en México, N° 189 (LC/TS.2021/38; LC/MEX/TS.2021/5), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021
- Fernández, D. “¿Cuántos usuarios de internet hay en México?”. [Comentario en la página web el sol de Toluca, tecnología]. El Sol de Toluca. (8 de julio de 2021). <https://www.elsoldetoluca.com.mx/finanzas/tecnologia/cuantos-usuarios-de-internet-hay-en-mexico-6936210.html>

# Efecto en la Cinemática de un Fluido Contenido en un Recipiente Cilíndrico al Colocar Baffles Verticales

Arturo Lizardi R.<sup>1</sup>, Raymundo López C.<sup>2</sup>, Hilario Terres P.<sup>3</sup>, Sandra Chávez S.<sup>4</sup>, Mabel Vaca M.<sup>5</sup>,  
Araceli Lara V.<sup>6</sup>, Oscar F. Delgado R.<sup>7</sup>

**Resumen**—Se analizó el campo de velocidades de un fluido newtoniano contenido en un tanque cilíndrico que está provisto de cuatro baffles verticales y cuyo movimiento se genera por la rotación de una flecha que tiene un impulsor de disco y uno de flujo axial. Las ecuaciones que definen la cinemática del fluido son las de Navier-Stokes en coordenadas cilíndricas. Con la metodología y el método numérico se obtuvieron los campos de velocidad ( $\vec{V}$ ) en un corte longitudinal y transversal del sistema y la velocidad radial ( $u$ ) y axial ( $w$ ). El análisis del campo de velocidades en la sección longitudinal mostró que se componen de dos flujos circulatorios ubicados en la parte inferior y superior de los impulsores. En la vista transversal se presentó un flujo circulatorio principal y en la periferia de los baffles, en la zona de aguas arriba, se hallaron los valores más altos de la velocidad, comparados con los de aguas abajo. Contrastando la velocidad entre el arreglo con impulsor de flujo axial respecto al de disco, se encontró que la magnitud en los sitios seleccionados, para el corte longitudinal y transversal, se incrementó 12.65, 5.48, 3.89 y 0.23 veces, y 1.65, 0.96, 1.02 y 3.27 veces, respectivamente.

**Palabras clave**—Flujo rotatorio, baffles, velocidad radial y axial, impulsores.

## Introducción

La homogenización y la disolución de dos o más sustancias en un recipiente, así como los procesos de transferencia de calor para enfriamiento o calentamiento, usualmente se consiguen mediante la agitación y mezclado en los procesos industriales. En la agitación se incita al fluido a un movimiento circulatorio en el interior del recipiente, a través de medios mecánicos. En el mezclado se pretende obtener la máxima interposición entre materiales para conseguir un grado de uniformidad entre los mismos. Según el grado de mezclado de las sustancias, el resultado puede ser una solución, un coloide, o una dispersión micro o macroscópica: emulsión, suspensión o espuma, Achouri R. *et al* (2012) y Ameer H. (2016). El análisis numérico es una herramienta matemática que emplea algoritmos iterativos para resolver problemas en los cuales la matemática simbólica resulta ser poco factible, de tal manera que se ha dado su uso de manera muy marcada en los últimos años. El caso que nos aqueja no es la excepción en cuanto al uso de estas herramientas, ya que las ecuaciones de Navier-Stokes son expresiones diferenciales parciales no lineales que se encuentran fuertemente acopladas. Algunos trabajos que están relacionados con el problema a tratar comienzan con Pao H-P (1972) quien propuso un método numérico para estudiar el flujo de un fluido viscoso confinado en una cámara cilíndrica donde la tapa superior estaba rotando a una velocidad angular constante y las paredes y fondo del recipiente permanecían fijos. Analizó la función corriente, la circulación, la distribución de velocidades y el coeficiente de par para un rango del número de Reynolds de 1 a 400. Bertelá, Gory F. (1982) presentaron un método que permitía resolver el flujo estable y transitorio de un fluido dentro de un depósito cilíndrico con la cubierta rotando. En el estudio analizaron las componentes de velocidad, líneas de corriente y coeficiente de torque para un número de Reynolds de 100 y 1000, y para una relación geométrica de 0.5, 1 y 2. Khalili A. *et al* (1995) obtuvieron una solución numérica para un flujo laminar inducido dentro de un cilindro por un disco rotatorio situado asimétricamente respecto a la altura. Presentaron el análisis de las líneas de corriente, componente de velocidad tangencial y coeficiente de torque para distintos posicionamientos del disco, para una relación geométrica de 1 a 2 y para un rango del Reynolds de 1 a 5000. Yu P. *et al* (1980) estudiaron numéricamente el flujo en una cámara cilíndrica con un disco giratorio situado muy cerca del fondo y cuyo radio era menor al de la cámara. Se analizaron las líneas de corriente, momento angular y vorticidad, para diferentes Reynolds (1000, 1500 y 2000), relación geométrica H/R (1.5) y relación de radios R/rd (1.5, 1.8, 2.0, 2.2, 2.6, 3.0, 5.0). Achouri R. *et al* (2012) realizaron el estudio de un tanque agitado con impulsores de pala inclinada PBT (Pitched Blade Turbine) compuestos por seis alabes y con flujo descendente. El tanque se simuló para flujos multifásicos de gas-líquido a una velocidad constante de 480 rpm y dos inclinaciones de alabes: 45° y 60°. Ameer H. (2016) presenta los resultados numéricos sobre la mezcla de fluidos con agitadores de dos placas planas verticales e inclinadas. Analizó los efectos del ángulo de inclinación de las palas sobre las características locales y globales de la

<sup>1</sup> El M. en C. Arturo Lizardi Ramos, es profesor en Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana, México arlr@azc.uam.mx

<sup>2</sup> El Dr. Raymundo López Callejas, es profesor en Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana, México rlc@azc.uam.mx

<sup>3</sup> El Dr. Hilario Terres Peña, es profesor en Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana, México tph@azc.uam.mx

<sup>4</sup> La M. en C. Sandra Chávez, Sánchez es profesora en Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana, México scs@azc.uam.mx

<sup>5</sup> La Dra. Mabel Vaca Mier, es profesora en Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana, México mvm@azc.uam.mx

<sup>6</sup> La Dra. Araceli Lara Valdivia, es profesora en Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana, México arlv@azc.uam.mx

<sup>7</sup> El Lic. Oscar F. Delgado Román, es ayudante en Ingeniería en la Universidad Autónoma Metropolitana, México al2163000719@azc.uam.mx

mezcla, y estudió el efecto del Reynolds con el comportamiento reológico de la mezcla. En esa investigación se pretende obtener el campo de flujo en estado permanente de un fluido newtoniano, viscoso e incompresible, contenido en un recipiente cilíndrico vertical cerrado, con fondo semielíptico, al cual se le ha provisto de cuatro baffles a lo largo de la envolvente cilíndrica. El movimiento del fluido se induce con una flecha que gira en sentido horario y que tiene montado en uno de sus extremos un impulsor de disco y uno de flujo axial con tres álabes rectos inclinados  $30^\circ$ , respecto al eje de la flecha. El planteamiento matemático se basa en las ecuaciones Navier-Stokes en coordenadas cilíndricas, en estado permanente, junto con las condiciones de frontera apropiadas. Los resultados se obtendrán al comparar los campos del vector velocidad ( $\vec{V}$ ), en cuatro posiciones de interés, para los dos arreglos, además se examinará el comportamiento de las componentes de velocidad radial ( $u$ ) y axial ( $w$ ). El fluido a manejar será agua y se tendrá una relación altura/radio del contenedor constante y la misma velocidad angular.

### Modelo físico

El modelo a analizar consiste en una cámara cilíndrica vertical cerrada de 9 cm de diámetro, 9 cm de longitud en la envolvente y 3 cm en el fondo semielíptico. Al tanque se le colocan cuatro baffles de 9 cm de longitud vertical, 1 cm de ancho y 0.2 cm de espesor. El eje de rotación consta de una flecha de 9.5 cm de longitud y 1.0 cm de diámetro. A la flecha se le coloca en uno de sus extremos, por separado, un impulsor de disco y uno de flujo axial. El impulsor de disco tiene 4 cm de diámetro y 0.5 cm de altura (Figura 1 y 2). El impulsor de flujo axial tiene un diámetro proyectado de 4 cm, tres álabes rectos de 0.5 cm de altura por 0.1 cm de espesor y están inclinados  $30^\circ$  respecto al eje de la flecha de rotación (Figura 2 y 3). Los impulsores se acoplan a la flecha y giran en sentido horario a una velocidad angular constante de 13.61 rad/s. La geometría del impulsor de flujo axial tiene por objeto que al girar en sentido horario proyecte al fluido hacia el fondo del tanque, mejorando con ello el movimiento del líquido en el contenedor. La sustancia empleada en la simulación es agua y se considera como un fluido viscoso e incompresible de propiedades físicas constantes.

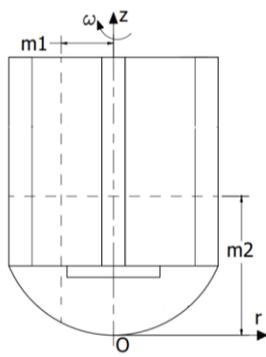


Figura 1. Sistema con impulsor de disco y líneas de referencia para el análisis de velocidad

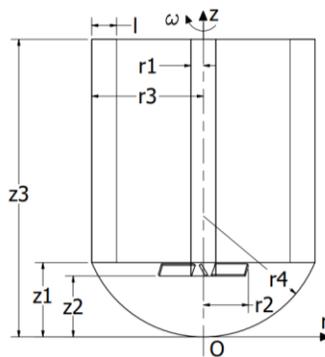


Figura 2. Sistema con impulsor de flujo axial

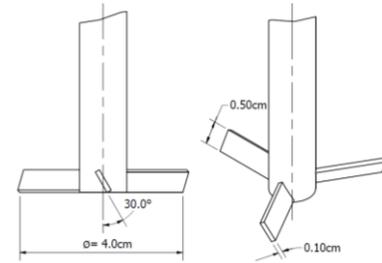


Figura 3. Esquema del impulsor de flujo axial

### Ecuaciones gobernantes

Las expresiones que gobiernan el movimiento de un fluido newtoniano, viscoso, incompresible, en estado permanente, en el interior de una cámara cilíndrica, son las ecuaciones de Navier-Stokes en coordenadas polares cilíndricas Landau y Lifshitz (1982), Tijonov A. N. y Samarsky A. A. (1980).

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(ru) + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{v}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} - \frac{v^2}{r} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + \nu \left[ \nabla^2 u - \frac{u}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v}{\partial \theta} \right] \quad (2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} - \frac{uv}{r} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \nu \left[ \nabla^2 v - \frac{v}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u}{\partial \theta} \right] \quad (3)$$

$$u \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{v}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \nabla^2 w + g \quad (4)$$

En estas ecuaciones las incógnitas son las tres componentes de velocidad: radial (u), azimutal o tangencial (v), y axial (w); y la presión (P). Además, la presión en el seno del fluido depende de las componentes de velocidad. Las condiciones de frontera apropiadas para el arreglo con impulsor de disco se muestran en la Tabla 1.

$r = 0$ $0 \leq z \leq z_3$	$u = 0,$	$v = 0,$	$\frac{\partial w}{\partial r} = 0$	(5)
$r = r_3, r = r_1$ y $r = (r_3 - l),$ $z_1 \leq z \leq (z_3 - z_1)$	$u = 0,$	$v = 0,$	$w = 0$	(6)
$0 \leq r \leq r_3, z = z_3$ $0 \leq r \leq r_2, z = z_1$ $0 \leq r \leq r_2, z = z_2$	$u = 0,$	$v = 0,$	$w = 0$	(7)
$r = r_3, z_1 \leq z \leq z_2$	$u = 0,$	$v = \omega r,$	$w = 0$	(8)

Tabla 1. Condiciones de frontera para el modelo con impulsores de disco

En las ecuaciones anteriores  $r_1$ ,  $r_2$  y  $r_3$  corresponden al radio de la flecha, del impulsor y del tanque, respectivamente;  $z_1$ ,  $z_2$  y  $z_3$  es la distancia desde el fondo del recipiente hasta la parte superior e inferior del impulsor, y de la tapa del depósito, respectivamente; y  $\omega$  es la velocidad angular a la que gira la flecha y los impulsores (Figuras 1, 2). El número de Reynolds (Re) que corresponde a sistemas rotatorios se define como:  $Re = \frac{\omega r_2^2}{\nu}$ . Para el arreglo con impulsor de flujo axial las condiciones de frontera son semejantes a las de los impulsores de disco, a diferencia de que se le asigna la condición de no deslizamiento y la ecuación  $v = \omega r$  a la superficie de los álabes del impulsor.

### Solución por simulación numérica

Para dar solución a las ecuaciones de movimiento, es decir, las ecuaciones de Navier-Stokes (1) a (4), junto con las condiciones de frontera (5) a (8), se utilizó el método numérico del elemento finito, a través de un software libre. La metodología empleada fue la siguiente:

- En el software se selecciona el entorno gráfico de los arreglos a estudiar. En este caso fue el de tres dimensiones, 3D.
- Se dibujan los sistemas a estudiar, según se indica en el modelo físico, y se generan los elementos de los arreglos. En los casos con impulsor de disco y de flujo axial se generaron 778751 y 853494 elementos, respectivamente. Cabe mencionar que se hizo un análisis de independencia de malla al analizar los campos de velocidad para diferente número de elementos.
- En el software se introducen el valor de las propiedades termo físicas del agua que permanecen constantes: viscosidad dinámica ( $\mu$ ), densidad ( $\rho$ ), calor específico (C), coeficiente de expansión volumétrico ( $\beta$ ) y conductividad térmica (k). La presión se maneja con el algoritmo de relajación (TDMA) y se utiliza el modelo k- $\epsilon$ , debido a que contempla números de Reynolds altos y supone tanto la viscosidad turbulenta como isotrópica.
- Se introducen las condiciones de frontera y se da el valor de la velocidad angular a la que va a girar la flecha y los impulsores, en este caso 13.61 rad/s en sentido horario.
- Se realizan las simulaciones de los arreglos hasta obtener su convergencia. De los resultados obtenidos se exportan las magnitudes de los campos de velocidad ( $\vec{V}$ ) y de las componentes de velocidad radial (u) y axial (w).

### Resultados y discusión

Una vez hecha la programación, se corrió el programa para los dos arreglos a estudiar. En ambas corridas se utilizó agua como fluido de trabajo y al tomar en cuenta la geometría del tanque se obtuvo un número de Reynolds de  $2.17 \times 10^4$ . Los campos de velocidad ( $\vec{V}$ ) generados en los recipientes con impulsor de disco y de flujo axial se presentan en las Figuras 4 y 5, respectivamente. Con el fin de comparar el desempeño del flujo, se muestran algunos valores de la velocidad para ciertos lugares de interés. Cabe señalar que se está considerando la dirección del flujo positiva en sentido horario (+) y negativa en sentido anti horario (-).

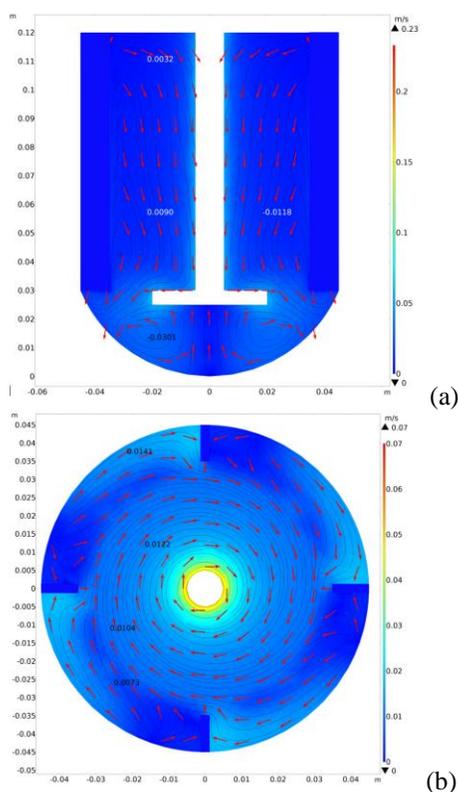


Figura 4 Campo de velocidades ( $\vec{V}$ ) para el arreglo con impulsor de disco

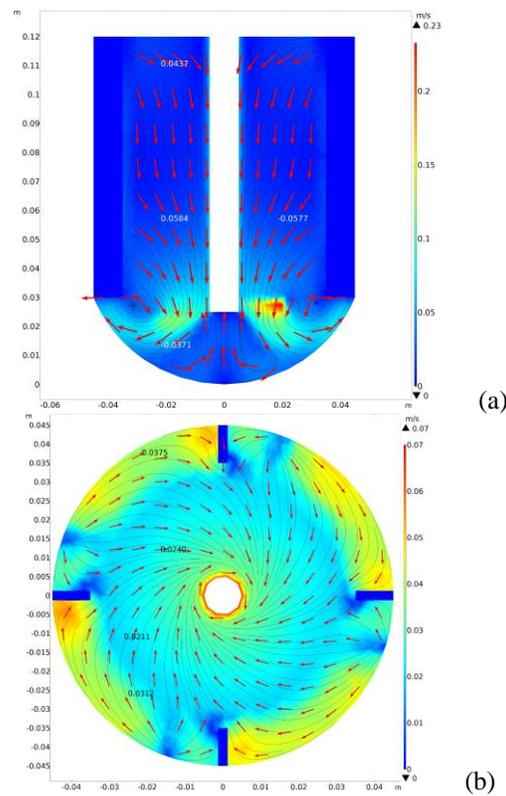


Figura 5 Campo de velocidades ( $\vec{V}$ ) para el arreglo con impulsor de flujo axial

En la Figura 4(a) se presenta el arreglo con impulsor de disco, se observa que de lado izquierdo y derecho del eje de rotación se generan dos vórtices de tamaño considerable que giran en sentido horario y antihorario, respectivamente. En la región que está por debajo del disco se observan dos vórtices más pequeños que se extienden hasta el fondo del depósito, éstos giran en sentido antihorario y horario, de lado izquierdo y derecho del impulsor, respectivamente. El campo de velocidades muestra que en las cercanías de la flecha y del disco impulsor se presentan las magnitudes más altas de la velocidad y que lejos de los mismos su intensidad va disminuyendo, llegando sus valores a cero sobre las paredes rígidas del recipiente y de los baffles. Los valores que toma el vector velocidad ( $\vec{V}$ ) en los puntos seleccionados son: +0.0032, +0.0090, -0.0118 y -0.0301 m/s. En la Fig. 4(b) se presenta una vista transversal, a la mitad de la parte recta del depósito. En ella se aprecia que el fluido gira en sentido horario desde el eje de rotación, donde toma los valores más altos, hasta las paredes del depósito, donde su magnitud disminuye. También se observa que en la zona de aguas arriba de los baffles, el fluido toma valores más altos que los de aguas abajo, donde se aprecia una región de estancamiento y de recirculación. La magnitud que toma la velocidad ( $\vec{V}$ ) en los puntos seleccionados son: 0.0141, 0.0122, 0.0104 y 0.0073 m/s.

En el arreglo con impulsor de flujo axial, Figura 5(a) y 5(b), se aprecia un comportamiento parecido al anterior, pero con mayores magnitudes. Los valores que toma el vector velocidad ( $\vec{V}$ ) en el corte longitudinal y para los puntos seleccionados son: +0.0437, +0.0584, -0.0577 y -0.0371 m/s, y para el corte transversal 0.0375, 0.0240, 0.0211 y 0.0312 m/s. En la Tabla 2 se indican las magnitudes de la velocidad ( $\vec{V}$ ) en los puntos referidos para los dos arreglos.

	Arreglo con impulsor de disco	Arreglo con impulsor de flujo axial
Vista longitudinal	+0.0032, +0.0090, -0.0118, -0.0301	+0.0437, +0.0584, -0.0577, -0.0371
Vista transversal	0.0141, 0.0122, 0.0104, 0.0073	0.0375, 0.0240, 0.0211, 0.0312

Tabla 2. Valores del vector velocidad ( $\vec{V}$ ) (m/s)

Al comparar los valores de la velocidad de la tabla anterior entre el arreglo con impulsor de flujo axial respecto al de disco, se encontró que la magnitud en los sitios seleccionados, para los cortes longitudinal y transversal, se incrementaron 12.65, 5.48, 3.89 y 0.23 veces, y 1.65, 0.96, 1.02 y 3.27 veces, respectivamente. Los resultados muestran que el impulsor de flujo axial favorece el movimiento del fluido en el interior del recipiente, conservando en el seno del fluido los mismos vórtices, pero con mayor intensidad.

Otro análisis que se hizo sobre el movimiento del fluido dentro del contenedor fue el del comportamiento de las componentes de velocidad radial ( $u$ ) y axial ( $w$ ) para dos posiciones de interés:  $m_1$  y  $m_2$ , Figura 1. En la Figura 6 se presenta la gráfica de la componente de velocidad radial ( $u$ ), variando la coordenada “ $z$ ”, para la línea de referencia  $m_1=2.25$  cm y para los arreglos con impulsor de disco y de flujo axial.

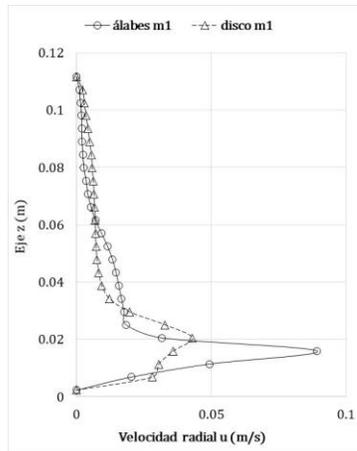


Figura 6. Velocidad radial ( $u$ ) en  $m_1$

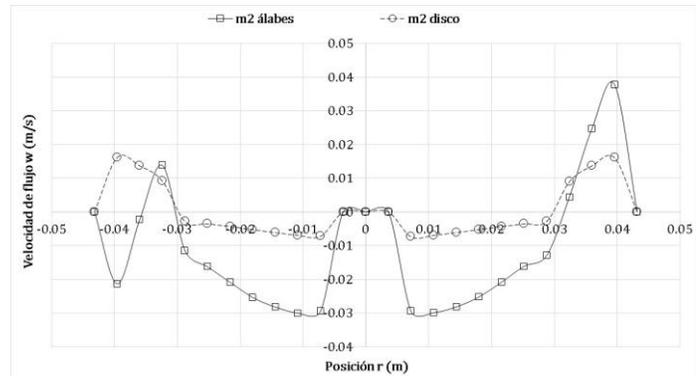


Figura 7. Velocidad axial ( $w$ ) en  $m_2$

Analizando la curva del arreglo con impulsor de disco se observa que la velocidad radial comienza en cero en el fondo del tanque. Posteriormente se aprecia que el fluido se mueve hacia el eje de rotación, esto se advierte por el signo positivo de la velocidad. Se observa que su magnitud se va incrementando hasta un máximo positivo de  $+43.03 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ . Después de la zona del impulsor, donde las velocidades son mayores, el valor de la velocidad comienza a decrecer a todo lo largo del tanque hasta alcanzar una magnitud de cero en la frontera superior. Para el caso del arreglo con impulsor de flujo axial se aprecia un comportamiento parecido al del caso anterior, es decir, se tiene una zona de velocidades altas en las cercanías del impulsor y posteriormente un decremento de la componente de velocidad a lo largo del tanque hasta llegar a la tapa del recipiente. La magnitud máxima positiva para este arreglo es de  $+89.31 \times 10^{-3}$ .

Comparando el valor máximo positivo del arreglo con impulsor de flujo axial respecto al de disco, se encontró que la magnitud de la componente de velocidad radial aumentó 1.07 veces. Lo anterior indica que, al colocar el impulsor de flujo axial en el sistema, se manifiesta un incremento favorable en esta componente de velocidad.

En la Figura 7 se muestra el comportamiento de la componente de velocidad axial ( $w$ ), variando la coordenada “ $r$ ”, en la posición de referencia  $m_2=4.25$  cm, Figura 1, y para los arreglos con impulsor de disco y de flujo axial. Para el arreglo con impulsor de disco la curva comienza en cero sobre la pared izquierda del tanque. Posteriormente, se aprecia que el fluido se dirige hacia la tapa del recipiente. Se observa que su valor alcanza un máximo positivo de  $+16.13 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  y de allí comienza a disminuir su magnitud hasta cambiar el sentido del flujo. Ahora el fluido se dirige hacia el fondo del contenedor. Su valor comienza a aumentar hasta un máximo negativo de  $-7.24 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ . Posteriormente su velocidad disminuye a cero sobre el eje de rotación. A continuación, su intensidad aumenta nuevamente hasta alcanzar otro máximo negativo de  $-7.40 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ . Después, el fluido retoma el movimiento hacia la tapa del depósito cambiando el sentido de flujo con un máximo positivo de  $+16.08 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ . Finalmente la velocidad axial se hace cero sobre la pared derecha del recipiente. Estos cambios en el sentido del flujo, al igual que la componente de velocidad radial, son generados por los vórtices que se presentan entre el disco impulsor y las paredes con deflectores. En el arreglo con impulsor de flujo axial el flujo se comporta de manera parecida, pero con mayores magnitudes. En la Tabla 3 se muestran los valores máximos y mínimos de la componente de velocidad vertical para los dos arreglos.

Impulsor	Posición m2
Disco	+16.13x10 <sup>-3</sup> , -7.24x10 <sup>-3</sup> , -7.40x10 <sup>-3</sup> , +16.08x10 <sup>-3</sup>
Flujo axial	+13.81x10 <sup>-3</sup> , -29.44x10 <sup>-3</sup> , -29.94x10 <sup>-3</sup> , +37.74x10 <sup>-3</sup>

Tabla 3 Valores máximos y mínimos de la componente de velocidad axial (w) en m2

Al comparar los resultados del depósito con impulsor de flujo axial respecto al de disco, se encontró que la velocidad axial máxima positiva y negativa promedios, aumentó: 0.60 y 3.06 veces, respectivamente. Esto indica que el impulsor de flujo axial favorece el desarrollo de la velocidad vertical en esta zona.

### Conclusiones

En este trabajo se analizó el campo de velocidades de un fluido newtoniano, contenido en un tanque cilíndrico cerrado con fondo semielíptico y que está provisto de cuatro baffles en los costados. El movimiento es originado por la rotación de una flecha vertical que tiene montado un impulsor de disco y uno de flujo axial, con tres álabes rectos inclinados 30° respecto al eje de la flecha. Se obtuvieron los campos del vector velocidad ( $\vec{V}$ ) y las gráficas de las componentes de velocidad radial (u) y axial (w) para los dos arreglos, lo que indica que tanto la metodología como el método numérico fueron los adecuados para el estudio, encontrándose coincidencias con los resultados de la literatura especializada. El análisis del campo de velocidades en la sección longitudinal de los dos sistemas mostró que se componen de dos flujos circulatorios ubicados en la parte inferior y superior de los impulsores. En la vista transversal, a la mitad de la parte recta del depósito, se presentó un flujo circulatorio principal; y en la periferia de los baffles, en la zona de aguas arriba, se hallaron los valores más altos de la velocidad, comparados con los de aguas abajo, en esta última región hubo una zona de estancamiento y de recirculación. Comparando los valores de la velocidad entre el arreglo con impulsor de flujo axial respecto al de disco, se encontró que la magnitud en los sitios seleccionados, para el corte longitudinal y transversal, se incrementó 12.65, 5.48, 3.89 y 0.23 veces, y 1.65, 0.96, 1.02 y 3.27 veces, respectivamente. Los resultados anteriores, junto con los de la componente de velocidad radial y axial, muestran que el impulsor de flujo axial favorece mayormente el movimiento del fluido en la dirección vertical, así mismo se observó que la adición de los baffles afecta directamente con la magnitud de la velocidad, así como en el sentido de giro en los alrededores de estos.

### Referencias

- Achouri R., Mokni I., Mhiri H. and Bournot P., A 3D CFD simulation of a self-inducing Pitched Blade Turbine Downflow, *Energy Conversion and Management*, Vol. 64, pp. 633-641, 2012.
- Ameur H., Mixing of complex fluids with flat and pitched bladed impellers: Effect of blade attack angle and shear-thinning behavior, *Food and bioproducts processing*, pp. 71-77, doi 10.1016/j.fbp.2016.04.004, 2016.
- Bertelá, Gory F., Laminar flow in a cylindrical container with a rotating cover, *J. Fluids Eng.*, 104 (1):31-39. doi:10.1115/1.3240849, 1982.
- Khalili A., Adabala R. R., Rath H. J., Flow induced by an asymmetrically placed disk rotating coaxially inside a cylindrical casing, *Acta Mechanica*, Springer-Verlag, pp. 9-19, Vol. 113, 1995.
- Landau y Lifshitz, *Fluids Mechanics*, Vol. 6, Pergamon Press., 1982.
- Pao H-P, Numerical solution of the Navier Stokes equations for flows in the disk-cylinder system, *Phys. Fluids*, 15 (1):4-11, 1972.
- Tijonov A. N., Samarsky A. A., *Ecuaciones de la física matemática*, Edit. MIR, Moscú, pp. 1-29, 1980.
- Yu P., Lee T. S., Zeng Y., Low H. T., Characterization of flow behavior in an enclosed cylinder with a partially rotating end wall, *Physics of fluids* 19, 057104, doi: 10.1063/1.2731420, 2007.

# Modelado de la Cinética de Secado del Plátano Macho (*Musa Balbisiana*) en un Horno de Microondas de Potencia Controlada

Dr. Raymundo López<sup>1</sup>, Dra. Mabel Vaca, MC. Arturo Lizardi,  
Dra. Araceli Lara, Dr. Hilario Terres, MC. Sandra Chávez

**Resumen**— En este trabajo se presenta la modelación matemática del proceso de secado del plátano macho (*Musa balbisiana*), en un horno de microondas. La potencia aplicada fue de 100 W y los registros de masa y color se realizaron cada 5 minutos. Se estudiaron dos formas geométricas de los cortes del producto: rodajas redondas (3 mm de espesor y 45 mm de diámetro) y tiras (3 mm de espesor y 50 mm de longitud). Los tiempos de secado correspondientes para las rodajas fueron 50 min y de 60 min para las tiras. El modelo numérico obtenido para la cinética de secado fue el logarítmico, en ambos casos. El color se utilizó para controlar la calidad del producto final. La porción central de las muestras presentó un cambio de color ligeramente mayor que las partes externas. En algunos casos, la muestra cambió de amarillo pálido a marrón claro. Este cambio de tonalidad se logró debido a el producto se sometió a un baño de jugo de limón con agua en una proporción del 10%, con esto el color prácticamente se mantuvo.

**Palabras clave**—Cinética del secado, Plátano macho, horno de microondas, Modelo numérico.

## Introducción

La producción anual del plátano en México es de 2 150 800 ton e incluye todas las variedades existentes, de las cuales 450 000 ton corresponden al plátano (*Musa balbisiana*), aproximadamente el 30 % (135 000 ton) de esta producción no se comercializa la principal razón es que el fruto alcanza su estado de madurez en los puntos de comercio y el color de su cáscara se torna negro y el fruto perece. El plátano macho se utiliza en México en una gran variedad de platillos, los cuales forman parte de la gastronomía mexicana. Actualmente se utiliza como botana cuando se seca o bien se fríe con aceite, en diferentes presentaciones y con condimentos como chile molido. El proceso de secado comúnmente se lleva a cabo al aire libre; el fruto se corta en rodajas de 5 mm y se coloca en bandejas que se tapan por la noche para evitar la absorción de la humedad que se ha perdido previamente durante el día. Este proceso tiene una duración de 4 a 5 días.

Se han realizado varios estudios sobre el secado de plátanos, la especie (*Musa cv. Giant Cavendish AAA*) se secó en un horno de microondas tipo casero, encontró que la eficiencia del proceso fue del 30 %, pero la apariencia final de producto no fue agradable, ya que se tornó de color café oscuro, [1]. También se ha analizado la difusividad de la humedad en función de la temperatura y la velocidad del aire para el secado de banano entero sin la cáscara para obtener lo que en Brasil denominan “banana-passa”, [2]. Ajustaron los valores de difusividad a la ecuación de Arrhenius, cuantificando el efecto de la temperatura y determinando la energía de activación. Utilizando un túnel se secado se deshidrataron rodajas de plátano, la temperatura del aire fue de 50, 60 y 65 °C, los resultados encontrados mostraron que al final del proceso las rodajas también se volvieron de color café oscuro, [3-5]. Se utilizó un horno de microondas para secar rodajas de 1 cm de espesor de plátano y se evaluó el contenido de agua, azúcares y el contenido de polifenoles, a lo largo de las posiciones radial y axial. Los resultados obtenidos se compararon con el secado convectivo con aire caliente, el proceso fue más rápido que con el proceso convencional, pero el contenido de azúcares disminuyó considerablemente al secarse con microondas, [6]. La composición nutricional de la harina de plátano se analizó cuando se utilizó el método de convección y el horno de microondas, en ambos casos se obtuvieron mejores resultados con el horno, [7].

El objetivo El objetivo de este trabajo fue estudiar la cinética del secado del plátano en horno de microondas, aplicando una potencia de 100 W, la cual se mantuvo constante en toda la evaluación experimental. Se estudiaron dos formas geométricas de los cortes del producto, rebanadas redondas de 3 mm de espesor y 45 mm de diámetro; y tiras de 3 mm de espesor y 50 mm de largo. Las muestras se sometieron a un proceso de blanqueado con una solución de agua y jugo de limón al 10 %, durante 5 min.

## Modelado numérico

El mecanismo del movimiento de la humedad dentro de un sólido higroscópico se puede representar con la difusión efectiva de la humedad. Durante el proceso de secado, se supone que la difusividad es el único mecanismo físico para

<sup>1</sup> Raymundo López Callejas, [rlc@azc.uam.mx](mailto:rlc@azc.uam.mx). Todos somos profesores del Área de Termofluidos, Depto. Energía.

la transferencia de agua a la superficie del material y puede definirse mediante la segunda ley de difusión de Fick para un pequeño bloque de la siguiente manera, [8]:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{ef} \frac{\partial M}{\partial x^2} \quad (1)$$

Para la solución de la ecuación diferencial parcial anterior se hacen las siguientes suposiciones:

1. La distribución de la humedad inicial es uniforme en todo el material.
2. La transferencia de masa es simétrica con respecto al centro.
3. El contenido de humedad superficial de la muestra alcanza instantáneamente el equilibrio con el entorno.
4. El coeficiente de difusión es constante y la contracción del elemento es insignificante. Por lo tanto, las condiciones iniciales y de frontera son:

$$\begin{aligned} t = 0, & \quad -L < x < L, \quad M = M_0 \\ t > 0, & \quad x = -L, \quad M = M_e \\ t > 0, & \quad x = L, \quad M = M_e \end{aligned} \quad (2)$$

Por lo tanto, la solución de (1) usando el método de separación de variables se obtiene:

$$MR = \frac{M_i - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 D_{ef} \pi^2 t}{4L^2}\right) \quad (3)$$

Considerando que solo el primer término de la serie es significativo, la solución es:

$$MR = \frac{M_i - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 D_{ef} \pi^2 t}{4L^2}\right) \quad (4)$$

Suponiendo que el contenido de humedad de equilibrio es 0 para el proceso de secado por microondas entonces MR se puede reorganizar como, [9, 10]:

$$MR = \frac{M_i}{M_0} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 D_{ef} \pi^2 t}{4L^2}\right) \quad (5)$$

La difusividad de humedad efectiva se puede determinar representando gráficamente los datos experimentales de ln(MR) contra el tiempo,

$$\ln(MR) = \frac{M_i}{M_0} = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \ln\left(\frac{D_{ef} \pi^2 t}{4L^2}\right) \quad (6)$$

Para seleccionar el mejor modelo matemático que describe la ecuación de la curva de secado del plátano, se probaron las ecuaciones de secado de capa delgada, [11]. El análisis de regresión se realizó utilizando el software Origin. Los valores más altos del coeficiente de correlación  $R^2$  y los valores más bajos de  $\chi^2$  los principales criterios que se emplearon fueron:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_1 - MR_{pre,i}) * \sum_{i=1}^n (MR_i - MR_{exp,i})^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (MR_1 - MR_{pre,i}) * \sum_{i=1}^n (MR_i - MR_{exp,i})^2}} \quad (7)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n} \quad (8)$$

donde  $MR_{exp,i}$  representa la proporción de humedad experimental encontrada en cualquier medición,  $MR_{pre,i}$  es la proporción de humedad predicha para esta medición, n es el número de observaciones y N el número de constantes, respectivamente, [11].

Para el análisis del cambio de color durante el proceso de secado se utiliza el método de Hunter cuyo objetivo es determinar las siguientes proporciones: negro/blanco,  $L$ ; rojo/verde,  $a$ ; y amarillo/azul,  $b$ ; también el cambio de color total  $\Delta E$  y el *chroma*, que indican la saturación de color, [12]. Estos se calculan como:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_t)^2 + (a - a_t)^2 + (b_0 - b_t)^2} \quad (9)$$

donde el subíndice 0 corresponde al valor inicial y t es el tiempo de evaluación, y

$$chroma = \sqrt{a_t^2 + b_t^2} \quad (10)$$

### Instrumentación

El horno de microondas MARS-5 utilizado en la experimentación está diseñado para pruebas de laboratorio de extracción, digestión y secado, tiene tres rangos de potencia, a saber, 0-300 W, 0-600 W y 0-1200 W a una frecuencia de 2 450 MHz. Las temperaturas de funcionamiento se pueden controlar dentro de un rango de 0 a 300 °C. Este control se realiza mediante un sensor de fibra óptica con una sensibilidad y precisión de  $\pm 0.1$  °C en el rango de temperatura de 0-200 °C. Se utilizó una balanza electrónica BL-310 SARTORIUS, con capacidad máxima de pesaje de 310 g y precisión de 10 mg (0,01 g). La temperatura se midió con un termómetro infrarrojo 42540 EXTECH, con un rango de  $-50$  °C a  $538 \pm 0.1$  °C. Sus distancias focales mínima y máxima son 0.30 m y 5 m. La potencia eléctrica se midió con el analizador de potencia 380803 EXTECH, con un rango de  $2\ 000\ W \pm 0.1\ W$ .

### Procedimiento experimental

El plátano macho se compró en un mercado local en la Ciudad de México. Se estudiaron dos formas geométricas de los cortes del producto, rebanadas redondas de 3 mm de espesor y 45 mm de diámetro; y tiras de 3 mm de espesor y 50 mm de largo. Las muestras se sometieron a un proceso de blanqueado con una solución de agua y jugo de limón al 10 %, durante 5 min. Las pruebas se realizaron en un proceso de secado continuo, para garantizar que ninguna perturbación pudiera entorpecer el curso del experimento [12].

La masa, la temperatura del aire, la temperatura de la superficie de la sonda y la humedad relativa se monitorearon y registraron automáticamente en una computadora; las mediciones se realizaron cada 3 minutos con una potencia constante de 100 W. Las pruebas se realizaron seis veces con cada corte.

### Procedimiento experimental

El contenido de humedad inicial de todas las muestras fue de 1.48 kg agua/kg dm y el valor final fue de 0.14 kg agua/kg dm. El tiempo necesario para eliminar esta cantidad de humedad fue de 60 min para las tiras y de 50 min para las rodajas. La temperatura máxima medida en la superficie de las muestras fue de 64 °C y se mantuvo casi constante durante todo el proceso de secado, las variaciones fueron  $\pm 1$  °C. Sin embargo, durante en el período de medición de la masa, las muestras redujeron su temperatura en aproximadamente 2 °C. El contenido de humedad frente al tiempo para ambos tipos de muestras se presenta en la Figura 1. La tendencia de ambas curvas es bastante similar. Con estos valores se puede obtener el gráfico de relación de humedad (MR, Moisture Ratio, por sus siglas en inglés) versus tiempo, presentado en la Figura 2. Posteriormente, es posible obtener el coeficiente de difusión y un modelo matemático para el proceso de secado. La relación de humedad mínima fue de 0.04 y correspondió a las muestras de plátano cortadas en rodajas.

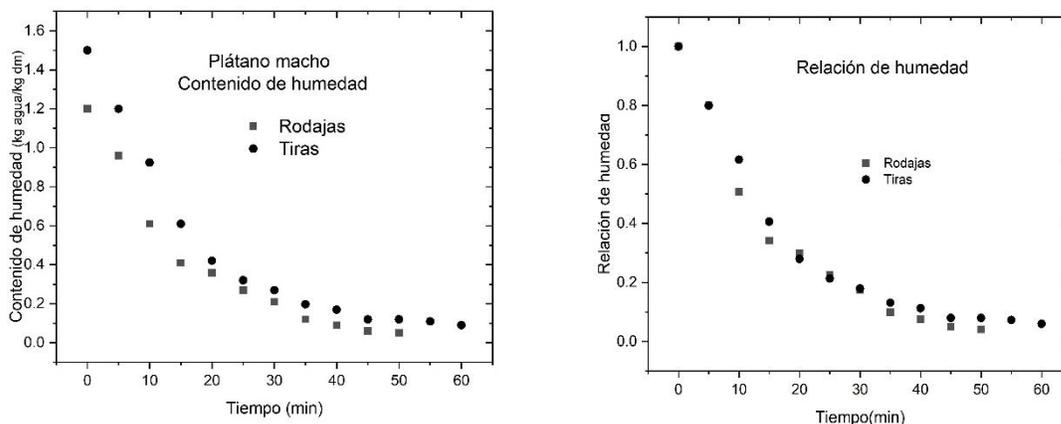


Fig. 1.- Contenido de humedad contra el tiempo para el plátano macho.

Fig. 2.- Relación de humedad, para las muestras de plátano macho

El mejor modelo numérico que representó el proceso de secado de este producto fue el logarítmico  $MR = a \exp(-kt)$ .

Para la muestra de rodajas:

$$MR = 1.022 * \exp(-0.05773 * t) , \text{ con } R^2 = 0.993 \text{ y } \chi^2 = 0.00081$$

Para las tiras:

$$MR = 0.9621 * \exp(-0.0628 * t) , \text{ con } R^2 = 0.97 \text{ y } \chi^2 = 0.00283$$

El gráfico de velocidad de secado (DR, Drying Ratio, por sus siglas en inglés) contra tiempo se presenta en la Figura 3. La máxima velocidad de secado se observó al inicio del proceso en ambos tipos de muestras, para las tiras fue de 0.042 kg agua/kg dm min. Se puede notar que en la fase inicial hubo un período ascendente y luego de alcanzar el valor máximo la velocidad de secado disminuyó a un valor constante, el cual se mantuvo hasta el final del experimento. La gráfica que corresponde al promedio de los valores observados se presenta en la Figura 4. La ecuación correspondiente es:

$$DR = -0.0092 + 0.1939 MR - 0.1332 MR^2$$

con  $R^2 = 0.8913$ , lo que significa que esta curva se acerca bastante a los valores reales.

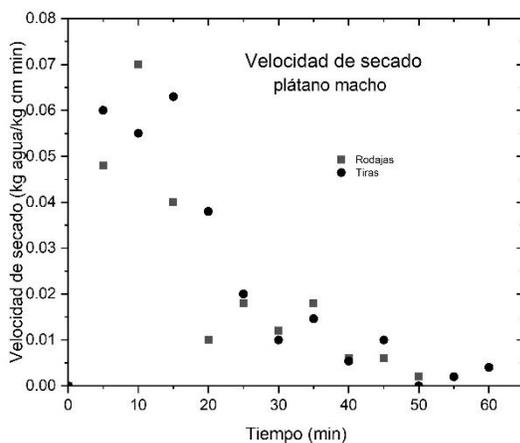


Fig. 3.- Velocidad de secado del plátano macho.

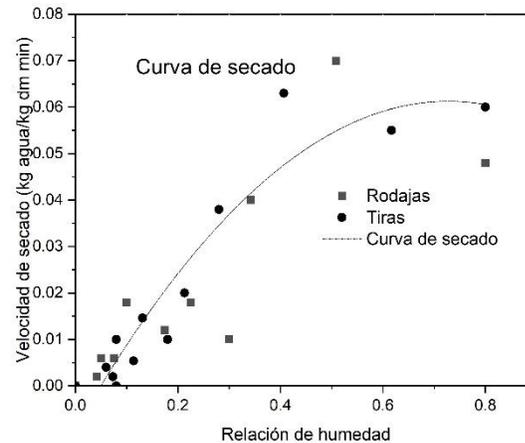


Fig. 4.- Curva de secado.

Con la ecuación (6) se obtiene el coeficiente de difusión del producto, tal como se presenta en la Figura 5. Las ecuaciones resultantes son:

$$\ln(RM) = -0.06494 * t, \text{ con } R^2 = 0.9916 \text{ para las rodajas}$$

$$\ln(RM) = -0.04854 * t, \text{ con } R^2 = 0.9677 \text{ para las tiras.}$$

El número que multiplica al tiempo (en segundos) es la pendiente de la recta. Con estos valores se obtiene el coeficiente de difusión, cuyos valores son:  $4.06 * 10^{-8} m^2/s$  para las rodajas y  $3.22 * 10^{-8} m^2/s$  para las tiras de plátano macho.

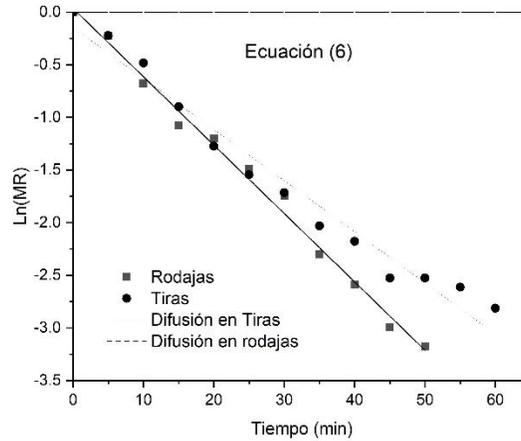


Fig. 5. Gráfica de la ecuación (6).

Los valores obtenidos del cambio de color con el método de Hunter se presentan en las gráficas de las Figuras 7 y 8. El cambio de color observado por ambas cosas tipos de muestras estaba muy similar Para las rodajas la variación fue de 0 a 13.5 y para tiras llegó a 16.4. Esto significó un pequeño incremento en la opacidad. Con respecto al *chroma*, el valor inicial en ambas muestras fue de 50,44, pero al final del proceso hubo un ligero cambio, 49.9 para las tiras y 49.1 para las rodajas. La combinación de estos valores hizo que el tono final de las tiras fuese ligeramente más oscuro que las rodajas.

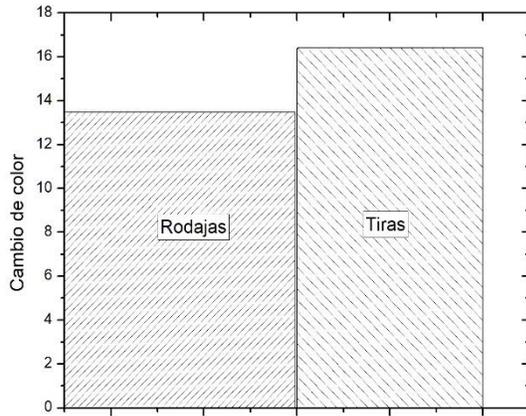


Fig. 6.- Cambio de color total para las muestras.

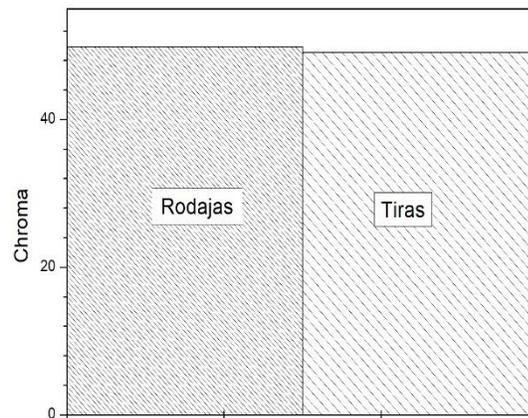


Fig. 7.- Variación de la intensidad del Chroma.

### Conclusiones

El uso del horno de microondas para el secado del plátano puede ser un proceso conveniente. El contenido de humedad inicial de todas las muestras fue de 148 kg agua/kg dm y el valor final fue de 0.14 kg agua/kg dm. Muestras de plátano cortadas en rodajas de 3 mm de espesor 45 mm de largo y fueron secadas en 50 min con una potencia de 100 W. El tiempo correspondiente para tiras de 45 mm de longitud y 3 mm de espesor fue de 60 min. La ecuación de secado resultante fue:  $DR = -0.0092 + 0.1939 MR - 0.1332 MR^2$ , con  $R^2 = 0.8913$ .

El modelo numérico que mejor representó el proceso de secado de este producto fue el logarítmico, para la muestra de rodajas la ecuación fue:  $MR = 1.022 * \exp(-0.05773 * t)$ , con  $R^2 = 0.993$  y  $\chi^2 = 0.00081$ ; y para las tiras:  $MR = 0.9621 * \exp(-0.0628 * t)$ , con  $R^2 = 0.97$  y  $\chi^2 = 0.00283$

El coeficiente de difusión de la humedad resultante fue de  $4.06 * 10^{-8} m^2/s$  para las rodajas y de  $3.22 * 10^{-8} m^2/s$ ; para las tiras.

Las variaciones de color y croma fueron muy parecidas para ambos tipos de muestra, las tiras perdieron un poco más de luminosidad y de intensidad del chroma que la forma de rodajas.

### ***Nomenclatura***

<i>a</i>	Relación rojo/verde
<i>b</i>	Relación amarillo/azul
<i>L</i>	Relación blanco/negro
<i>MR</i>	Relación de humedad
<i>D<sub>ef</sub></i>	Difusividad efectiva

### **Referencias**

- [1] Garcia R., Leal and Rolz C. (1988), Drying of bananas using microwave and air ovens, *International Journal of Food Science and Technology*, Vol 23, pp. 73-80.
- [2] Nogueira R. and Park K. (1992), Drying parameters to obtain 'Banana-Passa.' In: Mujumdar A. S, editor, *Proceedings of the 8th International Drying Symposium*. 2-5 August 1992; Montreal. Amsterdam: Elsevier. pp. 874-883.
- [3] Demirel, D. and Turhan, M. (2003). Air-drying behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana slices, *Journal of Food Engineering*, Vol 59, pp. 1-11.
- [4] Karim, M.A., and Hawlader, M. N. (2005), Drying characteristics of banana: theoretical modeling and experimental validation, *Journal of Food Engineering*, Vol 70, pp. 35-45.
- [5] Nguyen, M. H. and Price, W. E. (2007), Air-drying of banana: influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season, *Journal of Food Engineering*, Vol 79, pp. 200-207.
- [6] Barba I. A., D'Amore M., Rispoli M., Marra F. Lambertini G., 2014. Microwave Assisted Drying of Banana: Effects on Reducing Sugars and Polyphenols Contents. *Czech J. Food Sci.*, pp. 369–375.
- [7] Jean Pierre Ndayambaje J.P., Dusengemungu L., Bahati P. 2019 Nutritional Composition of Plantain Flour of (*Musa Paradisiaca*): The Effect of Various Drying Methods in Rwanda. *American Journal of Food Science and Technology*, pp 99-103.
- [8] Crank J. (1975). *The mathematics of diffusion*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- [9] Kaymak-Ertekin F. (2002), Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers, *Journal of Food Science*, Vol 67, pp. 168-75.
- [10] Akpinar E. K., Bicer Y. and Yildiz C. (2003), Thin layer drying of red pepper, *Journal of Food Engineering*, Vol 59, pp. 99-104.
- [11] Yaldiz O. and Ertekin C. (2001), Thin layer solar drying some different vegetables, *Drying Technology*, Vol 19, pp. 583-596.
- [12] Tijskens L. M. Schijvens, E. P. and Biekman E. S. (2001), Modelling the change in colour of broccoli and green beans during blanching, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol 2, pp. 303-313.
- [13] Simal S., Deya E., Frau M. and Rossello C. (1997), Simple Modelling of air drying curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apple cubes, *Journal of Food Engineering*, Vol 33, pp. 139-150.

# Análisis de atractores como Ansiógenos Educativos en Estudiantes de Educación Media Superior

MC Edgar Humberto Macias Escobedo<sup>1</sup>, Dr. José María Guajardo Espinoza<sup>2</sup>, Dra. María Teresa Rivera Morales<sup>3</sup>,  
MC Angela Gabriel Molina Arriaga<sup>4</sup>

**Resumen** - La ansiedad en estudiantes universitarios se ha explorado con escalas diseñadas, encuestas y entrevistas, señalando aumento de la incidencia y prevalencia de ansiedad con impactos educativos y clínicos que condicionan la permanencia y éxito escolar.

El análisis de los elementos que detonan síntomas de ansiedad, son elementos ansiogénicos que en el presente se orientan a aquellos que se generan en los procesos educativos con el objetivo de comprender la manera en la que se articulan y soportan estados ansiosos. Se presenta la caracterización de los ansiógenos educativos en una muestra de 875 alumnos a los que se les aplicó un instrumento de 43 reactivos relacionados con situaciones a las que se enfrentan en su escenario de aprendizaje y el Inventario de Ansiedad de Beck de 21 reactivos. El análisis de caracterización resalta los atributos de calificaciones, presentar un examen, preocupación excesiva, y altas expectativas por aprender, entregar un trabajo, como los que se encuentran por encima de lo regular, lo que señala un mayor impacto en la ansiedad de los alumnos.

Se busca la creación de instrumentos que faciliten la descripción y el diagnóstico, así como formular estrategias de mejora de la condición de los estudiantes.

**Palabras clave** – Ansiógenos, Ansiedad, Desempeño docente, Psicología educativa

## Introducción

El hablar sobre ansiogenia educativa nos lleva invariablemente a la historia del término Ansiedad, para el cual aparece en la Grecia moderna, como primer vestigio, la palabra *anesuchia* que significa “sin tranquilidad” o “sin calma”. Los romanos, en la época de Cicerón acuñaron el vocablo *anxietas* para nombrar a quienes mantenían conductas que expresaban miedo o temor por un tiempo prolongado; y cuando este miedo era intenso, pero de corta duración se usaba *angor*, mismo que a su vez es significado de estrechamiento; la raíz latina del término *angustia* también significa “estrechez” (Stein & Hollander, 2010). De este modo podemos entender en primera instancia la ansiedad como un sentimiento de enclaustramiento, una sensación de opresión en el tórax, que incluso impide la respiración o una sensación de opresión en el abdomen (Littre & Robin, 1858).

El estudio de la ansiedad nos ha llevado a generar diversas herramientas que han caracterizado los componentes tanto fisiológicos como psicológicos, entre los que puede hallarse el Inventario de Ansiedad de Beck (Beck et al., 1988) que ha sido empleado para la medición en muestras de diferente índole como en pacientes asmáticos (Díaz-Barriga & González-Celis, 2019), en población general mexicana (Padrós Blázquez et al., 2020) en adolescentes con su relación en uso de redes sociales (Rodríguez Peña & Moreno Almazán, 2019); para el ámbito educativo, con relación a la ansiedad se han dirigido esfuerzos en niveles escolares básicos (Monteagudo et al., 2013) y universitarios sobre todo en cuanto a los niveles de adaptación de cada etapa o situaciones propias de la salud (Aragón Borja et al., 2011; Medina-Gómez et al., 2019) y algunos incluso encontrando diferencias en la población femenina (Angelucci et al., 2017).

Si bien se tiene acuerdo en que la ansiedad es una condición frecuente a lo largo de la vida, de hecho se considera una emoción normal (Crocq, 2015) la que a su vez en el siglo XX se reconoce dentro de los trastornos mentales dentro del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V), hace falta tener identificadas las fuentes principales de ansiedad ya que se han detectado en otro grupos poblacionales una serie de factores predictores propios del la psique humana y la manera en la que se involucran con la ansiedad social (Castaños-Cervantes & Vélez-Agosto, 2020)

Para obtener la caracterización de los ansiógenos educativos en alumnos, el equipo de investigación elaboró un instrumento de 43 reactivos que incluyen situaciones que los alumnos enfrentan en su escenario de aprendizaje y que

---

<sup>1</sup> Edgar Humberto Macias Escobedo es Catedrático Investigador de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México. [edgar.macias@uadec.edu.mx](mailto:edgar.macias@uadec.edu.mx)

<sup>2</sup> José María Guajardo Espinoza es Catedrático Investigador de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México. [jguajar@uadec.edu.mx](mailto:jguajar@uadec.edu.mx)

<sup>3</sup> María Teresa Rivera Morales es Catedrática Investigadora de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México. [teresa.rivera@uadec.edu.mx](mailto:teresa.rivera@uadec.edu.mx)

<sup>4</sup> Angela Gabriela Molina Arriaga es Catedrática Investigadora de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México. [angelamolinaarriaga@uadec.edu.mx](mailto:angelamolinaarriaga@uadec.edu.mx)

incluye variables relacionadas con las actividades del proceso, docentes, recursos económicos, infraestructura, acceso a las TIC's y relaciones sociales.

En ambas pruebas se obtienen baremos iniciales para la categorización de los resultados. En cuanto al instrumento de Ansiógenos educativos corresponden a *Nula, Muy baja, Baja, Regular, Alta y Muy alta*. Para el Inventario de Ansiedad de Beck se usan *Ansiedad muy baja, Ansiedad moderada, Ansiedad severa*.

Al realizar estas mediciones se buscan analizar los ansiógenos educativos en la población universitaria de cara a realizar propuestas que permitan contrarrestar los efectos tanto en su trayectoria académica como de la salud mental en general buscando generar instrumentos que faciliten la descripción y el diagnóstico, además de la formulación estrategias de mejora de la condición de este grupo poblacional.

### Descripción del Método

A través de una investigación de tipo mixto, transversal y empírica se observan los fenómenos en población de alumnos universitarios relacionados a los elementos de su educación detonantes de ansiedad, denominados ansiógenos educativos. La recolección de los datos se realizó a través de un instrumento en línea en estudiantes universitarios del Estado de Coahuila.

La caracterización por medio del atractor de la media, se realiza obteniendo los estadígrafos de número de casos -n-, media, desviación estándar de cada atributo (DS), coeficiente de variación (CV), el sesgo y la curtosis. Se ordenan por la media de cada atributo de mayor a menor, se obtiene la media de las medias y la desviación estándar de las medias, luego se suma y se resta una desviación estándar a la media para conocer los límites de la normalidad o regularidad de los atributos medidos en la población referida

#### Frecuencias de Sexo de los alumnos

Sexo	F(x)	%
Mujeres	615	70.29
Hombres	260	29.71

Tabla 1. Elaboración propia mediante instrumento en línea, 2021.

F(x)= Frecuencia. %= Porcentaje

La muestra se compone de 875 alumnos universitarios del estado de Coahuila, de los cuales el 70.29% de ellos indicaron ser mujeres (615) y el 29.71% dijeron ser hombres (260).

#### Resultados

Se exponen las tablas de los resultados destacando los atributos que se encuentran por encima de lo regular de esta población y los que se encuentran por debajo de ella; del mismo modo se muestran las tablas del análisis de media la cual muestra la delimitación de los atributos ordenados de mayor a menor respecto a la media particular.

#### Caracterización de los ansiógenos educativos en alumnos

Atributos	N	Media	DS	CV	Sesgo	Curtosis
Calificaciones	875	2.39	0.78	32.74	-1.2	0.93
Presentar un examen	875	2.32	0.85	36.42	-1.09	0.37
Preocupación excesiva	875	2.26	0.97	42.88	-1.1	0.07
Altas expectativas propias para aprender	875	2.25	0.89	39.62	-0.95	-0.04
Entregar un trabajo	875	2.13	0.92	43.47	-0.82	-0.24
Exponer clase	875	1.99	1.01	50.86	-0.63	-0.75
Altas expectativas del docente	875	1.96	0.87	44.28	-0.49	-0.45
Aprender	875	1.89	1.04	54.74	-0.51	-0.92
Conectividad en las videoconferencias	875	1.88	0.98	52.17	-0.42	-0.9
Docente que no aclara dudas	875	1.83	1.11	60.86	-0.38	-1.26
Docente con escasa habilidad para enseñar	875	1.82	1.07	58.83	-0.37	-1.14
Defender una idea	875	1.81	0.99	54.5	-0.34	-0.94

Manera en la que el docente enseña	875	1.75	0.98	56.13	-0.3	-0.94
Apuntes que haces	875	1.72	0.93	54.16	-0.24	-0.81
Docente con escaso conocimiento del contenido de la materia	875	1.71	1.14	66.63	-0.28	-1.34
Docente intimidante	875	1.65	1.16	70.26	-0.16	-1.44
No conocer los criterios de evaluación	875	1.65	1.04	62.9	-0.16	-1.14
Trabajar en equipo	875	1.65	1.03	62.55	-0.23	-1.08
Falta de recurso económico	875	1.62	1.1	67.93	-0.14	-1.3
Docente ofensivo	875	1.6	1.21	75.64	-0.11	-1.55
Falta de recursos para el aprendizaje	875	1.59	1.08	68.03	-0.12	-1.25
Horario de clases	875	1.59	1.05	65.95	-0.14	-1.17
Relacionarse con los maestros	875	1.59	1.04	65.52	-0.11	-1.16
Relacionarse con los compañeros	875	1.54	1.08	70.32	-0.05	-1.28
Desconfianza en el docente	875	1.5	1	66.67	0.05	-1.05
Medios para enseñar	875	1.49	1	66.92	-0.09	-1.05
Docente indispuesto	875	1.48	1.1	74.51	0.06	-1.32
Docente agresivo	875	1.47	1.17	79.61	0.05	-1.48
Acceso a la tecnología para aprender	875	1.43	1.04	72.58	0.03	-1.17
Falta de experiencia del maestro	875	1.42	1.08	75.89	0.09	-1.26
Inconsistencia en las videoconferencias	875	1.4	1.02	72.57	0.16	-1.08
Espacio físico de clase inapropiado	875	1.39	1.07	76.86	0.14	-1.23
Espacio virtual de clase inapropiado	875	1.39	1.07	77.24	0.13	-1.24
Docente disperso	875	1.38	1.02	73.78	0.13	-1.1
Docente condescendiente	875	1.33	0.99	74.92	0.18	-1.03
Trastorno psicológico	875	1.28	1.14	88.69	0.26	-1.35
Mensajes en redes sociales	875	1.27	1	78.62	0.19	-1.07
Roces con los compañeros	875	1.27	1.1	86.68	0.33	-1.21
Docente permisivo	875	1.23	0.97	79.43	0.27	-0.95
Lenguaje "elevado" del maestro (a)	875	1.22	1.06	86.45	0.35	-1.11
Desorden en el grupo	875	1.21	1.01	83.51	0.41	-0.93
Inasistencias del maestro	875	1.14	0.98	86.5	0.47	-0.8
Enfermedad física	875	1.13	1.08	95.91	0.42	-1.17

Tabla 2. Elaboración propia mediante instrumento en línea, 2021.  
N= Cantidad de unidades de observación. DS= Desviación estándar.

Análisis de medias para los ansiógenos educativos de los alumnos

Media de medias	1.62
Desviación estándar de las medias	0.33
N+	1.95
N-	1.29

Tabla 3. Elaboración propia mediante instrumento en línea, 2021.

En la Tabla 2 la cual refiere a la Caracterización de los alumnos respecto a los atributos de la Ansiogenia educativa, se observa que las *Calificaciones, Presentar un examen, Preocupación excesiva, Altas expectativas propias para aprender, Entregar un trabajo, Exponer clase y Altas expectativas del docente*, son los ansiógenos con mayor impacto en los alumnos; mientras que los que los atributos educativos que menos les provocan ansiedad a los

alumnos son: *Trastorno psicológico, Mensajes en redes sociales, Roces con los compañeros, Docente permisivo, Lenguaje "elevado" del maestro (a), Desorden en el grupo, Inasistencias del maestro y Enfermedad física.*

De la misma manera en la Tabla 3, se puede observar el análisis de las medias para los ansiógenos educativos de los alumnos, y en ella se delimitan los valores en casi dos categorías de la escala, 1.95 como límite superior y 1.29 como límite inferior.

Tabulación de Ansiedad y sexo

<b>Diagnóstico</b>	<b>Sexo Mujer</b>	<b>Sexo Hombre</b>	<b>Total de renglón</b>
Ansiedad muy baja	277 45.04%	153 58.85%	430
Ansiedad moderada	55 8.94%	25 9.62%	80
Ansiedad severa	283 46.02%	82 31.54%	365
<b>Totales</b>	615	260	875

Tabla 4. Elaboración propia mediante instrumento en línea, 2021.

En la Tabla 4 se observan los diagnósticos de Ansiedad de los alumnos reportados por el sexo de cada uno de ellos; en esta, se encuentra que 283 de las mujeres (46.02%) presentan ansiedad severa, mientras en este rubro los alumnos hombres representan el 31.54% de ellos.

### Conclusiones

De acuerdo con los resultados encontrados en el análisis, se puede afirmar que, a los estudiantes universitarios les genera ansiedad su desempeño y el de sus docentes; a este respecto un ansiógeno muy importante es el reporte de sus calificaciones ya que estos son el principal parámetro que le indica el avance en sus estudios y el cumplimiento de su plan de vida.

De la misma manera, la estrategia de observación del aprendizaje usada por los docentes, siguen siendo los exámenes de medición del rendimiento; esta estrategia, si bien se sigue utilizando más allá de los estudios universitarios, es un foco muy importante de generación de ansiedad en los estudiantes; son un ansiógeno de relevancia que se sugiere cambiar, o en su caso complementar con otras estrategias de observación del aprendizaje, como podrían ser las rúbricas para medir los atributos escritos en el perfil de egreso y de exámenes de desempeño. Esta constante ya ha sido observada en otros estudios en la población univesitaria (Fernandez et al., 2013; Hernández-Pozo et al., 2008) en los que se muestran las calificaciones como una fuente importante de ansiedad.

Las entregas de trabajo de manera escrita generan en los estudiantes que su ansiedad se eleve, al respecto se sugiere más profundidad en esta afirmación, ya que podrían estar enfrentando un sistema de valoración poco confiable; esto es, criterios aleatorios en lugar de rúbricas estandarizadas, mismas que se han empleado de manera reciente en el trabajo de campo (Vargas et al., 2022). Algunas propuestas que apoyan esta idea corresponden a la aplicación lógica difusa (Chanchí et al., 2021) y otras más que se enfocan en desarrollar mayor cantidad de herramientas de autogestión (Valverde-Berrococo et al., 2012) y con desarrollo de la comprensión (Cárdenas, 2018)

La dinámica social en el salón de clase es uno de los ansiógenos educativos que más impacta a los alumnos universitarios, hablar en público frente a los compañeros genera una fuerte ansiedad. Los alumnos no presentan experiencia en la exposición de ideas en público, por lo que, independientemente de la conducta del grupo hacia el exponente, este, entra en un estado de tensión; sobre todo cuando los docentes no facilitan las relaciones entre los alumnos y la libre expresión de las ideas; no se habilita a los alumnos en cómo exponer. Este punto en particular debe tenerse en cuenta para investigaciones futuras toda vez que es creciente el uso de métodos de caso, aprendizaje basado en problemas y otras herramientas (Espinosa-Vázquez et al., 2013) que asumen que los estudiantes tienen un dominio de esta habilidad o bien que su desarrollo no requiere algo mayor a la petición y voluntad de hacerlo y parece que la exposición a hablar en público podría ayudarse de podcast (Ramos García, 2011) u otras estrategias que podrá apoyar el desarrollo de estas habilidades (Gómez Palacio, 2010).

Otra conclusión a la que se llega con los hallazgos en este trabajo es lo referente a las expectativas que se tienen al estar estudiando en el nivel universitario. En este entorno los alumnos generan pensamientos razonables acerca de su desempeño, aprendizaje y desarrollo de habilidades; presentan ideaciones sobre su actuar en el aula de mejor manera y sobre lo que ellos imaginan que sus docentes esperan de ellos. Se recomienda ser claros sobre la dinámica de la

clase junto con los demás contextualizadores del curso, esto para que la ansiedad no sea excesiva y nociva en el conjunto de circunstancias que conllevan el aprender en una universidad.

### Referencias

- Angelucci, L. T., Cañoto, Y., & Hernández, M. J. (2017). Influencia del estilo de vida, el sexo, la edad y el IMC sobre la salud física y psicológica en jóvenes universitarios. *Avances En Psicología Latinoamericana*, 35(3). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.4454>
- Aragón Borja, L. E., Contreras Gutiérrez, O., & Tron Álvarez, R. (2011). Ansiedad y pensamiento constructivo en estudiantes. *Journal of Behavior, Health & Social Issues*, 3(1). <https://doi.org/10.5460/jbhsi.v3.1.27697>
- Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A. (1988). An Inventory for Measuring Clinical Anxiety: Psychometric Properties. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56(6). <https://doi.org/10.1037/0022-006X.56.6.893>
- Cárdenas, L. (2018). Rúbricas de evaluación y autoevaluación: una estrategia útil para identificar el nivel de comprensión de conceptos químicos en estudiantes de grado 10.º. *P.P.D.Q. Boletín*, 57. <https://doi.org/10.17227/ppdq.2018.num57.10081>
- Castaños-Cervantes, S., & Vélez-Agosto, N. (2020). Psychosocial predictors of social anxiety in children. *Suma Psicológica*, 27(1). <https://doi.org/10.14349/sumapsi.2020.v27.n1.6>
- Chanchí, G. E., Sierra-Martínez, L., & Campo, W. (2021). Aplicación de la lógica difusa en la implementación de rúbricas de evaluación en el contexto universitario. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, E42.
- Croq, M. A. (2015). A history of anxiety: From Hippocrates to DSM. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 17(3). <https://doi.org/10.31887/dens.2015.17.3/macrocq>
- Díaz-Barriga, C., & González-Celis, L. (2019). Propiedades psicométricas del Inventario de Ansiedad de Beck en adultos asmáticos mexicanos. *Psicología y Salud*, 29(1).
- Espinosa-Vázquez, O., Martínez-González, A., & Díaz-Barriga Arceo, F. (2013). Formas de enseñanza y evaluación utilizadas por los docentes de Odontología: resultados y su clasificación psicopedagógica. *Investigación En Educación Médica*, 2(8). [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(13\)72711-x](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(13)72711-x)
- Fernandez, J. ;, Martínez, M. ;, & Candido, I. (2013). ¿Cómo Se Relaciona La Ansiedad Escolar Con El. *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 4(1), 63–76. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=245126428003%0ACómo>
- Gómez Palacio, C. (2010). Strategies to Help ESL Students Improve their Communicative Competence and Class Participation: A Study in a Middle School. *HOW*, 17.
- Hernández-Pozo, M. del R., Coronado Alvarez, O., Araujo Contreras, V., & Cerezo Reséndiz, S. (2008). Desempeño académico de universitarios en relación con ansiedad escolar y auto-evaluación. *Acta Colombiana de Psicología*, 11(1), 13–23.
- Littre, E., & Robin, C. (1858). *Dictionnaire de Médecine*. Bailliere.
- Medina-Gómez, M. B., Martínez-Martín, M. Á., Escolar-Llamazares, M. C., González-Alonso, Y., & Mercado-Val, E. (2019). Ansiedad e insatisfacción corporal en universitarios. *Acta Colombiana de Psicología*, 22(1), 13–22. <https://doi.org/10.14718/ACP.2019.22.1.2>
- Monteagudo, M. C. M., García Fernández, J. M., & Inglés, C. J. (2013). Relaciones entre ansiedad escolar, ansiedad rasgo, ansiedad estado y depresión en una muestra de adolescentes españoles. En *International Journal of Psychology and Psychological Therapy* (Vol. 13). <http://www.>
- Padrós Blázquez, F., Montoya Pérez, K. S., Bravo Calderón, M. A., & Martínez Medina, M. P. (2020). Propiedades psicométricas del Inventario de Ansiedad de Beck (BAI, Beck Anxiety Inventory) en población general de México. *Ansiedad y Estrés*, 26(2–3). <https://doi.org/10.1016/j.anyes.2020.08.002>
- Ramos García, A. M. (2011). Los podcast como herramienta de enseñanza-aprendizaje en la universidad. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 15(1).
- Rodríguez Peña, J. G., & Moreno Almazán, O. (2019). Ansiedad y Autoestima: su relación con el uso de redes sociales en adolescentes mexicanos. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 22(1).
- Stein, D., & Hollander, E. (2010). *Tratado de los Trastornos de ansiedad* (Lexus, Ed.; 1a ed.). Ars Medica.
- Valverde-Berrococo, J., Revuelta Domínguez, F. I., & Fernández Sánchez, M. R. (2012). Modelos de evaluación por competencias a través de un sistema de gestión de aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 60. <https://doi.org/10.35362/rie600443>
- Vargas, A., Arsenio, L., Hernández, G., Cárdenas, Q., & Liberato, O. (2022). *La implementación de rúbricas para evaluar las competencias socio económico geográficas en la práctica de campo*. 46, 0–13.

# Control de Asistencia Sistematizado con Tarjetas RFID

Axel Jaref Martínez Ayala<sup>1</sup>, M.I. Salvador Ramírez Zavala<sup>2</sup>,  
M.I. Moisés García Villanueva<sup>3</sup>

## Resumen—

En el presente trabajo se muestra la influencia de la eficiencia del uso de tecnologías RFID, como herramienta para optimizar el proceso de tener un sistema de control de registro digital para el pase de asistencia de estudiantes en un salón de clase. La razón del diseño del proyecto es contar con un sistema digital que agilice y optimice la administración del tiempo en clase como es: el registro automatizado y rápido para el pase de asistencia; además de ser un apoyo logístico al Maestro. Una de las ventajas del dispositivo diseñado es que puede leer las tarjetas TAGs de RFID de las credenciales de identificación proporcionadas por la universidad a cada uno de los alumnos. En el desarrollo de este trabajo se realiza el diseño del hardware y software, utilizando un lector RFID, acoplado a un microcontrolador encargado leer y procesar la información de las tarjetas TAGs de RFID de las credenciales de los alumnos, además de transferir la información de cada estudiante a la computadora por medio de tecnología Bluetooth, donde se marca su asistencia con la hora de registro como hora de entrada y también tener la opción de imprimir dichos registros.

**Palabras clave**—Identificación por radiofrecuencia, registro, sistema de control de asistencia

## Introducción

El proceso actual de control de asistencia en la Facultad se desarrollada de manera oral, es decir el profesor nombra a cada uno de los alumnos inscritos en su materia y anota la asistencia; por lo que este proceso de registro de asistencia consume un tiempo corto o excesivo dependiendo del número de alumnos inscritos, además si por alguna razón alguien llega después del registro, el profesor tiene que buscarlo en la lista para asignarle su asistencia o un retardo; por lo que este proceso causa un retraso para la impartición de la materia; además cuando el profesor necesite realizar un seguimiento de las asistencias de cada estudiante será necesario tomar un tiempo para realizar esta tarea. Es aquí donde surge la necesidad de innovar haciendo uso de las tecnologías RFID (Radio Frequency Identification) para desarrollar un mecanismo que ayude a realizar un registro de asistencia más dinámico.

La tecnología RFID es similar a la tecnología que usa el código de barras, al producto u objeto que se quiere identificar se le añade una etiqueta y se usa un lector conectado a un dispositivo para información de identificación automáticamente. La tecnología RFID es un sistema de auto-identificación inalámbrica, consta básicamente de tres elementos un lector, una antena y una etiqueta TAG (dispositivo pequeño que puede ser adherida o incorporada a un producto), este sistema consiste en transmitir la identidad del TAG mediante una señal electromagnética en la que se envía codificada la información contenida en la etiqueta hacia la antena receptora que está conectada al lector [1]. Esta tecnología ha tenido mucho auge en los últimos años debido a la reducción de sus costos. Esta tecnología es implementada también en sistemas de registro y control de usuarios con acceso a ciertas áreas restringidas, donde estos sistemas son prácticos y eficientes, brindan seguridad, comodidad y facilidad de acceso.

En la actualidad ya se cuenta con gran variedad de soluciones para el control de asistencia a eventos que pretenden automatizar el proceso de tomar asistencia de participantes; y en algunos casos, generar documentos electrónicos para la mejor visualización de los asistentes y administrar así los eventos. Por mencionar algunos existen: Registro de asistencia automática de estudiantes, usando la Identificación de Radiofrecuencia (Bloemfontein, Free State, South Africa) [2]; control de la asistencia de los estudiantes en la universidad “Kazakh-British Technical University” [3]. Desarrollo de un Sistema de Registro y Control de Asistencia de estudiantes que realizan las pasantías en el consultorio jurídico de la facultad de Jurisprudencia de la Universidad de Guayaquil mediante el uso de RFID [4]. Diseño del sistema de control de asistencia en la agencia Mercado de la Caja Huancayo Aplicando tarjetas de Proximidad de Tecnologías RFID [5].

De acuerdo a esto, en este trabajo se desarrolla un sistema automático para el pase de lista usando tarjetas con chip RFID. El sistema planteado iniciará el proceso de registro desde el ingreso al aula por parte de los alumnos, ya que el dispositivo operará en un espacio determinado del salón de clase. El dispositivo utiliza un sensor para leer el chip

<sup>1</sup> Axel Jaref Martínez Ayala es alumno de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en Morelia Michoacán México. ayala.12axel@gmail.com

<sup>2</sup> M.I. Salvador Ramírez Zavala es Profesor de Facultad de Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán [salvador.ramirez@umich.mx](mailto:salvador.ramirez@umich.mx) (autor corresponsal)

<sup>3</sup> M.I. Moisés García Villanueva es Profesor de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia Michoacán México. moises.garcia@umich.mx

RFID que viene en las credenciales de cada alumno y su información se procesa con un microcontrolador, el cual transfiere la información de cada estudiante a la computadora del Profesor, marcando su asistencia con la hora de registro como hora de entrada. El sistema digital también contará con un registro de término de sesión, con la finalidad de capturar y saber el tiempo del estudiante en clase. El sistema cuenta con cuatro etapas: Lectura de Chip, llenado de la lista, guardar y vaciado.

### Descripción del Método

#### *Desarrollo de prototipo*

En el prototipo diseñado cada alumno realiza el pase de lista con su credencial de estudiante, generando un reporte de accesos, para que dicho registro sea almacenado en la base de datos y pueda ser visualizado por el profesor realizando un comparativo si el alumno realizo su “Check-In” en la entrada del aula.

Para el desarrollo de este trabajo se ocupa una PC que funciona como el cerebro del prototipo donde se hará la parte de análisis de datos para lista y el llenado de la misma. La PC recibe la información de un módulo bluetooth conectado en un microcontrolador que lee la información del alumno de la credencial por medio de un modulo Lector-Grabador RFID. El diagrama de bloques del sistema desarrollado se muestra en la figura 1.

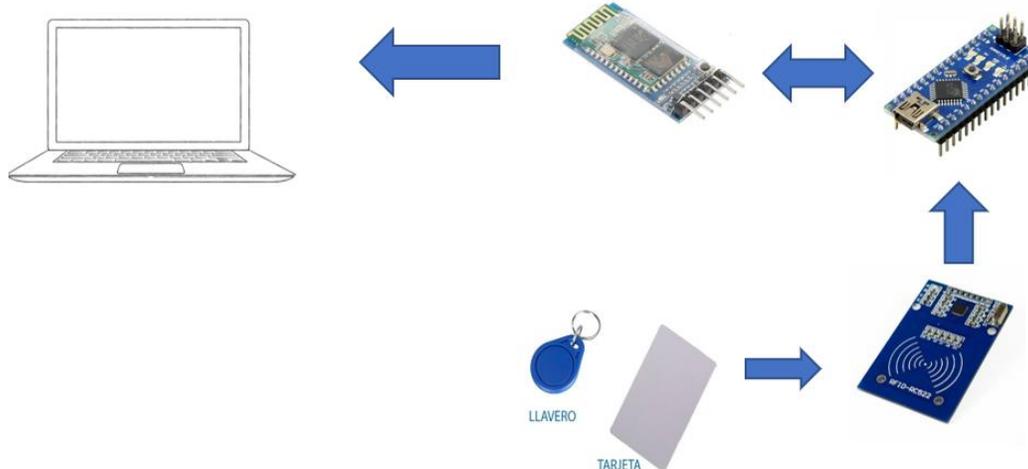


Figura 1 Diagrama de bloques del sistema desarrollado

Para la elaboración del sistema de lectura se optó por utilizar el microcontrolador Arduino nano que es una placa de desarrollo de tamaño compacto, basada en el microcontrolador ATmega328P, este microcontrolador se utiliza por su accesibilidad económica y su software gratuito.

El módulo RC522 es Lector-Grabador RFID de 13.56MHz, posee comunicación SPI lo que permite trabajar fácilmente con la mayoría de microcontroladores. Utiliza un sistema de modulación y demodulación para todo tipo de dispositivos pasivos RFID de 13.56MHz. El dispositivo maneja el ISO14443-A y soporta el algoritmo de encriptación Quick CRYPTO1 y MIFARE. El rango de detección de Tags RFID es de aprox. 5-7cm. Compatible con varios modelos de microcontroladores como: Arduino, Pic, Raspberry Pi y más.

El bluetooth se utiliza para la conexión entre 2 o más dispositivos para la comunicación sin necesidad de conexión con cable, ayuda a facilitar la conexión entre los dispositivos digitales, tales como, smartphones, ordenadores, tabletas, impresoras, auriculares, etc.

El módulo Bluetooth HC-05 permite conectar el proyecto de Arduino con la PC de forma inalámbrica (Bluetooth), con la facilidad de operación de un puerto serial. La transmisión se realiza totalmente en forma transparente al programador, por lo que se conecta en forma directa a los pines seriales de algún microcontrolador

Las tarjetas TAG son las mismas credenciales proporcionadas por la universidad a los alumnos como tarjeta de identificación las cuales contienen una etiqueta RFID donde tiene la información de la matricula del alumno.

Para el funcionamiento del prototipo diseñado, se desarrollo el software para la lectura de las tarjetas RFID en Arduino y también para la habilitar la comunicación bluetooth entre el prototipo y la PC, como se muestra en la figura 2(a).

La lectura de la tarjeta en el microcontrolador se lleva a cabo si el módulo RC522 detecta una tarjeta TAG (credencial del alumno), al momento que detecta, lee la tarjeta de manera seriada y el Arduino se encarga de codificar la señal y de enviar ese dato por bluetooth hacia la PC figura 2(b). Dentro del código de programación para la

comunicación con el bluetooth se configura la velocidad en la que va a operar la comunicación serial, se habilitan la comunicación de transmisión (TX) y Recepción (RX), estos se encargan de recibir y transferir la información entre el microcontrolador y la computadora que va a estar conectado (figura 2(c)).

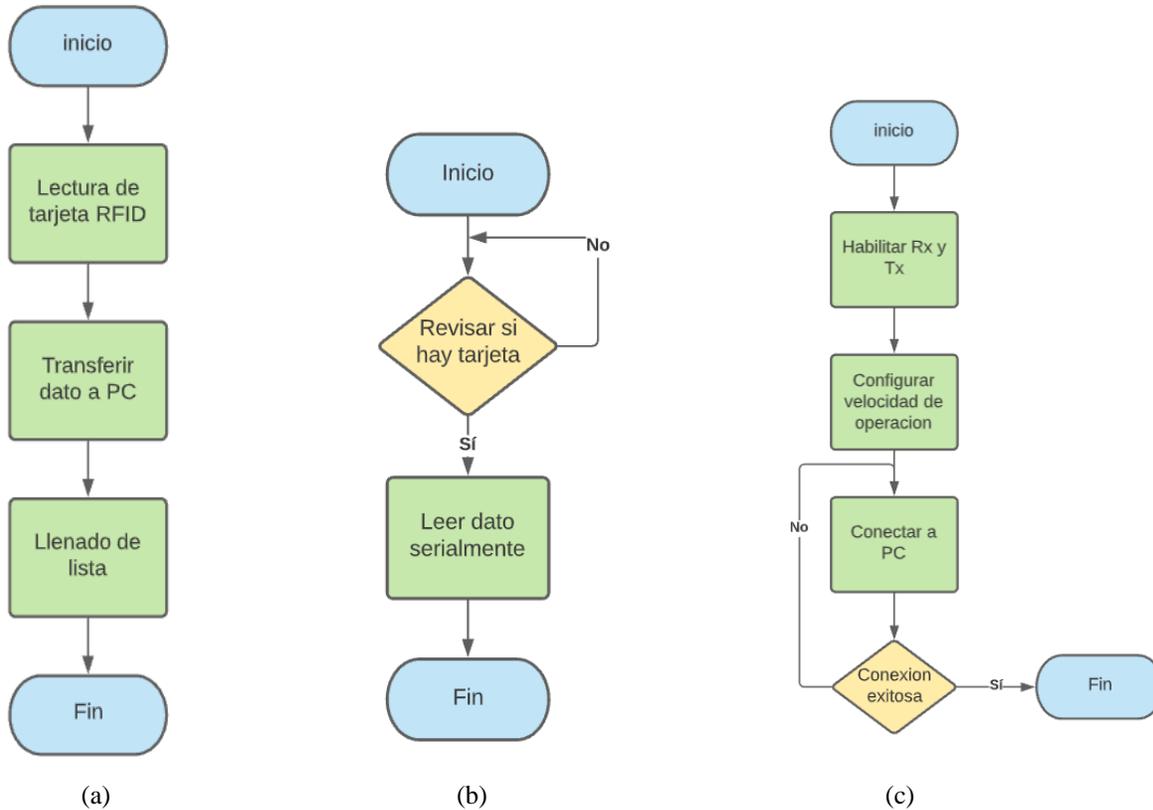


Figura 2. Diagrama de flujo (a) general; (b) del lector RFID; (c) del modulo Bluetooth

En la PC la parte del software se desarrollo en Visual Basic para Aplicaciones (VBA) para Office en este caso especifico para Excel, donde primeramente se da la opción de elegir el puerto y velocidad de operación para poder emparejar el dispositivo bluetooth HC-05 con el de la PC al presionar el botón Connect, cuando ambos dispositivos están conectados el botón Connect cambia a Disconnect como se muestra en la figura 3.

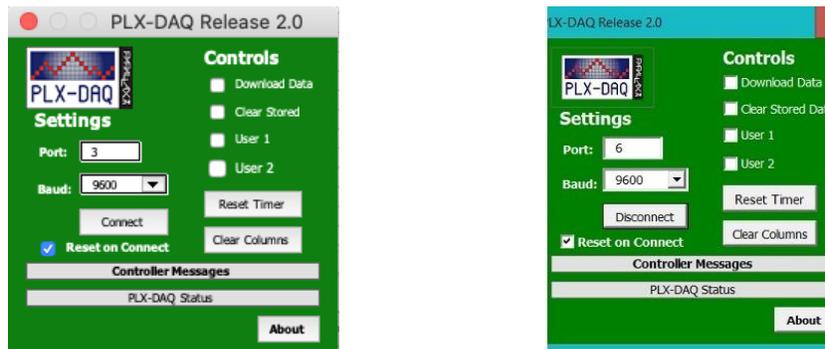


Figura 3. Menú de conexión entre PC y dispositivo Bluetooth

Posteriormente se leen los datos (matricula) de la tarjeta de identificación (credencial) del alumno provenientes del microcontrolador; los cuales son almacenados en una hoja de Excel empalmándolos con la hora disponible en la PC. El llenado de la hoja en Excel, consiste en analizar si la matricula del estudiante se encuentra en la base de datos de la lista del profesor. Si la matricula se encuentra en esa base de datos se hará el análisis de:

- Si la hora de registro es antes de la hora límite, si cumple este requisito se le asignará su asistencia y se mostrará la hora de entrada.
- Si el registro no cumple con la hora límite se le pondrá falta o retardo, y a pesar que no cumpla como asistencia se mostrará su hora de entrada.
- Si la tarjeta del alumno no es encontrada en la base de datos se considera como inasistencia y por lo tanto no tendrá hora de entrada figura 4.

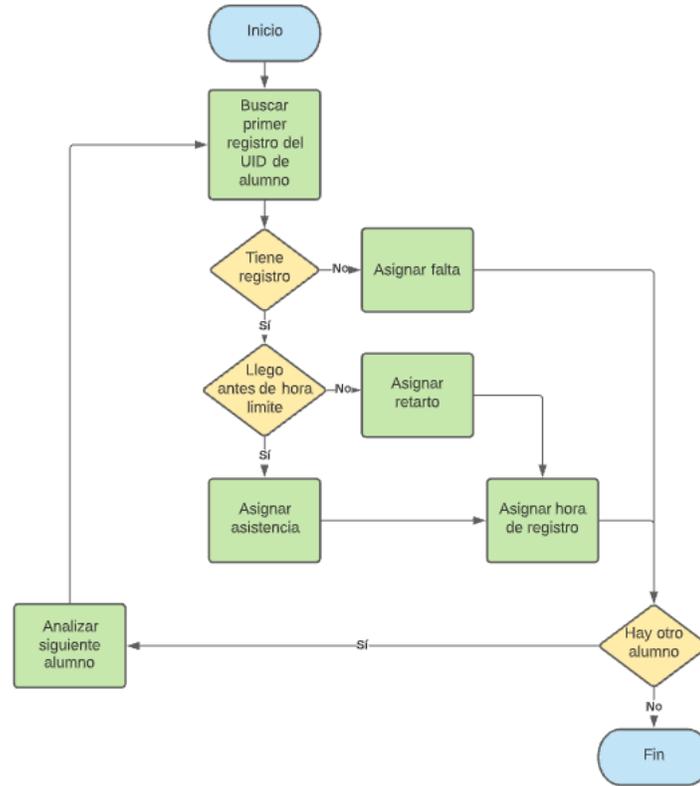


Figura 4. Diagrama de flujo hora de entrada

El sistema cuenta con un LED indicador de color verde (figura 5), que enciende al tener una lectura exitosa de la tarjeta (figura 6), esto con la finalidad de asegurar al usuario un registro exitoso de su asistencia, si el LED no enciende significa que la tarjeta no fue leída y debe de intentarlo nuevamente.



Figura 5. Sin lectura exitosa

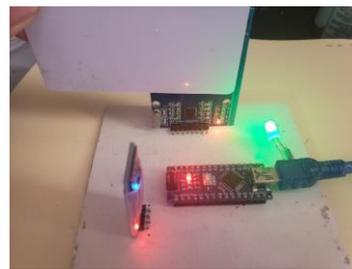


Figura 6. Lectura exitosa

Al sistema también detecta la hora de salida, por lo que el alumno al salir de la clase deberá volver a escanear su credencial, como se explicó anteriormente, múltiples lecturas no afectan la hora de registro de entrada. Para el análisis de la hora de salida solo se tomará en cuenta la última lectura de cada credencial. Con el dato de hora de entrada y hora de salida se puede saber cuánto tiempo estuvo cada estudiante en el salón de clase. Para los casos de un solo registro su tiempo de clase será cero.

Al finalizar la clase la interfaz del pase de lista cuenta con las opciones de Guardar y vaciar la lista y por último una opción de solamente de vaciar y limpiar la lista.

**Resultados**

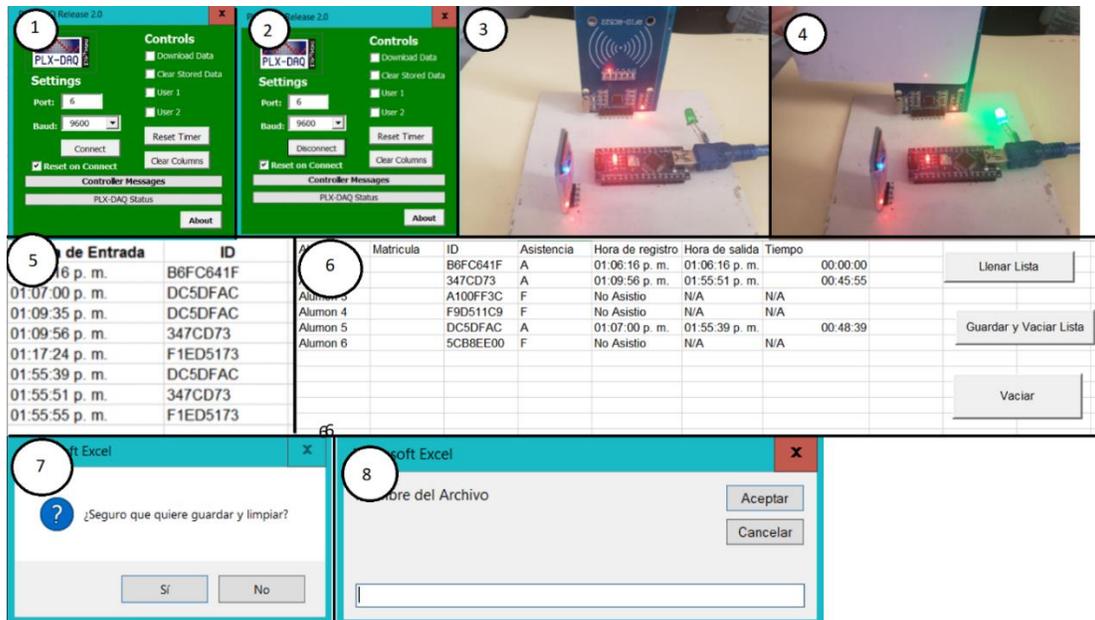
Para poder validar la efectividad del prototipo diseñado, se realizaron diversas pruebas para verificar una lectura correcta de las tarjetas y que el sistema pudiera diferenciar con éxito cada una.

Primero se realizó la prueba del hardware que al leer la tarjeta se cumpliera una tarea simple como la de encender un LED. Al confirmar que la prueba se cumplía de manera repetitiva y exitosa, se procedió a una segunda prueba, consistente en leer varias tarjetas, señalando la lectura con diferentes LED's. El objetivo de estas pruebas fue lograr que el sistema leyera la información única de cada tarjeta y no solamente que pudiera reconocer el chip dentro de ellas.

Posteriormente se comprobó todo el funcionamiento del prototipo donde en la figura 7 se muestra los resultados del llenado de una lista donde se puede observar los diversos casos que se pueden tener. El alumno 1 solo tiene un registro por lo que su hora de entrada y salida es la misma con un tiempo de clase de cero. Los alumnos 2 y 5 tiene sus registros de entrada y salida a diferente hora, su asistencia y estancia de clase. Los alumnos 3 y 6 no tuvieron registro por lo que es falta. Por último, el alumno 4 tiene ambos registros a diferente hora, pero su registro de entrada fue después de la hora límite por lo que se le asigna un retardo. En la figura 8. se muestra la secuencia de pasos necesarios para el funcionamiento del prototipo diseñado.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Alumno	Matricula	ID	Asistencia	Hora de registro	Hora de salida	Tiempo			
2	Alumon 1		B6FC641F	A	01:06:16 p. m.	01:06:16 p. m.	00:00:00		Llenar Lista	
3	Alumon 2		347CD73	A	01:09:56 p. m.	01:55:51 p. m.	00:45:55			
4	Alumon 3		A100FF3C	F	No Asistio	N/A	N/A			
5	Alumon 4		F1ED5173	T	01:17:24 p. m.	01:55:55 p. m.	00:38:31			
6	Alumon 5		DC5DFAC	A	01:07:00 p. m.	01:55:39 p. m.	00:48:39		Guardar y Vaciar Lista	
7	Alumon 6		5CB8EE00	F	No Asistio	N/A	N/A			
8										
9									Vaciar	
10										
11										
12										

Figura 7. Ejemplo de lista de asistencia



1. Configurar velocidad y puerto para conexión.	2. Conexión exitosa.
3. Modulo sin lectura	4. Modulo al tener lectura.
5. Tabla de registro de tarjetas	6. Lista de asistencia llena
7. Pregunta de confirmación para guardar y vaciar registros.	8. Nombre del archivo.

Figura 8. Secuencia de pasos necesarios para el funcionamiento del prototipo diseñado

## Comentarios Finales

### *Conclusiones*

En conclusión, la tecnología RFID es apropiada para implementarse en este tipo de soluciones, ya que su funcionalidad, fácil de usar y bajo costo de implementación permite una alternativa viable para adecuado al control de registro de la asistencia de los alumnos.

Se determinó que con el uso del sistema desarrollado existe una mejora y reducción del tiempo al realizar el proceso de registro de asistencia brindando a los alumnos, más tiempo para desarrollar sus actividades académicas.

Esto también es una ventaja para los docentes ya que agilizará el proceso de control de asistencia, de manera óptima y eficiente, además se corrobora que los alumnos registrados hayan sido los que se encontraban en la lista.

Con esta tecnología se podrá aumentar considerablemente el rendimiento productivo y la eficacia en cualquier sector que se nos ocurra. En otras palabras, se agiliza el proceso de lectura de identificación en los productos como consecuencia de una reducción de la intervención humana en esta tarea.

Por todo lo anterior, se puede mencionar que esta tecnología se puede adaptarse fácilmente a otras actividades como son el control de inventario, el control de asistencia y acceso laboral, a la localización de objetos, pago automático de pasaje, entre otras muchas otras aplicaciones.

## Referencias

- [1]. B. Rengith, Kuriakose, "Automatic student attendance registration using radio frequency identification(rfid)," Thesis (M. Tech.) - Central University of Technology, Free State, 2010.
- [2]. A. Fernández, C. Rodríguez-Morcillo García y J. D. Muñoz Frías, "RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia", Anales de mecánica y electricidad, pp. 48-52, 2006.
- [3]. N. Saparkhojayev and S. Guvercin, "Attendance Control System based on RFID- technology," Int. J. Comput. Sci. Issues, vol. 9, no. 3, pp. 227-230, 2012.
- [4] C. B. CORDOVA PINCAY and J. L. SANCHEZ BAQUE, "Desarrollo De Un Sistema De Registro Y Control Fr Asistencia De Estudiantes Que Realizan Las Pasantías En El Consultorio Jurídico De La Facultad De Jurisprudencia De La Universidad De Guayquil Mediante El Uso De Rfid," p. 163, 2019.
- [5] R. S. Martínez Verand, "Diseño del sistema de control de asistencia en la agencia Mercado de la caja Huancayo aplicando tarjetas de proximidad de tecnología RFID," 2017.

# Herramientas Digitales Dentro del Metaverso para la Educación Superior

Juan David Martínez García<sup>[1]</sup>; Brian Jovany López Pérez<sup>[2]</sup>; José David López Santiago<sup>[3]</sup>;  
Sandra Magali García García<sup>[4]</sup>; Dolores Gutiérrez Mota<sup>[5]</sup>.

**Resumen** — El desarrollo e implementación de la descentralización de datos e información es cada vez más constante y en este artículo nos enfocamos en la implementación y uso del entorno digital, en otros términos: el metaverso como una herramienta de educación para el nivel superior en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Iztapalapa III. Se propone la identificación de la comunidad tecnológica, en este caso, participantes o sujetos, a partir de avatares relacionándolos con las distintas áreas de conocimiento y las carreras de ingeniería impartidas en dicha institución educativa. Se pretende lograr la motivación con el buen uso de los metaversos desatando una nueva forma de desarrollar un mayor nivel de retención de información en los estudiantes, por ello la implementación de estas tecnologías como el Avatar son futuras herramientas indispensables e insustituibles para alcanzar objetivos de mayor nivel académico.

**Palabras clave**—Metaverso, Avatares, Realidad Virtual, Estructura Educativa, Realidad aumentada.

## Introducción

A lo largo de la existencia de la población los seres humanos han tenido que adaptarse a entornos los cuales la comunicación es un ámbito indispensable para poder interactuar entre las personas que le rodean otorgando un punto de vista acerca de distintos temas, el fomento de la educación es una de las herramientas que el ser humano tiende a desarrollar a lo largo de su vida, siendo un factor indispensable para el progreso de la sociedad. Los sistemas de información representan el inicio de una nueva revolución digital, con características que propician nuevos desarrollos académicos comenzando con la implementación en instituciones de educación universitaria. Con respecto a los últimos años, los recientes avances informáticos han hecho posible la interacción del hardware con el software, siendo posible tecnologías como la web3, la cual implementan a través de sistemas conformados con antiguas tecnologías, como es el caso de la web1 y web2 recopilando avances significativos como es el caso de la comunicación peer-to-peer llevándolo a un nuevo nivel de aprendizaje. Como bien se sabe la web1 se basa en los sistemas de administración estáticos, la información que se encuentra proporcionada en este sistema es solo informativo no existe una interacción entre distintos tipos de usuarios, la Web2 son aquellos sistemas en los cuales la interacción entre distintos usuarios es más común, permitiéndoles una comunicación más fluida y colaborativa como es el caso de las redes sociales y la Web3 en terminos de sistema son la unión de los distintos tipos de tecnologías que son incorporadas para poder dar forma a una nueva herramienta digital, a causa de la evolución que con ayuda de tecnologías como web1, web2 se desarrolló la descentralización donde ninguna institución pública o privada puede regir la comunicación ni la interacción que se tiene.

La visión de esta investigación es llevar a cabo un nuevo modelo pedagógico el cual posiblemente elimine las brechas digitales de las cuales las personas tienen una interacción ambigua, inclusive hasta con los siguientes conceptos:

- Peer-to-peer: Es la comunicación punto a punto que funciona como interacción entre dos personas sin tener la necesidad de necesitar a un tercero para poder regir los acontecimientos que se llegasen a suscitar
- Blockchain: Es una cadena de bloques digitales, la cual almacena datos estos se encuentran organizados y vinculados asegurados por pruebas criptográficas.

<sup>[1]</sup> Juan David Martínez García, Estudiante de Ingeniería Informática en el TecNM Campus Iztapalapa III, [juandavidpc@outlook.es](mailto:juandavidpc@outlook.es)

<sup>[2]</sup> Brian Jovany López Pérez, Estudiante de Ingeniería Informática en el TecNM Campus Iztapalapa III, [brayan002150@gmail.com](mailto:brayan002150@gmail.com)

<sup>[3]</sup> José David López Santiago, Estudiante de Ingeniería Informática en el TecNM Campus Iztapalapa III, [lopezjosedavid953@gmail.com](mailto:lopezjosedavid953@gmail.com)

<sup>[4]</sup> Sandra Magali García García, Docente de Ingeniería Informática en el TecNM Campus Iztapalapa III, [sandra.tecinfo@gmail.com](mailto:sandra.tecinfo@gmail.com)

<sup>[5]</sup> Dolores Gutiérrez Mota, Docente de Ingeniería en Gestión Empresarial en el TecNM Campus Iztapalapa III, [dgutiem@hotmail.com](mailto:dgutiem@hotmail.com)

- Criptomonedas y sus usos en el metaverso: Las criptomonedas son activos o monedas digitales, donde los usuarios son capaces de intercambiar dinero de una forma física a una forma digital entendiendo como un intercambio descentralizado lo que conlleva que ninguna institución o persona pueda manipular la conducta de esta.
- Epistemología: Es el conocimiento humano filosófico que en este estudio se utiliza para aprender más del entorno virtual, para ser implementado en el sector educativo.
- Ambigüedad: El termino es usado para referirse al comportamiento del grupo de muestra que pueda tener confusión sobre el tema de interacción.
- NFT: Los NFT's son piezas de arte no fungibles las cuales pueden ser comprados y vendidos de modo digital, a cada uno se le es asignado una cadena de caracteres garantizado su autenticidad.
- Avatar: El avatar es la representación virtual del usuario, este con el principal fin de llevar a cabo una interacción dentro del ciberespacio, llevar a cabo tareas de simulación ejemplificando ciertas tareas a realizar dentro de un entorno específico.

Regresando a la explicación de la blockchain, éstas se conforman por un conjunto de tecnologías que se reúnen para poder formarlas, el cual es una red de bloques donde se empaqueta y almacena (información), que es mandada a los diferentes usuarios que están interactuando dentro de la red siendo un factor indispensable la seguridad que ésta contiene, por no poder ser decodificada y distribuida a todos los usuarios que pudieran modificar o alterar el contenido de la misma.

La implicación de este sistema web3 es extensa porque alberga diferentes subsistemas como es el caso de criptomonedas, NFT, metaverso, avatares y diferentes sistemas de economías digital.

El avatar es entonces el agente económico primordial por ser la representación del ser humano dentro de los entornos digitales, el cual es vinculado con la necesidad de comunicarse, socializar y transmitir información, lo cual hace posible la interacción dentro de los espacios virtuales donde el avatar es capaz de producir y recrear actividades migrando la personalidad de los usuarios siendo capaces de realizar toda actividad cotidiana asistiéndose de las tecnologías señaladas arriba.

Permítase manejar lo siguiente como la hipótesis: el correcto uso de la tecnología incrementa el aprendizaje.  
Ejemplos de aprendizaje:

1. Simulaciones de negocios internacionales
2. Explicaciones de temas a partir de video-conferencias
3. Foros de discusión
4. Cursos, capacitaciones

La educación es un punto a reforzar dentro de la sociedad la cual influye directamente ya que mediante esta el ser humano es capaz de obtener mayores conocimientos y capacidades, existen distintas metodologías de aprendizaje las cuales no suelen apoyarse en las TIC's lo que ha originado desinterés e incluso nulo conocimiento por parte de los estudiantes.

El aprendizaje virtual es una herramienta que en su correcto uso posibilita y mejora el rendimiento del estudiante otorgándole beneficios como aumentar el conocimiento obtenido e incluso el interés hacia áreas más específicas en las que quiera desarrollarse o especializarse.

La visión del artículo se centró en establecer la brecha digital del conocimiento básico de lo virtual en toda su gama (desde WEB 1 a WEB 3) y mediante los experimentos realizados se consiguió detectar que es necesario el uso de herramientas digitales para el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes del nivel superior.

### **Comprobando el uso de las herramientas digitales para el aprendizaje**

Se realiza una investigación experimental con dos grupos de la carrera Ingeniería en Gestión Empresarial del TecNM Campus Iztapalapa III, quedando el diseño de la siguiente manera:

RG <sub>1</sub>	X	O <sub>1</sub>
RG <sub>2</sub>	X	O <sub>2</sub>

### Descripción del Método

El método consistió en presentar un cuestionario que abarco temas como lo son metaverso, avatar, realidad aumentada y realidad virtual de la cual se obtendrán datos que serán analizados posteriormente, después de abordar y exponer los temas al grupo de prueba se les realizara nuevamente la misma encuesta en la cual se esperan que los resultados cambien y de esta manera se comparen resultados, se elaboraran gráficas los cuales representaran los resultados. Durante toda la prueba se estarán realizando notas de acuerdo con el comportamiento y cuestionamiento que se lleguen a realizar por parte de los sujetos de prueba y estos de igual manera serán registrados. En esta investigación experimental del tipo cuantitativa se requirió de una encuesta sobre el uso de herramientas para aprendizaje (mediante un formulario digital) con el fin de obtener y analizar los datos recabados.

La muestras del universo se concentraron únicamente en dos grupos (como se señala arriba) clasificados por A y B, los cuales eran de características similares por tener pocos estudiantes, horario accesible, por tanto de fácil control, quedando el diseño de la siguiente manera:

El  $G_1$  o muestra A se conforma por alumnos de 4° semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial a este grupo se les aplicó la evaluación conocida como Single-blind (simple ciego), mientras que al grupo muestra de 8° semestre de la misma carrera o  $G_2$ , se les realizó la prueba denominada Double-blind (doble ciego) con la misma encuesta digital.

Los estudiantes de 8° semestre desconocen la hipótesis específica de la investigación de esta manera se evitarían o disminuirían sesgos de veracidad o informalidad en los resultados.

Una breve comparación de ambas técnicas empleadas es que durante la Single-blind la encuesta conto con la presencia de los autores de este artículo y se conoció al grupo de muestra mientras que en la Double-blind no se tuvo conocimiento de quienes aplicaban ni quienes resolvían la prueba.

Para comenzar con el estudio experimental se solicitó el permiso y apoyo por parte de la profesora que se encontraba a cargo de los grupos con la finalidad de tener la concientización y seriedad de los y las estudiantes.

La prueba "single-blind" consistió en preguntas cerradas y abiertas acerca del tema y los resultados se describen a continuación:

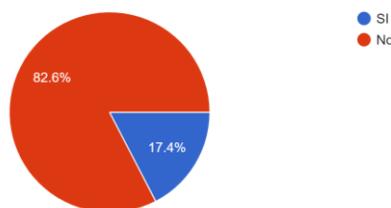


Imagen 1 Resultados de encuesta realizada a los estudiantes con conocimiento del TecNM Campus Iztapalapa III

Sólo el 82% de los y las estudiantes contestaron no haber ingresado a algún metaverso, lo que significa que no hay conocimientos previos acerca del metaverso.

Al finalizar la primera prueba los estudiantes recibieron una breve introducción proporcionada por un equipo de estudiantes capacitado con los conocimientos necesarios para elaborar la prueba, estos mismos darán seguimiento y control al grupo de muestra.

Concluida la etapa de la presentación al grupo de muestra A se realizara el comienzo para la prueba con el grupo de muestra B y para la ejecución de la prueba double-blind se solicitará la ayuda de la profesora a cargo del segundo grupo del 8° grado de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, denominado muestra (B), a la profesora a cargo del grupo se le brindara una breve platica de los objetivos que se desean cumplir con esta prueba y se le otorgará el cuestionario que deberán realizar.

El grupo de muestra (B) tendrá que llenar la misma encuesta realizada por el grupo de muestra A, la encuesta la realizará la profesora a cargo del grupo a diferencia del grupo anterior en esta prueba no se les dará una plática sobre el metaverso y se quedarán con los datos obtenidos, con estos datos se generará una nueva comparación utilizando la encuesta final del grupo de muestra (A) y el grupo de muestra (B).

¿TE GUSTARÍA ADENTRARTE MÁS EN EL METAVERSO?  
ipuestas

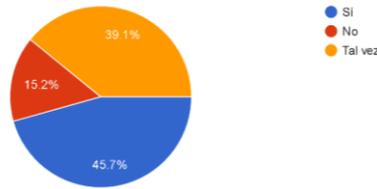


Imagen 2 Gráfica de estudiantes interesados en adentrarse a temas de metaverso

La finalidad del segundo cuestionario es el analizar los conocimientos con que cuentan los alumnos acerca del metaverso y como se implementarían o adaptarían al sistema educativo a nivel universitario para cumplir con un mayor involucramiento de los/las estudiantes a los temas más complejos en sus planes de estudio y cubrir sesgos de información en las materias/módulos que se imparten en las carreras.

En ambos casos podemos notar que los alumnos cuentan con información del avatar, metaverso sin embargo no tienen certeza acerca de cómo relacionarlo con su área de trabajo o como emplearlo como una herramienta de trabajo.

Distribución de puntos totales

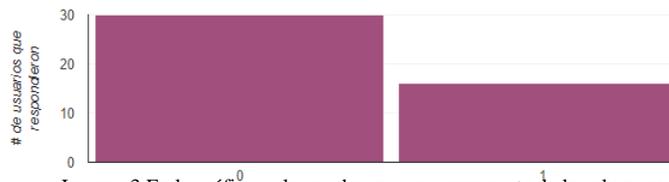


Imagen 3 En la gráfica se logra observar que gran parte de los alumnos desconocen como implementar estas herramientas en la carrera que estudian.

Se realizó un análisis estadístico con base en las encuestas elaboradas a los grupos de muestra A Y B en la que el universo abarcaba un gran campo de sujetos, agentes o personas los cuales cuentan con conocimientos, enfoques y características muy dispersas, lo cual da lugar a una gran cantidad de desinformación o desinterés en el tema ya que los grupos de muestra mostraban desinterés al comienzo de ambas pruebas.

Distribución de puntos totales

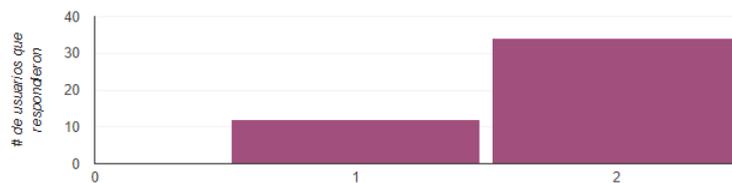


Imagen 4 Gráfica que muestra solo 10 alumnos de los 36 totales encuestados no habían tenido un interés anteriormente.

Observamos que los sujetos desconocían de las nuevas herramientas tecnológicas y su implementación dentro de los campos laborales, sociales y educativos.

Al mismo tiempo se nota que el uso de las redes sociales y contenido observado por los sujetos de prueba llegan a aportar gran parte de la información que ellos poseían, sin embargo, no marca un cambio radical ya que no se tenía un enfoque a grandes rasgos y este conocimiento previo se tornaba invalido, en base a los datos observados por parte

de los alumnos se notó una iniciativa por parte de ellos para llevar a cabo la tarea de crear su avatar e incluso una exploración a los diversos mundos digitales existentes, de esta manera lograran tener una experiencia más inmersiva provocando el aprendizaje autónomo y un mayor conocimiento con respecto a todas las herramientas del metaverso y sus posibles usos.

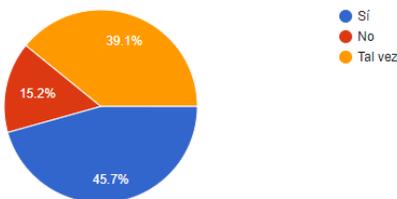


Imagen 5 Resultados de posibilidades que el estudiante se involucre o conozca a futuro sobre temas del metaverso

Las aplicaciones, usos o ventajas del metaverso pueden llegar a ser demasiadas. Ya que en estos se pueden ofrecer entornos basados en realidad aumentada, experiencias 360°, realidad virtual, entre otras. Con estas nuevas herramientas los alumnos podrán conocer con mayor precisión componentes o entornos a los cuales no están fácil acceder por cuestiones económicas y que son un gran aporte para los alumnos, las herramientas digitales como es el caso del avatar y el metaverso impactarán en diversas áreas no solo en la educación y serán una gran herramienta ya que es algo nuevo, llamativo y de bastante ayuda un ejemplo de ello es en las ingenierías las cuales pueden modelar componentes electrónicos o construcciones para poder conocer a detalle todo lo que se utiliza y su funcionamiento.

### Comentarios Finales

De acuerdo con los datos arrojados por parte de las encuestas e incluyendo a ambos grupos de muestra brevemente se puede llegar a concluir que las y los estudiantes del Instituto Tecnológico de Iztapalapa III se tornan interesados en la implementación de las herramientas digitales para la educación, sin embargo estos resultados muestran que la mayor parte de la institución académica no cuenta con la suficiente información que conlleva a lo que se es capaz de realizarse en las diversas áreas del metaverso.

### Conclusiones

Esta investigación tuvo como objetivo ejemplificar la implementación de las tecnologías descentralizadas y sus atributos como herramientas de estudio y de aprendizaje para el sector académico especificando en el nivel superior, al analizar los resultados se percata que los estudiantes cuentan con positivos conocimientos e información previa acerca de la realidad virtual y la realidad aumentada lo que genera una referencia al uso de estas ciencias aplicadas, sin embargo no refieren con sapiencias previas acerca de las características o el alcance con que cuenta el metaverso.

De acuerdo con el estudio cuantitativo y cualitativo realizado se percibe que los alumnos de la institución cuentan con las capacidades para lograr desarrollar un entorno de aprendizaje nuevo, ya que compete a la nueva revolución digital en base a su modelo disgregado y su entorno de convivencia.

Es importante recalcar que los resultados arrojados durante el estudio retratan brevemente la información con que cuentan los alumnos, lo cual no dictamina de forma detallada un uso exacto o directo de esta tecnología en la educación.

### Recomendaciones

Durante la investigación se presentaron diversos factores los cuales influyeron en la obtención de resultados finales de las pruebas, de estos podemos destacar las siguientes para quienes gusten retomar la investigación o llevar a cabo una con cualidades semejantes:

- Internet adecuado para la carga/descarga de archivos, ya que esto intervino en el uso de los equipos y en la interacción de los metaversos.
- Mayor capacitación para docentes y estudiantes que deseen mejorar sus prácticas académicas o de aprendizaje en estos entornos digitales a través de las herramientas pertinentes.

El tomar en cuenta estas variables ayudara en futuras investigaciones semejantes o continuaciones de esta, para lograr obtener un estudio con mejores características albergando con mayor especificación temas como la realidad virtual, mejorar la experiencia que el usuario obtenga durante las pruebas y utilizar temas más específicos para

realizar de mejor manera una clase con la implementación de las nuevas herramientas digitales e ir realizando con mayor detalle la captación de datos del comportamiento que los sujetos en cuestión generen durante la prueba.

## Referencias

- Chengyu Sun, Wei Hu, Diqiong Xu, "Navigation modes, operation methods, observation scales and background options in UI design for high learning performance in VR-based architectural applications," *Journal of Computational Design and Engineering*, Volume 6, Issue 2, April 2019, Pages 189–196, consultada por internet. Dirección de internet: <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2018.05.006>
- Bonilla Durán, Virginia. "El avatar la representation grafica del usuario en internet." Tesis para Licenciatura en Artes Visuales, Escuela Nacional de Artes Plásticas, UNAM, consultada por internet. Dirección de internet: [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000650488](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000650488)
- García Gil, Mónica Eliana, & Gómez Serna, Edwin Arcesio (2014). Avatar-habitar-actuar. Jóvenes en las redes sociales virtuales: ¿habitantes, navegantes o actores digitales?. Análisis. Revista Colombiana de Humanidades, 46(85),253-283.[fecha de Consulta 3 de Abril de 2022]. ISSN: 0120-8454. consultada por internet. Dirección de internet: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=515551536005>
- Caballero-Morales, Santiago-Omar, & Trujillo-Romero, Felipe. (2013). 3D Modeling of the Mexican Sign Language for a Speech-to-Sign Language System. *Computación y Sistemas*, 17(4), 593-608. Recuperado en 03 de abril de 2022, de consultada por internet. Dirección de internet: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-55462013000400012&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-55462013000400012&lng=es&tlng=en)
- Esteve González, Vanessa, & González Martínez, Juan, & Gisbert Cervera, Mercè, & Cela Ranilla, Jose Maria (2017). "La presencia social en entornos virtuales 3d: reflexiones a partir de una experiencia en la universidad. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación", (50),137-146. [fecha de Consulta 3 de Abril de 2022]. ISSN: 1133-8482. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36849882009>
- Potter, Mary-Anne. (2019). Human-Nature-Technology interfaces within the Avatar cinema-scape. *Image & Text*, (33), 1-16. <https://dx.doi.org/10.17159/2617-3255/2018/n33a9>
- Dirección de Desarrollo Académico, Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA). Aprendizaje creativo, mundos virtuales y educación en Red, Proyectos Universitarios PAPIIT (PAPIIT). En Portal de datos abiertos UNAM (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://datosabiertos.unam.mx/DGAPA:PAPIIT:IT308311>
- Gonzalez-Franco, M., & Peck, T. C. (2018). Avatar embodiment. Towards a standardized questionnaire. *Frontiers Robotics AI*. Frontiers Media S.A. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00074>
- Freddy Varona Dominguez de Universidad de la Habana, la Habana, Cuba "Ambigüedad en la categoría tecnología educativa" Disponible en : <https://doi.org/10.17163/soph.n33.2022.09>
- Luis Alberto Montoya Acosta, María del Rosario Parra Castellanos, Michel Lescay Arias, Oscar Andrés Cabello Alcivar, Gabriella Michelle Coloma Ronquillo "Teorías pedagógicas que sustentan el aprendizaje con el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones" <http://scielo.sld.cu/pdf/ric/v98n2/1028-9933-ric-98-02-241.pdf>

# Multidisciplinariedad Tecnológica para el Desarrollo Ingenieril en la Implementación de Prototipos de Biorremediación Acuapónica para el Aprovechamiento de Autosustento Biopónico y la Conservación de Especies Vulnerables

Dr. (c). Ramón Eduardo Martínez-Grimaldo<sup>1</sup>, MC. Horacio Octavio García-Arriaga<sup>2</sup>,  
Ing. Marilú González-Fernández<sup>3</sup>, MC. Greys Vega-Flores<sup>4</sup>, Ing. Erika Grissell Escalante-Martínez<sup>5</sup>, Dr. Dante Camarillo-Ravelo<sup>6</sup>, MPPT. Erika Cecilia Maya-Albarrán<sup>7</sup>, Dr. (c). Ana Lilia Áviles-Mariño<sup>8</sup>, Dra. Martha Anahí Güizado-Rodríguez<sup>9</sup>, IBQ. María Fernanda Gutiérrez-Islas<sup>10</sup> y MII. Pablo Galeote-García<sup>11</sup>

**Resumen**— En la búsqueda de tecnologías que brinden soluciones para el tratamiento de aguas y el aprovechamiento sustentable de los sistemas hidropónicos para el autosustento, el Cuerpo Académico "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental" ITGAM-CA-1, realiza trabajo colaborativo y multidisciplinario con académicos de diversas instituciones de educación tecnológica. Los prototipos que se desarrollan tienen la finalidad de contribuir en la implementación de una estación biopónica y de estaciones hidropónicas para conservación de especies vulnerables. El prototipo biopónico se ha desarrollado con la intención de obtener una producción mixta de hortalizas y tilapias que cubran el autoconsumo, con el fundamento de que la producción hidropónica aprovecha una fórmula nutritiva obtenida a partir del vermicomposteo de los residuos sólidos orgánicos domésticos. Por otro lado, en sustitución de la acuaponía de producción y ornamental, se han desarrollado prototipos innovadores para la conservación de ajolotes en la Cuenca del Valle de México y la Sierra Nororiental de Puebla; y en el sureste de Tamaulipas, el sistema acuapónico conserva y aprovecha la función fitoremediadora del mangle rojo.

**Palabras clave**—Estación biopónica, autosustento, sistema hidropónico, conservación de especies vulnerables.

## Introducción

En las Zonas Metropolitanas (ZM) de México, el crecimiento urbano y demográfico ha incrementado la necesidad de acceder con mayor demanda al agua potable (DGE, 1971; INEGI, 1984, 1991, 1996, 2002a, 2002b, 2009, 2011, 2016a, 2016b, 2018). Principalmente, el recurso hídrico resulta sumamente indispensable en las ZM para el consumo humano, para la generación de bienes y servicios y para la conservación de otros recursos naturales,

<sup>1</sup> El Dr. (c). Ramón Eduardo Martínez-Grimaldo es Profesor Investigador en Ecología de la Carrera de Ingeniería Ambiental, además es líder del Cuerpo Académico ITGAM-CA-01 "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental", en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. [ramon.mg@gamadero.tecnm.mx](mailto:ramon.mg@gamadero.tecnm.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El MC. Horacio Octavio García-Arriaga es Profesor Investigador de la Carrera de Ingeniería Ambiental y miembro del Cuerpo Académico ITGAM-CA-01 "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental" en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. [ambiental05@gamadero.tecnm.mx](mailto:ambiental05@gamadero.tecnm.mx)

<sup>3</sup> La Ing. Marilú González Fernández es profesora de la carrera de Ingeniería Ambiental y miembro del Cuerpo Académico ITGAM-CA-01 "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental" en el Tecnológico Nacional de México / I. T. de Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México. [marilu.gf@gamadero.tecnm.mx](mailto:marilu.gf@gamadero.tecnm.mx)

<sup>4</sup> La MC. Greys Vega-Flores es Profesora Investigadora de la Carrera de Ingeniería Ambiental y miembro del Cuerpo Académico ITGAM-CA-01 "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental" en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. [greys.vf@gamadero.tecnm.mx](mailto:greys.vf@gamadero.tecnm.mx)

<sup>5</sup> La Ing. Erika Grissell Escalante-Martínez es profesora de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. [erika.em@gamadero.tecnm.mx](mailto:erika.em@gamadero.tecnm.mx)

<sup>6</sup> El Dr. Dante Camarillo-Ravelo es profesor de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. [dante.cr@gamadero.tecnm.mx](mailto:dante.cr@gamadero.tecnm.mx)

<sup>7</sup> La MPPT. Erika Cecilia Maya-Albarrán es Profesora Investigadora de tiempo Completo de la carrera de Ingeniería en Acuicultura en la Universidad Tecnológica del Mar de Tamaulipas Bicentenario, Soto La Marina, Tamaulipas, México [ececiliamaya2211@utmart.edu.mx](mailto:ececiliamaya2211@utmart.edu.mx)

<sup>8</sup> La Dra. (c). Ana Lilia Áviles-Mariño es Profesora Investigadora de la carrera de Licenciatura en Biología en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Altamira, Tamaulipas, México [analiliaaviles@hotmail.com](mailto:analiliaaviles@hotmail.com)

<sup>9</sup> La Dra. Martha Anahí Güizado-Rodríguez es Profesor Investigadora de la Carrera de Licenciatura en Biología y la Maestría en Ciencias Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T. Superior de Zacapoaxtla, Puebla, México. [martha.gr@zacapoaxtla.tecnm.mx](mailto:martha.gr@zacapoaxtla.tecnm.mx)

<sup>10</sup> La IBQ. María Fernanda Gutiérrez-Islas es estudiante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México. [fergutierrez\\_18@hotmail.com](mailto:fergutierrez_18@hotmail.com)

<sup>11</sup> El MII. Pablo Galeote-García es Profesor Investigador de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. [pablo.gg@gamadero.tecnm.mx](mailto:pablo.gg@gamadero.tecnm.mx)

tales como los del capital natural de la región.

De acuerdo con INEGI (1999), CONAGUA (2008a, b) y SEMARNAT (2008), el uso del agua potable en México es destinada en un 77% para la agricultura, 14%, en el abastecimiento público, 5%, en las termoeléctricas y 4%, en la industria. Por ejemplo, en la ZM de la Ciudad de México se estima que diariamente se gastan 67 m<sup>3</sup> cc por segundo, por lo que surge la necesidad de potabilizar el agua de forma local y circular, en plantas de tratamiento de agua, para el autoabastecimiento. Sin embargo, éstas pueden complementarse con ecotecnias que implementen sistemas productivos locales para el autoconsumo, o incluso para el ornato, como lo son la hidroponía, la acuicultura y, la ecotecnia integradora de éstas: la acuaponía (Jiménez, 2017).

Con base en lo anterior, resulta evidente que los avances en Ingeniería, que se producen hoy en día, nos permiten resolver los conflictos que se dan debido a las problemáticas del agua. En este sentido, el Cuerpo Académico "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental" ITGAM-CA-1, realiza trabajo colaborativo y multidisciplinario con académicos de diversas instituciones de educación tecnológica, con el objetivo de aplicar sistemas acuapónicos de autosustento que brinden soluciones para el tratamiento y el aprovechamiento sustentable de las aguas, con la finalidad de su aprovechamiento sustentable.

### Descripción del Método

#### *Acuaponia como ecotecnia sustentable*

Aunado a la problemática del agua en las ZM, a nivel mundial se tiene un problema de seguridad alimentaria. Para atender ambas necesidades, resulta eficiente la ecotecnia de la acuaponía, la cual combina dos sistemas de producción: la acuicultura y la hidroponía. Tiene como propósito generar alimento de alta calidad para consumo humano directo y aprovechar los desechos de los organismos acuáticos previo a su descomposición bacteriana, para convertirlos en los nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo (Mateus, 2009).

En general, con la fase de acuicultura, se tiene la cría de organismos acuáticos, entre los que se encuentran: peces, moluscos, crustáceos y plantas. La mayor parte de la acuicultura se lleva a cabo en el mundo en desarrollo, para la producción de especies de peces de agua dulce de poco consumo en la cadena alimentaria, como la tilapia o la carpa (Mateus, 2009).

Mientras que con la fase de hidroponía, se tiene un método de cultivo muy eficaz que utiliza diferentes sistemas con sustratos para producir una amplia variedad de plantas. Las plantas son alimentadas con una solución nutritiva que incluye todos los nutrientes esenciales (Mateus, 2009). Esta solución se aplica directamente a las raíces, lo que permite que las plantas se desarrollen más rápido y tengan mejor sanidad que las cultivadas en suelo.

Bajo este principio sustentable, el equipo multidisciplinario ha desarrollado diversos sistemas acuapónicos con integración de técnicas innovadoras para incrementar las aplicaciones acuapónicas para atender otras problemáticas.

#### *Biorremediación Acuapónica*

Debido a que las aguas residuales domiciliarias, de las ZM, contienen distintos contaminantes que, de no ser tratados, pueden afectar nuestra salud y la calidad del ambiente en el que vivimos, se buscan tratamientos, como la biorremediación, que puedan mejorar la calidad del agua (CONAGUA, 2008c).

La biorremediación se refiere a la aplicación de microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para la restauración del ambiente (Garbisu *et al.*, 2002). Esta tecnología biológica actúa a través de las intervenciones de organismos con la facultad reducir y mitigar los efectos nocivos causados por los contaminantes ambientales, propios o ajenos, a los sistemas acuapónicos (Loa-Arias *et al.*, 2019). Su integración en la acuaponía, la convierte en una ecotecnia sustentable (Garzón *et al.*, 2017).

En los sistemas acuapónicos empleados, se emplea la capacidad fitorremediadora que otorga la rizosfera de las plantas empleadas en la fase hidropónica, para mantener regulados diversos parámetros como pH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, OD, CO<sub>2</sub>, y NH<sub>3</sub>, que resultan ser desechos fisiológicos de la fase de acuicultura.

#### *Estación Biopónica*

Con el propósito de incrementar, en el sistema acuapónico, la producción mixta de hortalizas, se propuso la generación de una estación biopónica.

Dentro de la fase hidropónica, para evitar el uso de abonos de origen industrial, el suministro de nutrientes es obtenido a partir de un origen orgánico, particularmente del proceso de descomposición biológica (Méndez & González-Duarte, 2018).

El diseño se basa en implementar un lixiviado rico en nutrientes para la fase hidropónica, el cuál es obtenido a partir del composteo de los residuos sólidos orgánicos generados de manera doméstica. Este proceso de degradación

ha sido generado a partir del método de vermicomposteo. De esta manera, es posible asegurar el acceso oportuno y permanente de los alimentos, en calidad, inocuidad y cantidad (Robando, 2016).

El vermicomposteo es una técnica para la degradación de la materia orgánica. La degradación se encuentra mediada por la actividad digestora de las lombrices de tierra, *Eisenia fetida*, y los microorganismos existentes en ella, obteniéndose un producto lixiviado, que resulta un abono de fácil manejo, que es ligero e inodoro (Frias *et al.*, 1996).

Con base en lo anterior, se desarrolló el cultivo hidropónico de hortalizas, en el que mejoraron su crecimiento al adicionar, a las raíces, la solución nutritiva del lixiviado obtenido de una vermicomposta. Obteniendo de esta manera, en un sistema acuapónico, un método que además de incrementar los nutrientes de forma satisfactoria, puede ser implementado en un espacio reducido y con bajo costo económico.

#### *Acuaponia para la conservación de especies vulnerables*

La acuaponía no sólo ha sido aprovechada para satisfacer la producción alimentaria, sino que, además, es implementada en el mantenimiento de especies de ornato (Gómez-Merino *et al.*, 2015; Escobar-Torres, 2019).

Bajo el principio acuapónico del mantenimiento de peces de producción y ornato, se propone que la ecotecnia sea empleada para la manutención de especies acuáticas vulnerables.

La problemática del agua en las ZM, no sólo se encuentra relacionada con el desabasto, la potabilización del recurso hídrico y la seguridad alimentaria, además, en los diversos ambientes acuáticos naturales que aún podemos encontrar en estas zonas, resultan ser el hábitat de muchas especies endémicas y autóctonas de México (Halffter & Reyes-Castillo, 1975; Rojas-Rabiela, 1985).

La destrucción, disminución, contaminación y reducción de los hábitats acuáticos, en México y el mundo, ha puesto en peligro de extinción a la biodiversidad que los habita (SEMARNAT, 2018). Particularmente en la ZM de la Ciudad de México, los relictos lacustres de la Cuenca del Valle de México continúan siendo el hábitat de algunas especies vulnerables como, por ejemplo, el lago de Texcoco y Xochimilco siguen siendo el hábitat del emblemático ajolote mexicano (Aguilar-Moreno y Aguilar-Aguilar, 2019).

Los ajolotes son especies de salamandras neoténicas pertenecientes a la familia Ambystomatidae, la cual cuenta con 32 especies descritas mundialmente, de las cuales 18 son mexicanas. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), 15 de estas especies se encuentran bajo una categoría de riesgo y, particularmente, la especie endémica de la ZM, el ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*), se encuentra en la categoría de "en peligro de extinción", debido a las actividades humanas previamente mencionadas. De esta manera, el sistema acuapónico biorremediador es propuesto para el mantenimiento del ajolote (Loa-Arias *et al.*, 2019).

La fase piloto de la propuesta consiste en el aprendizaje de especímenes de *A. mexicanum*, adquiridos de colecciones vivas de PIMVS's y UMA's (Vergara-Iglesias, 2019), las cuáles cuentan con certificado de adquisición registrados ante la autoridad de Vida Silvestre (Registros AMEA-PA-2201-081 y 082, provenientes de SEMARNAT-PIMVS-CR-157-MEX/19 con aprovechamiento SGPA/DGVS/01591/22; AM/AMANIA/755/20 y /756/20, provenientes de DGVS-PIMVS-CR-IN-1601-MEX/13 con aprovechamiento SGPA/DGSV/09683/21; CDAX-AXTL-MEX-2020-098 y 099, provenientes de SEMARNAT-DGVS-PIMVS-1919-CDMX/20 con aprovechamiento SGPA/DGVS/04343/21), los cuáles son monitoreados a partir de sus parámetros físicos, químicos y biológicos importantes para su supervivencia, dentro de los sistemas acuapónicos, para evaluar la sustentabilidad de su mantenimiento en cautiverio y, de esta manera, proponer la transferencia de la tecnología en la conservación de las poblaciones silvestres.

Esta transferencia no sólo es propuesta para la conservación de los ajolotes de la Cuenca del Valle de México, sino que se propone su aplicación para las poblaciones de *A. velasci* en la Sierra Nororiental de Puebla, que se encuentra bajo una categoría "Sujeto a Protección Especial" enlistada por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por otro lado, las especies vulnerables que se proponen conservar, no sólo son para la fase de acuicultura, sino que en la fase hidropónica y biorremediadora del sistema, se están llevando a cabo pruebas de fitorremediación en el sureste de Tamaulipas con el mangle rojo, endémico del país y que se encuentra en la categoría de "Amenazada", de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **Comentarios Finales**

#### *Resumen de resultados*

El presente manuscrito es una síntesis del desarrollo ingenieril que se lleva a cabo de manera multidisciplinaria en la implementación de prototipos de biorremediación acuapónica. Particularmente, el desarrollo de la estación biopónica, que incluye la integración de lixiviados provenientes del vermicomposteo para ser integrados como abono orgánico en la fase hidropónica, ha sido posible gracias a la ejecución del proyecto de investigación "Diseño de una estación biopónica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

domésticos”. Aprobado con financiamiento en la “Convocatoria 2020: Convocatoria 2020: Proyectos de Investigación Científica del Tecnológico Nacional de México; mientras que el tren de tratamiento biorremediador acuapónico con mangle rojo en la fase hidropónica y la integración de conservación de ajolotes (*Ambystoma spp.*) en la fase de acuicultura, se ha podido desarrollar gracias al proyecto de investigación “Desarrollo y evaluación de un sistema sustentable de biorremediación acuapónica para la implementación en un tren de tratamiento de potabilización de agua”. Con registro 9973.21-P. Aprobado con financiamiento en la “Convocatoria 2021: Proyectos de Investigación Científica del Tecnológico Nacional de México.

### Conclusiones

Los sistemas acuapónicos hoy en día pueden tener varias aplicaciones. En un trabajo colaborativo y multidisciplinario, se han desarrollado implementaciones en la biorremediación del agua, la eficiencia de productividad gracias a la bioconomía y, además de mantener especies para el autoconsumo, es posible su inclusión en proyectos de conservación de especies vulnerables.

### Recomendaciones

Los sistemas de biorremediación acuapónica aquí propuestos, como modelo sustentable, son posibles gracias al monitoreo de las variables físicas, químicas, microbiológicas y ecotoxicológicas, de cada una de las fases que los componen.

### Referencias

- Aguilar-Moreno, R. y R. Aguilar-Aguilar. 2019. El mítico monstruo del lago: la conservación del ajolote de Xochimilco. *Revista Digital Universitaria*. 20(1): 1-15.
- CONAGUA. 2008a. Estadísticas del agua en México. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT. Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. 2008b. Situación del subsector de agua potable, alcantarillado y saneamiento. México: Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana. Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. 2008c. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Comisión Nacional del Agua.
- DGE. 1971. IX Censo General de Población. 1970: 28 de enero 1970: Distrito Federal. Dirección General de Estadística, Secretaría de Industria y Comercio, Estados Unidos Mexicanos.
- Escobar Torres, VA. 2019. Apoyo en actividades de cultivo y producción de peces de ornato en el Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo. Informe Final de Servicio Social por Actividades Relacionadas con la Profesión. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. México. 13pp.
- Garbisu, C., I. Amézaga & I. Alkorta. 2002. Biorremediación y ecología. *Ecosistemas*, 11(3).
- Garzón, J., J. Rodríguez Miranda & C. Hernández Gómez. 2017. Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad Y Salud*, 19(2), 309-318.
- Gómez-Merino, F. C., N. E. Ortega-López, L. I. Trejo-Téllez, R. Sánchez-Páez, E. Salazar-Marcial & J. Salazar-Ortiz. 2015. La acuaponía: alternativa sustentable y potencial para producción de alimentos en México. *Agro Productividad* 8(3): 60-65.
- Halfpter, G. y P. Reyes-Castillo. 1975. "Fauna de la Cuenca del Valle de México", Memoria de las Obras del Sistema del Drenaje Profundo del Distrito Federal, vol. 1, Talleres Gráficos de la Nación, México, pp. 135-180.
- INEGI. 1984. X Censo General de Población y vivienda 1980: Distrito Federal. Volumen I y II. Tomo 9. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- INEGI. 1991. Distrito Federal: Resultados definitivos: Tabulados básicos: XI Censo general de Población y Vivienda 1990. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1996. Distrito Federal: Censo de Población y Vivienda 1995: Resultados definitivos: tabulados básicos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 1999. Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México, pp. 35-58.
- INEGI. 2002a. Principales resultados por localidad. Distrito Federal. XII Censo general de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

- INEGI. 2002b. Censo General de Población y Vivienda. Síntesis de resultados. Distrito Federal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2009. Perfil sociodemográfico del Distrito Federal. II Coteo de Población y Vivienda 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2011. Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010. Distrito Federal. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2016a. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015. Distrito Federal. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2016b. Panorama sociodemográfico de Ciudad de México 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2018. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Loa-Arias, D., E. C. Maya-Albarrán, E. G. Escalante-Martínez, M. González-Fernández, H. O. García-Arriaga & R. E. Martínez-Grimaldo. Implementación de un sistema sustentable de biorremediación acuapónica para el mantenimiento en cautiverio del axolote (*Ambystoma mexicanum*). En: Fierro-Estrada, N., G. A. Woolrich-Piña, J. C. García-Montiel y F. R. Méndez de la Cruz (eds.). Memorias del VI Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional Sobre la Investigación y Conservación de Anfibios y Reptiles. Zacapoaxtla 2019: 77.
- Mateus, J. 2009. Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. Red Hidroponía 44: 7-10.
- Méndez, A. Y. & V. D. C. González Duarte. 2018. Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el periodo de enero-marzo, 2018. Doctoral dissertation. Universidad Nacional Agraria.
- Robando, J. L. 2016. Estudio de la facilidad del diseño y montaje del sistema de cultivos hidropónicos de lechugas en conjunto residencial. Tesis de licenciatura. Universidad Distrital José de Caldas. Colombia. 90pp.
- Rojas Rabiela, T. 1985. "La cosecha del agua. Pesca, caza de ave y recolección de otros productos biológicos acuáticos de la cuenca de México", Cuadernos de la Casa Chata, núm. 116, CIESAS-SEP, Museo Nacional de Culturas Populares, México, 1985, pp. 1-112.
- Ruiz, H. 2014. Producción de calabacita (*Curcubita pepo* L.) variedad Grey Zucchini, aplicando humus líquido de lombriz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 44pp.
- SEMARNAT. 2008. Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México, Gobierno Federal, México.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Nación. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales. México.
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma spp.* SEMARNAT/CONANP, México
- Vergara-Iglesias, A. 2019. UMA y PIMVS como herramienta para la conservación mediante colecciones de herpetofauna. En: Fierro-Estrada, N., G. A. Woolrich-Piña, J. C. García-Montiel y F. R. Méndez de la Cruz (eds.). Memorias del VI Congreso Nacional y 1er Congreso Internacional Sobre la Investigación y Conservación de Anfibios y Reptiles. Zacapoaxtla 2019: 96.

### Notas Biográficas

El **Dr. (c). Ramón Eduardo Martínez-Grimaldo** es profesor de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX. Terminó sus estudios de maestría y doctorado en el Posgrado en Ciencias Biológicas en la Universidad Nacional Autónoma de México, en el área de Ecología y Biología Ambiental. Actualmente realiza investigación sobre la importancia ecológica de los organismos en el ambiente. Es líder del Cuerpo Académico ITGAM-CA-01 "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental", con nivel "En formación", dictaminado por el PRODEP, bajo la Línea Innovadora de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico de Ingeniería del Medio Ambiente. Es el responsable técnico del proyecto de investigación "Desarrollo y evaluación de un sistema sustentable de biorremediación acuapónica para la implementación en un tren de tratamiento de potabilización de agua". Con registro 9973.21-P. Aprobado con financiamiento en la "Convocatoria 2021: Proyectos de Investigación Científica del Tecnológico Nacional de México.

El **MC. Horacio Octavio García-Arriaga** es profesor de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX. Es miembro del Cuerpo Académico ITGAM-CA-1 "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental" con nivel "En formación", dictaminado por el PRODEP, bajo la Línea Innovadora de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico de Ingeniería del Medio Ambiente. Es el responsable técnico del proyecto de investigación "Diseño de una estación biopónica a partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos domésticos". Aprobado con financiamiento en la "Convocatoria 2020: Convocatoria 2020: Proyectos de Investigación Científica del Tecnológico Nacional de México.

La **Ing. Marilú González Fernández** es profesora investigadora de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX. Perteneció al Cuerpo Académico. Es miembro del Cuerpo Académico ITGAM-CA-1 "Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental" con nivel "En formación", dictaminado por el PRODEP, bajo la Línea Innovadora de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico del Medio Ambiente.

La **MC. Greys Vega-Flores** es profesora investigadora de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX. Perteneció al Cuerpo Académico. Es miembro del Cuerpo Académico ITGAM-CA-1 "Desarrollo, Investigación e

Innovación Ambiental” con nivel “En formación”, dictaminado por el PRODEP, bajo la Línea Innovadora de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico de Ingeniería del Medio Ambiente.

La **Ing. Erika Grissell Escalante-Martínez** es profesora de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. Actualmente realiza sus estudios de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental en el Tecnológico Nacional de México/I.T. de Boca del Río.

El **Dr. Dante Camarillo-Ravelo** es profesor de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. Actualmente es el Presidente de la Academia de Ingeniería Ambiental en el Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero.

La **MPPT. Erika Cecilia Maya-Albarrán** es Profesora Investigadora de tiempo Completo de la carrera de Ingeniería en Acuicultura en la Universidad Tecnológica del Mar de Tamaulipas Bicentenario, Soto La Marina, Tamaulipas, México. Es especialista en servicios de consultoría enfocados a la gestión ambiental.

La **Dra. (c). Ana Lilia Áviles-Mariño** es profesora investigadora de la carrera de Licenciatura en Biología en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Altamira, Tamaulipas, México. Su trascendencia académica la han llevado a participar en diversos proyectos de investigación en los campos de la paleontología y la ecología.

La **Dra. Martha Anahí Güizado-Rodríguez** es Profesor Investigadora de la Carrera de Licenciatura en Biología y la Maestría en Ciencias Ambientales en el Tecnológico Nacional de México/I.T. Superior de Zacapoaxtla, Puebla, México. Su producción académica abarca 15 publicaciones en revistas nacionales e internacionales y presentaciones en congresos a nivel nacional e internacional.

La **IBQ. María Fernanda Gutierrez-Islas** es estudiante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México. Terminó sus estudios de ingeniería bioquímica con una especialidad en alimentos. Actualmente realiza una investigación en el área microbiológica, para el control de microorganismos en alimentos.

El **MII. Pablo Galeote-García** es Profesor de la Carrera de Ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero, CDMX, México. Actualmente es Jefe de la Oficina de ingeniería Ambiental en Tecnológico Nacional de México/I.T. de Gustavo A. Madero.

## Apéndice

Sistema Biorremediador Acuapónico implementado en el TecNM/ITGAM para la conservación del ajolote mexicano



El sistema ha sido desarrollado por el Cuerpo Académico ITGAM-CA-1 “Desarrollo, Investigación e Innovación Ambiental”.

# API Cliente Bajo Tecnología Visual Studio .NET para Eficientizar la Intercomunicación y Unificación entre InterERP y Moodle

M.D. U. Susana Martínez Rabanales<sup>1</sup>, Lic. Jose Edgar López Aburto<sup>2</sup>,  
Dra. Violeta Martínez Ramírez<sup>3</sup> y Erika Fortis Flores<sup>4</sup>

**Resumen**— En la actualidad, los avances en el área de TI a nivel mundial son día con día gigantescos, por esta razón las organizaciones se ven en la necesidad de ir actualizando, mejorando e implementando las nuevas tecnologías de punta para el manejo de la información.

Lenguajes de programación facilitan la comunicación entre Back-End, Front-End de aplicaciones Web eficazmente.

El presente trabajo, muestra el desarrollo de una API en Visual .NET capaz de interactuar con los sistemas internos InterERP y plataforma Moodle de una universidad de prestigio en el estado de Puebla, reduciendo significativamente el tiempo de respuesta y la consistencia de la información almacenada. Se contaba con ERP que incapaz de mantener conexión estable con Moodle y viceversa. La creación de una API reduce tiempos en los momentos más cruciales del proceso educativo de inicio y termino de cada periodo académico, tanto en los niveles medio superior y superior.

**Palabras clave**—API, ERP, Moodle, web.

## Introducción

Moodle, es un acrónimo de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment=Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular (Peña, 2021), es una plataforma educativa a distancia de código abierto y diseñada para proporcionar a educadores, administradores y estudiantes un sistema integrado único, robusto y seguro para crear ambientes de aprendizaje personalizados. Dirigido a empresas pequeña, medianas y grandes a nivel mundial. Esta diseñado tanto para la enseñanza como aprendizaje colaborativo, conocido como LMS integrado en un mismo ambiente digital según la intención de Moodle (2022).

Con más de 10 años de desarrollo guiado por la pedagogía de constructivismo social, Moodle proporciona un conjunto amplio de herramientas centradas en el estudiante y ambientes de aprendizaje colaborativo.

Según estadísticas publicadas en Moodle (2022), se encuentra utilizándose en alrededor de 242 países. Solo en México existen 9,066 sitios en Moodle registrados. Al momento, se tiene un total de 41,423, 109 cursos en línea dentro de la plataforma con 331,798,343 usuarios. Valores que se incrementan diariamente.

En el contexto de emergencia sanitaria por la pandemia desatada desde 2020, y aún con las actividades sociales y económicas abiertas en México, esta plataforma continúa siendo la predilecta de educadores ya que facilita a educadores crear exitosamente comunidades de aprendizaje en línea por medio del diseño e implementación de cursos intensivos de entornos virtuales de aprendizaje basados en Moodle.

### Estado del arte

Recurrir en softwares de semáforos o diagramas de colores para destacar avances en los estados de procesos es recurso común y exitoso. Proyectos recientes pueden ser mencionados en este rubro, como el desarrollado para una instancia gubernamental en México en “Administración de riesgo institucional: caso de estudio”, según Martínez (2019).

Se trata de la automatización del proceso de administración de riesgos institucional que identifica las inseguridades a obstaculizar en el cumplimiento de metas y objetivos de la institución. Po medio del documento maestro denominado “formato de matriz de riesgo”, las secciones administrativas dan validez a sus riesgos obteniendo como producto, al final del ejercicio, las áreas que se ven amenazadas por un riesgo, así como las oportunidades de mejora para prevenirlos. Ver figura 1.

<sup>1</sup> M.D. U. Susana Martínez Rabanales es Profesora de la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. [susana.martinez@puebla.tecnm.mx](mailto:susana.martinez@puebla.tecnm.mx)

<sup>2</sup> El Lic. José Edgar López Aburto es Profesor de la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México [jose.lopez@puebla.tecnm.mx](mailto:jose.lopez@puebla.tecnm.mx)

<sup>3</sup> La Dra. Violeta Martínez Ramírez es Profesora de la Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. [violeta.martinez@puebla.tecnm.mx](mailto:violeta.martinez@puebla.tecnm.mx) (**autor correspondiente**)

<sup>4</sup> Erika Fortis Flores, es estudiante del 9 semestre de la carrera de Ingeniería de Ingeniería en Tecnológicas de la Información y Comunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Puebla, Puebla, México. [i16221972.19@puebla.tecnm.mx](mailto:i16221972.19@puebla.tecnm.mx)



Figura 1. Mapa de Riesgos

Un desarrollo más cercano a un semáforo como el presente trabajo, fue publicado en “Notificaciones digitales para la oportuna gestión de servicios de facturación y cobranza” en Martínez (2020), con él se notifica a colaboradores responsables la tarea de enviar recordatorios en los registros de facturas con una codificación en semáforo de 4 colores. Esta codificación permite tener una referencia de tiempo y la acción a tomar de acuerdo con cada color. Ver Figura 2.

Azul fuerte	Facturas fuera de tiempo	Factura retrasada de empresa por el servicio del mes de mayo
Rojo	Facturas por realizar hoy	Facturar a empresa por el servicio del mes de mayo
Amarillo	Facturas por realizar en 1 día	Facturar a empresa por el servicio del mes de mayo
Verde	Facturas a realizar en 2 días.	Facturar a empresa por el servicio del mes de mayo

Figura 2. Área de Notificaciones.

#### Planteamiento del problema.

La Universidad privada en Puebla, cuenta con un sistema el cual se encarga del control de los dos niveles escolares que ofrece de educación media superior y superior. La herramienta con la que se integra presenta diversos problemas, a su vez la librería de comunicación causa errores al momento de interactuar con la información almacenada del área que atiende en nivel medio superior, por lo que se requiere una herramienta que comunique el ERP y las diferentes instancias de Moodle eficientemente.

¿Qué es una API? API es una abreviatura de Application Programming Interfaces, que en español significa interfaz de programación de aplicaciones. Se trata de un conjunto de definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar el software de las aplicaciones, permitiendo la comunicación entre dos aplicaciones de software a través de un conjunto de reglas. (Fernández, 2019).

#### Objetivo general

Crear la API cliente bajo tecnología .NET para Moodle y unificar la intercomunicación con ERP de corporativa.

#### Objetivos específicos

Codificación de la API.

Consumir los Servicios Web desde de Moodle.

Establecer la conectividad desde C# a la plataforma de Moodle.

Integrar sus funcionalidades al ERP de la Universidad usando los servicios de Moodle en los niveles de preparatoria y licenciatura.

Actualización de la plataforma de Moodle a través del InterERP.

#### Justificación

La herramienta que se usa actualmente integra muchos problemas a su vez la librería causa errores de comunicación en algunos niveles(prepa), por lo que se requiere una herramienta que comunique el ERP y las diferentes instancias Moodle versión 3.1 reduciendo los tiempos de respuesta y errores, además esta nueva herramienta debe ser capaz de comunicarse con la versión 4.0 de Moodle ya que se estaría migrando a esta versión.

Al programar la API se pretende reducir tiempos en los procesos de la información usuarios, categorías y cursos.

Se busca eliminar los procesos manuales, actualmente el área que se encarga de hacer estos cambios es HelpDesk es quien recibe las incidencias a través de tickets, y después realiza los cambios pertinentes para informarle al usuario que en la plataforma Moodle están los cambios.

#### Alcances

La API puede funcionar con facilidad, en la versión actual de Moodle y en la versión 4.0 que es a la que se pretende migrar más adelante.

El sistema ERP será migrado a Python, la API solo cambiará en sintaxis conservando la lógica y los métodos. Pueden agregarse más funciones de la plataforma Moodle si el Sistema InterERP lo requiere.

#### Limitaciones

Solo tienes acceso a la Base de Datos de la Plataforma Moodle.

El único módulo que tiene acceso al API es el de Academia del InterERP.

Generar un token con fecha de vencimiento puede causar problemas ya que este es que nos permite la conexión a plataforma Moodle.

### Descripción del Método

#### Configuración Moodle

Una vez que se ha instalado Moodle, el siguiente paso es la configuración. Al instalar Moodle se genera un usuario administrador para ingresar a plataforma. En la configuración lo importante es activar la opción de Servicios Web.

La opción de Vista general, se encuentra la información sobre cómo habilitar protocolos, servicios y como generar un token, todo eso es importante para establecer la conexión con Moodle desde la API a programar.

En la opción de Documentación de la API, se encuentran las funciones de la plataforma de Moodle y las sintaxis para su uso, en este caso se elegirá el punto 9. Llamado “Funciones específicas”. Ver Figura 3.

La API debe enfocarse a la información de usuarios, curso y categorías de la plataforma de Moodle.

Funciones:

Usuario:

- core\_user\_create\_users
- core\_user\_get\_users
- core\_user\_delete\_users
- core\_user\_update\_users

Curso:

- core\_course\_create\_courses
- core\_course\_get\_courses
- core\_course\_delete\_courses
- core\_course\_update\_courses

Categorías:

- core\_course\_create\_categories
- core\_course\_delete\_categories
- core\_course\_get\_categories
- core\_course\_update\_categories

En la opción de “Servicios Externos”, se crea el servicio con las funciones que se requiere. Ver Figura 4

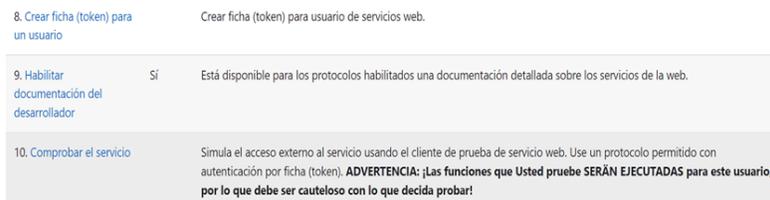


Figura 3. Vista General, Opciones a Configurar (elaboración propia)

Servicios incluidos

Servicio externo	Plugin	Funciones	Usuarios	Editar
Moodle mobile web service	moodle	<a href="#">Funciones</a>	Todos los usuarios	<a href="#">Editar</a>

Servicios personalizados

Servicio externo	Eliminar	Funciones	Usuarios	Editar
Ser_Prueba	<a href="#">Eliminar</a>	<a href="#">Funciones</a>	Usuarios autorizados	<a href="#">Editar</a>

Figura 4. Creando un servicio externo (elaboración propia)

En protocolo que se utilizará es el REST así que también se configura. La opción de “Administrar las fichas de tokens” es la más importante, debido a que el token establecerá la conexión con la Plataforma, porque se definen los permisos sobre los servicios que se tienen. Ver Figura 5.

Administrar fichas (tokens)

[Crear ficha \(token\)](#)

> Filtro de tokens

Ficha (token)	Nombre / Apellido(s)	Servicio	Restricción de IP	Válido hasta	Creador	Operación
<a href="#">e75f822883bad90cb07407b69e772e8</a>	Administrador interamericana <small>alexand@inter.edu.mx</small>	Ser_Prueba Prueba			Administrador interamericana	<a href="#">Eliminar</a>

Figura 5. Crear ficha de token (elaboración propia)

Ya que se ha configurado la plataforma de Moodle el siguiente paso es consumir los datos y para esto se utilizará Postman es una aplicación que ayudara a ejecutar la API. Son cuatro los métodos que se utilizan: Get, Post, Put y Delete.

El método de Get se emplea para consultar la información de los registros de la base de datos, parámetros de la condición puede ser solo uno o los que se necesite. Ejemplo del método GET con la función core\_course\_get\_categorie, Ver imagen 6.

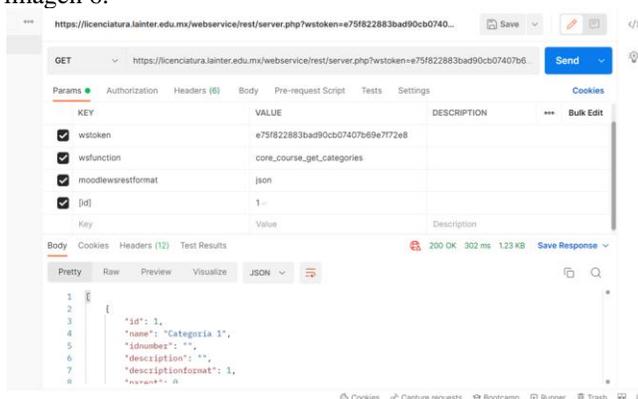


Figura 6. Ejemplo función Get en Postman (elaboración propia)

El método de Post se utiliza para dar de alta a los usuarios, cursos o categorías, cada una de estas funciones tiene parámetros específicos los cuales se pueden consultar en el apartado de Documentación API.

Con la plantilla por defecto de Blazor de Visual Studio .Net, el proyecto integrará tres módulos: el Client, el Server y el Shared. La API se realizará en el módulo del Server, esto es para que el servidor ejecute y traiga los datos al Client para que se puedan manipular. Dentro del módulo de Server está una carpeta donde se encuentran ubicados las API, esto es en la carpeta de Controllers. (Ver imágenes 8, 9 y 10).

```
[Route("api/[controller]")]
[ApiController]
0 referencias
public class Usuario : ControllerBase
{
    String token = "e75f82283bad9cb07407b69e7f72e8";

    [HttpGet("Select/{idc}")]
    0 referencias
    public string Select(int idc)
    {
        string createRequest = string.Format("https://licenciatura.lainter.edu.mx/webservice/rest/server.php?astoken={0}&wsfunction={1}&moodlewsrestformat=json", token, "c

        return idc switch
        {
            //Leer de la base de datos
            1 => "juan ",
            2 => "pedro",
            _ => throw new NotSupportedException("El id no es valido");
        };
    }

    [HttpDelete("delete/{idc}")]
    0 referencias
    public string delete(int r)
    {
        //eliminar de la base de datos

        return "exito";
    }

    [HttpPut("actualizar/{idc}")]
    0 referencias
    public string actualizar(Usuario u idc)
    {
        // consultar de la base de datos

        return "exito";
    }
}
```

Figura 8. Controlador Usuario

```
namespace Moodle_v1.Server.Controllers
{
    [Route("api/[controller]")]
    [ApiController]
    0 referencias
    public class Curso : ControllerBase
    {
        [HttpGet("Select/{idc}")]
        0 referencias
        public string Select(int idc)
        {
            return idc switch
            {
                //Leer de la base de datos
                1 => "ingles ",
                2 => "Matematicas",
                _ => throw new NotSupportedException("El id no es valido");
            };
        }

        [HttpGet("alta/{id}")]
        0 referencias
        public string alta(Curso curso)
        {
            return curso.nombre_com;
        }

        [HttpDelete("delete/{idc}")]
        0 referencias
        public string delete(int idc)
        {
            //eliminar de BASE DE DATOS
            return "exito";
        }
    }
}
```

Figura 9. Controlador Cursos

```
using System.Threading.Tasks;

namespace Moodle_v1.Server.Controllers
{
    [Route("api/[controller]")]
    [ApiController]
    0 referencias
    public class Categoria : ControllerBase
    {
        [HttpGet("SelectCat/{idcat}")]
        0 referencias
        public string SelectCat(int idcat)
        {
            return idcat switch
            {
                //Leer de la base de datos
                1 => "Licenciatura",
                2 => "Preparatoria",
                _ => throw new NotSupportedException("El id no es valido");
            };
        }

        [HttpGet("altaCat/{idcat}")]
        0 referencias
        public string altaCat(Categoria cat)
        {
            return cat.categoria_p;
        }

        [HttpDelete("deleteCat/{idcat}")]
        0 referencias
        public string deleteCat(int idcat)
        {
        }
    }
}
```

Figura 10. Controlador Cursos

### Comentarios Finales

A través del token que se generó en Moodle se tiene el acceso e interactuar con la plataforma, considerando que los mismos requerimientos que se utilizaron para hacer las pruebas en Postman, son los mismos que en C# se tendrán que utilizar. Una vez que ya se comprobó que, si se puede tener acceso a la información de la plataforma de Moodle, la API se integrará al sistema ERP para que desde ahí puedan administrar la información.

### Resumen de resultados

Con el fin de calificar el nivel de satisfacción con la implementación del API al sistema ERP. Estos son los resultados obtenidos de la implementación del API, considerando que es producto nuevo en algunas preguntas no hay punto de comparación entre un antes y un después.

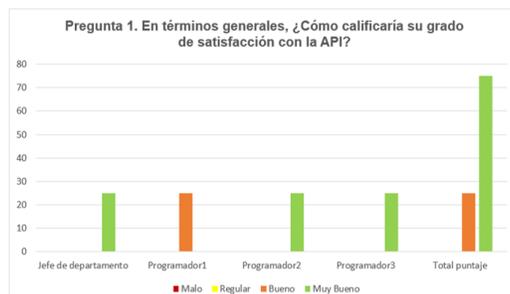


Figura 11. Calificación de la funcionalidad de la API

El equipo experto califica el funcionamiento y tiempos de respuesta de la API muestran un buen nivel de satisfacción en los resultados, una vez que se ha integrado al InterERP y se han realizado todas las pruebas, sin ningún problema. Ver Figura 11 y 12.



Figura 12. Calificación sobre la respuesta en la conexión entre el ERP y Moodle

Con la instalación de la API estos tiempos se reducen significativamente obteniendo un nivel alto de satisfacción por parte del equipo.

### Conclusiones

La Universidad cuenta con todo un sistema ERP capaz de mantener conexión permanente con Moodle y viceversa realizar a través del API que coadyuvo en cuestión de reducir tiempos significativamente.

La API implementada, realiza cambios en Moodle para usuarios, cursos y categorías a través del sistema.

API reduce los tiempos eficientemente al inicio y al terminar los periodos académicos a nivel medio superior y superior, ya que modifica la información de forma directa en el ERP. Anteriormente las actualizaciones se hacían de forma manual, generando una pérdida de tiempo debido a las incidencias eran reportadas y solucionadas por el área Help Desk fuera de tiempo.

### Recomendaciones

El API ha iniciado su fase de prueba ya que se migrará de Moodle versión 3.2 a la más reciente versión de 4.1. Al desarrollar la API se consideró el proceso de migración para que al migrar la información sea totalmente compatible y consistente.

### Referencias

Fernández, Y. (2019). Obtenido de API: qué es y para qué sirve: Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/api-que-sirve>

Martínez Ramírez Violeta, Solís Luna Erik, Edgar Iván Álvarez Aguirre Edgar Iván, Gil Vázquez Alejandro (2019). Administración de riesgo institucional: caso de estudio. Disponible en: <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/5e29d0a828786a6ce0dad632/1579798731312/Tomo+13+-+Memorias+Congreso+Academia+Journals+Celaya+2019.pdf>

Martínez (2020). Notificaciones digitales para la oportuna gestión de servicios de facturación y cobranza. Disponible en: <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/download/2361/1866>

Moodle (2022). Estadísticas. Disponible en: <https://stats.moodle.org/>

Moodle (2022). Acerca de. Disponible en: [https://docs.moodle.org/all/es/Acerca\\_de\\_Moodle](https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle)

Peña Matos Máximo, Dibut Toledo Lázaro Salomón (2021). Algunas consideraciones sobre el desarrollo de la plataforma Moodle. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442021000600064](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000600064)

# Calidad de Vida en Mujeres con Cáncer de Mama que Habitan en Zonas Rurales y Urbanas del Estado de Guerrero, México

Dra. Mireya Maruris Reducindo<sup>1</sup>, Dr. Flaviano Godinez Jaimes<sup>2</sup>,  
Dra. Araceli Chino Cantor<sup>3</sup> y MC. Margarito Radilla<sup>4</sup>

**Resumen**— En este artículo se presentan los resultados de una investigación que se llevó a cabo en una población de 104 mujeres con cáncer de mama que asisten a consulta al Instituto Estatal de Cancerología de Acapulco, cuyo objetivo fue evaluar y comparar la calidad de vida de las mujeres con cáncer de mama de las zonas urbanas y rurales del Estado de Guerrero. El instrumento utilizado para medir la calidad de vida es el Cuestionario EORTC QLQ-C30, Módulo específico QLQ-BR23. La edad promedio de las participantes es de  $53.95 \pm 10.14$  DE, con un rango de 33 a 79 años. Conclusión: Las mujeres con cáncer de mama que habitan en zonas urbanas tienen mejor Estado de Salud Global y tienen en promedio mayor Calidad de Vida en relación con las mujeres que habitan en zonas rurales.

**Palabras clave**— Calidad de vida, Cáncer de mama, Cáncer en Guerrero, Mujeres con cáncer.

## Introducción

El cáncer de mama es una enfermedad que afecta principalmente a la mujer, y es considerado un problema de salud pública. En México hasta el 2015, se registraron 6,304 muertes por cáncer de mama, tasa de 10.1 y en el Estado de Guerrero en este mismo año, se reportaron 2,073 muertes y una tasa anual de 58.2 (Aldaco-Sarvide *et al.* 2018). El cáncer de mama es una neoplasia grave que se origina en los tejidos mamarios y cuyo tratamiento demanda quimioterapia, la cual tiene como consecuencias cambios en la calidad de vida de las mujeres que lo padecen. La calidad de vida es afectada principalmente por los efectos secundarios del tratamiento, como son la pérdida del cabello, insomnio, además de los síntomas mamarios entre otros (Mejía-Rojas *et al.* 2020). Otros autores también mencionan que los síntomas que presenta la mujer con cáncer y el tratamiento al cual se somete deterioran la calidad de vida (Cruz-Bermudez *et al.* 2013; Enriquez-Reyna y Vargas-Flores, 2018).

En un metaanálisis González *et al.* (2021), reporta que las mujeres con cáncer de mama de América Latina y el Caribe, que están en tratamiento activo o con enfermedad metastásica tuvieron peor calidad de vida relacionada con la salud en comparación con las supervivientes durante el periodo de seguimiento.

Palacio-Mejía *et al.* (2009), al comparar el riesgo de morir por cáncer de mama en el año 2000 y 2006, se redujo de 2.33 veces más para mujeres con residencia urbana a 1.88, lo cual implica que mientras el riesgo para mujeres en áreas urbanas disminuye, en mujeres en áreas rurales aumenta. Por lo antes mencionado es necesario realizar una evaluación de la calidad de vida de las mujeres con cáncer de mama que habitan en zonas urbanas y rurales en el Estado de Guerrero, para conocer cuál es la situación de estas pacientes y puedan recibir un tratamiento integral por parte de la institución que las está atendiendo y mejorar su calidad de vida. Por lo tanto, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Las mujeres con cáncer de mama que habitan en zonas rurales tendrán menor calidad de vida que las mujeres de las zonas urbanas?

## Descripción del Método

### Población de Estudio

Se invitó a participar en el presente estudio a las mujeres que acuden a consulta al Instituto Estatal de Cancerología de Acapulco, Guerrero. El muestreo que se llevó a cabo fue no probabilístico (por conveniencia). El tamaño de la muestra fue de 104 pacientes con cáncer de mama confirmado. Criterios de inclusión: Mujeres con diagnóstico confirmado de cáncer de mama y/o que hayan iniciado su tratamiento para cáncer de mama y que sean residentes del estado de Guerrero. Criterios de exclusión: mujeres que no tengan un diagnóstico confirmado. Para clasificar a las mujeres de las localidades como rurales o urbanas se usó el punto de corte propuesto por el INEGI, el

<sup>1</sup> Mireya Maruris Reducindo es Profesora de la Escuela Superior de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), en Chilpancingo, Guerrero México. [maruris16@hotmail.com](mailto:maruris16@hotmail.com) (autor corresponsal).

<sup>2</sup> Flaviano Godinez Jaimes es Profesor de la Maestría en Matemáticas Aplicadas de la Universidad Autónoma de Guerrero, México [fgodinezj@uagro.mx](mailto:fgodinezj@uagro.mx)

<sup>3</sup> Araceli Chino Cantor es Profesora de la Escuela Superior en Desarrollo Sustentable, Campus Costa Grande, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). [aracelichino.c@gmail.com](mailto:aracelichino.c@gmail.com)

<sup>4</sup> Margarito Radilla Romero. Colaborador de la Maestría en Innovación y Competitividad. Y Director General de Planeación y Evaluación Institucional de La Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). [mradilla@uagro.mx](mailto:mradilla@uagro.mx)

cual considera a una localidad con 2,500 habitantes o más, como urbana y cuando tiene menos habitantes se clasifica como rural.

Las mujeres que decidieron participar se les aplicó un cuestionario para medir la calidad de vida; el instrumento utilizado fue el Cuestionario EORTC QLQ-C30, Módulo específico QLQ-BR23, el cual contiene preguntas que reflejan los múltiples aspectos de la calidad de vida, y evalúa 5 escalas funcionales (social, emocional, física, cognitiva y de rol), tres escalas de síntomas (fatiga, dolor, náuseas y vómito) y una escala global de salud/calidad de vida. Esta escala incluye un ítem orientado al área financiera, así como otros ítems individuales relacionados con los síntomas de la enfermedad y su tratamiento como problemas del sueño, pérdida de apetito, diarrea, disnea y estreñimiento (Recalde y Samudio, 2012).

El Módulo específico para el cáncer de mama EORTC QLQ-BR23 valora lo relacionado con el tratamiento y otros aspectos de la calidad de vida más específicamente afectados por el cáncer de mama como la imagen corporal y la sexualidad. La escala funcional, compuesta por las subescalas de imagen corporal, el funcionamiento sexual, el placer sexual y las perspectivas a futuro. La escala sintomática compuesta por las subescalas efectos de la quimioterapia, los síntomas de la mama, del brazo y la preocupación por la pérdida del cabello (Recalde y Samudio, 2012).

Tomando como base la clasificación de Recalde y Samudio (2012) se clasificó la calidad de vida en seis categorías: de 0 a 49.999 puntos, se consideró muy mala, de 50 a 59.999 mala, de 60 a 69.999 regular, de 70 a 79.999 buena, de 80 a 89.999 muy buena, de 90 puntos en adelante, excelente calidad de vida.

El índice "promedio de calidad de vida" se obtuvo sumando el Estado de Salud Global, el Promedio de síntomas, el Promedio de funcionamiento y dividiendo la suma por 3. Cada pregunta del cuestionario tiene cuatro opciones a las que se asignan valores entre 1 y 4 (1=no, 2= un poco, 3= bastante y 4= mucho). Sólo en los ítems 29 y 30 se evalúan con puntaje de 1 a 7 (1=pésima, 7= excelente). Las puntuaciones obtenidas se estandarizan y se obtiene un score entre 0 y 100, que determina el nivel de impacto del cáncer en el paciente de cada una de las escalas.

Los valores altos en las escalas de salud global y estado funcional indican una calidad de vida buena, mientras que en la escala de síntomas indica disminución de la calidad de vida, ya que indica la presencia de sintomatología asociada al cáncer.

Análisis de datos: se capturaron los datos en Epi-data y se analizaron en los paquetes estadísticos SPSS 21. Para las variables cuantitativas el análisis univariado se realizó con el cálculo de medidas de tendencia central como media y mediana, medidas de dispersión como el rango, desviación estándar y varianza e histogramas; el análisis bivariado se realizó mediante la comparación de medias de los grupos, primero se usó la prueba de Levene para determinar si las varianzas eran iguales o no y según el resultado obtenido se utilizó la t de student para varianzas desconocidas pero iguales o el caso de varianzas desconocidas pero diferentes.

Para las variables cualitativas, el análisis univariado se realizó con el cálculo de porcentajes, frecuencias; el análisis bivariado se realizó mediante tablas de contingencia, con la finalidad de analizar la distribución de frecuencias en dos dimensiones expresada a través de una matriz de doble entrada, por ejemplo, calidad de vida y zona donde habita; y se calculó el estadístico Chi-cuadrada para describir y analizar la dependencia entre dos variables.

### Resultados

Las mujeres que participaron en la presente investigación (n=104), proceden de 54 localidades del estado de Guerrero. El 71.5% de las mujeres habitan en zonas urbanas y el 28.85% en zonas rurales. La edad promedio de las participantes es de  $53.95 \pm 10.14$  DE, con un rango de 33 a 79 años. El 60.58% son casadas, 8.65% divorciadas, 6.73% viudas, 21.15% viven en unión libre y el 3% son solteras. El nivel de escolaridad de las participantes: el 14% son analfabetas, el 24% tiene primaria terminada, el 9.8% no terminó la primaria, 21.6% secundaria, 15% preparatoria, 14.7% licenciatura y el 0.9% tiene maestría.

En cuanto a la ocupación, el 66.35% (69/104) son amas de casa y el 33.65% (35/104) tienen trabajos u ocupaciones como: enfermeras, profesoras, empleadas en tiendas comerciales, hotelería, tienda de agroquímicos, comerciantes, empleada doméstica, taller de platería, técnico en contabilidad, estilista, empleada de gobierno del estado.

### Descripción de los resultados del cuestionario de calidad de vida (EORTC QLC-C30 y EORTC QLQ-BR23).

El 36.54% de las mujeres con cáncer de mama tienen muy buena calidad de vida y el 9.62% tienen excelente calidad de vida, a pesar de que tienen una enfermedad grave (Cuadro 1).

Clasificación	Frecuencia	Porcentaje
Muy mala calidad de vida	4	3.85
Mala	5	4.81
Regular	13	12.50

Buena	34	32.69
Muy buena	38	36.54
Excelente	10	9.62

**Cuadro 1. Calidad de vida de las mujeres con cáncer de mama (n=104)**

Con el Cuestionario QLQ-BR23, se identificó que el mayor porcentaje de mujeres debido a su enfermedad ha perdido el interés por el sexo (72.1%). Menos de la mitad de las mujeres se sintió preocupada por la caída de pelo (48.4%) (Cuadro 2).

Efectos secundarios	Nivel de afectación			
	Para nada	Poco	Bastante	Mucho
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Se le cayó el pelo	21 (20.2)	4 (3.9)	5 (4.8)	74 (71.2)
Se sintió preocupada por la caída de pelo	31 (33.3)	17 (18.3)	11 (11.8)	34 (36.6)
Tuvo dolores de cabeza	53 (50.9)	41 (39.4)	3 (2.9)	7 (6.7)
<b>IMAGEN CORPORAL</b>				
Se sintió menos atractiva físicamente	57 (55.3)	22 (21.4)	6 (5.8)	18 (17.5)
Se sintió menos femenina	66 (64.1)	13 (12.6)	7 (6.8)	17 (16.5)
<b>DISFRUTE DEL SEXO</b>				
Estuvo interesada por el sexo	75 (72.1)	27 (25.9)	1 (0.9)	1 (0.9)
Hasta qué punto tuvo una vida sexual activa	73 (70.2)	26 (25.0)	3 (2.9)	2 (1.9)
<b>SÍNTOMAS DEL BRAZO</b>				
Sintió algún dolor en el brazo/ hombro	48 (46.2)	43 (41.4)	5 (4.8)	8 (7.7)
Dificultad para levantar el brazo o moverlo a los lados	58 (55.8)	39 (37.5)	4 (3.9)	3 (2.9)
<b>SÍNTOMAS DEL PECHO</b>				
Ha tenido dolor en la zona del pecho afectado	57 (54.8)	44 (42.3)	1 (0.9)	2 (1.9)
Se le hinchó la zona de su pecho afectado	82 (78.9)	21 (20.2)	1 (0.9)	-

**Cuadro 2. Efectos secundarios al tratamiento quimioterapéutico, función física y emocional en mujeres con cáncer de mama (n=104)**

### Evaluación y comparación de la calidad de vida relacionada con la salud de las mujeres con cáncer de mama que habitan en zonas Urbanas y Rurales.

El constructo Estado de Salud Global (QL2), compuesto por las preguntas Q29 ¿cómo valoraría su estado de salud y Q30 ¿cómo valoraría su calidad de vida?

La media del Estado de Salud Global de las 104 mujeres fue de  $64.90 \pm 17.75$  con un rango de 16.66 a 100 puntos. Al analizar por separado a las mujeres de la zona urbana y rural, se encontró que las mujeres de la zona rural perciben menor estado de salud y menor calidad de vida en relación a las de la zona urbana, siendo esta diferencia significativa (Cuadro 3).

Área	n	Promedio	Desviación Estándar	IC al 95%	Valor p*
Urbana	74	67.90	17.59	63.83 -71.98	

Rural	30	57.50	16.13	51.47- 63.52	0.006
-------	----	-------	-------	--------------	-------

Cuadro 3. Estado de Salud Global en mujeres con cáncer de mama que habitan en zonas urbanas y rurales

\*Diferencia de medias utilizando la T Student con varianzas iguales (Prueba de Levene:  $F=0.47$ ,  $p=0.49$ ).

Al comparar a los dos grupos (urbanas y rurales) se encontró que las mujeres de las zonas urbanas tienen mayor promedio de calidad de vida que las mujeres de las zonas rurales, aunque no hubo diferencia estadística, al comparar las medias de las urbanas  $77.87 \pm 11.99$  (IC 95% 75.09– 80.64) y las medias de las rurales  $74.79 \pm 11.26$  (IC95% 70.59-79.00) (Cuadro 4).

Área	n	Media	Desviación Estándar	IC al 95%	Valor p*
Urbana	74	77.87	11.99	75.09 -80.64	0.23
Rural	30	74.79	11.26	70.59-79.00	

Cuadro 4. Promedio de Calidad de Vida en mujeres con cáncer de mama de zonas urbanas y rurales

\*Diferencia de medias utilizando la T Student con varianzas iguales (Prueba de Levene:  $F=0.77$ ,  $p=0.38$ ; T Student:  $t=1.21$ ,  $p=0.23$ ).

Las mujeres de las zonas rurales tuvieron mayor promedio de Funcionamiento Social ( $95.55 \pm 8.68$ ), en relación con las de zonas urbanas ( $89.19 \pm 20.35$ ), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.028$ ).

#### *Años de sobrevivencia de las mujeres con cáncer de mama*

El promedio de edad en la que se les diagnosticó el cáncer de mama a las mujeres fue  $49.59 \pm 9.83$  años con un mínimo de 28 y un máximo de 76 años. Cabe señalar que se considera sobreviviente a la mujer que ha vivido con el cáncer de mama durante 5 años (durante la detección y tratamiento y después de este). Las 32 mujeres sobrevivientes, tienen un promedio de sobrevivencia de  $10.125 \pm 4.995$ DE, con un mínimo de 5 y máximo de 20 años. Las mujeres de las zonas rurales tuvieron mayor sobrevivencia que las mujeres de las zonas urbanas, las medias muestrales de sobrevivencia de las mujeres de zonas rurales fueron de  $10.00 \pm 5.58$  (IC 95% 6.19 – 13.81) y de las urbanas fue de  $9.19 \pm 4.73$  (IC95% 7.28-11.10). Aunque no hubo diferencia estadísticamente significativa (Prueba de Levene varianzas iguales:  $F=0.50$ ,  $p=0.49$ ; T Student:  $t=-0.45$ ,  $p=0.66$ ).

#### *Discusión de Resultados*

La media del Estado de Salud Global de las 104 mujeres que participaron en el estudio fue de  $64.90 \pm 17.75$  con un rango de 16.66 a 100 puntos. Otros investigadores han reportado mayor promedio, como Sat-Muñoz *et al.* (2011), en un estudio realizado en mujeres con cáncer de mama en el IMSS de Guadalajara, Jalisco, reportan el Estado General de Salud de  $73.47 \pm 20.81$  y Matsuda *et al.* (2014) en una revisión sistemática y metaanálisis encontró dos estudios en el que reportaron el Estado de Salud Global  $72.2 \pm 13.6$  y  $69.4 \pm 17.6$ .

Al analizar por zonas; las mujeres de la zona rural del Estado de Guerrero perciben menor estado de salud y menor calidad de vida ( $57.50 \pm 16.13$ ) en relación a las de la zona urbana ( $67.90 \pm 17.59$ ), siendo esta diferencia significativa ( $p=0.006$ ). Al analizar la variable Promedio de Calidad de vida, la cual incluye el Estado de Salud Global+ Promedio de Síntomas+ Promedio de funcionamiento; se encontró que las mujeres de las zonas urbanas tienen mayor promedio de calidad de vida que las mujeres de las zonas rurales, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa. Esto tal vez se debe a que las mujeres de zonas urbanas cuentan con mejores condiciones de vida en relación a las de zonas rurales.

En relación a las dificultades financieras, al analizar las variables por zonas y comparar las medias, las mujeres de las zonas rurales presentan más dificultades financieras ( $67.77 \pm 30.93$ ) que las mujeres de las zonas urbanas ( $55.40 \pm 37.12$ ), aunque no hubo diferencia estadística significativa, (prueba de Levene varianzas desiguales:  $F=4.77$ ,  $p=0.03$ ; T Student:  $t=-1.74$ ,  $p=0.087$ ). Otros autores reportan menor dificultad financiera en relación a nuestro estudio como Cortés-Flores *et al.* (2014), ( $17.28 \pm 23.11$ ) y Sat-Muñoz *et al.* (2011) reportan un promedio de  $40.57 \pm 37.26$  de dificultad financiera. Algunos autores mencionan que el cáncer de mama impacta en la economía del paciente y reduce la calidad de vida (González-Ramírez *et al.* 2017; Enriquez-Reyna y Vargas-Flores, 2018; Mejía-Rojas *et al.* 2020).

Durante la aplicación de la encuesta las mujeres de las zonas rurales manifestaron ser de bajos recursos económicos, por lo que tienen la necesidad de conseguir dinero para trasladarse desde su lugar de origen hacia el Instituto Estatal de Cancerología de la Ciudad de Acapulco, en donde reciben atención médica. Si se toma en cuenta

que el Estado de Guerrero está ubicado en el índice de marginación más alto en relación a los demás estados de la República Mexicana (Ventura-Alfaro *et al.* 2016) es comprensible que las mujeres de las zonas rurales vivan en la marginación, ya que el 87% no tiene empleo y dependen económicamente del esposo o hijos, y por lo tanto presentan más problemas económicos.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se estudió la calidad de vida en mujeres con cáncer de mama que habitan en zonas rurales y urbanas del Estado de Guerrero. El objetivo fue evaluar la calidad de vida en mujeres con cáncer de mama que habitan en zonas rurales y urbanas. La investigación es observacional, transversal y retrospectiva; se realizó un muestreo no probabilístico (por conveniencia). Participaron 104 mujeres que asisten a consulta al Instituto Estatal de Cancerología de Acapulco. A las que aceptaron participar se les aplicaron cuestionarios para medir la calidad de vida EORTC QLQ-C30, y QLQ-BR23.

Resultados: La edad promedio de las participantes es de  $53.95 \pm 10.14$  DE, con un rango de 33 a 79 años. El 71.15% habitan en zonas urbanas y el 28.85% en zonas rurales. El promedio de calidad de vida de las mujeres de las zonas urbanas fue de  $77.87 \pm 11.99$  y las de zonas rurales fue de  $74.79 \pm 11.26$ . El estado de salud global para las que habitan en zonas urbanas fue de  $67.90 \pm 17.59$  IC 95% 63.83 -71.98 y para las rurales fue de  $57.50 \pm 16.13$  IC 95% 51.47- 63.52,  $p=0.006$ . Conclusión: El estado de salud global es mejor en las mujeres con cáncer de mama que viven en zonas urbanas comparadas con las rurales.

#### Conclusiones

1. El Estado de Salud Global es mejor en las mujeres con cáncer de mama que viven en las zonas urbanas comparadas con las rurales.
2. Las mujeres del estado de Guerrero que habitan en zonas urbanas tienen en promedio mayor Calidad de Vida en relación a las mujeres de las zonas rurales, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa.
3. Las mujeres de las zonas rurales, tuvieron mejor Funcionamiento Social, en relación con las de zonas urbanas.
4. El tiempo de sobrevivencia es similar en mujeres de las zonas urbanas y rurales.

#### Recomendaciones

Para mejorar la calidad de vida de las mujeres con cáncer de mama, es necesario que la paciente reciba un tratamiento integral, esto quiere decir que tenga más apoyo de la familia y financiero, más apoyo psicológico y médico, principalmente para las mujeres de la zona rural. Se sugiere la implementación de un programa de acompañamiento para las mujeres (Departamento de Trabajo Social) que padecen esta enfermedad para una pronta recuperación, lo cual repercutirá en una mejor calidad de vida.

### Referencias

- Aldaco-Sarvide, F., Perla Pérez-Pérez, P., Cervantes-Sánchez, G., Torrecillas-Torres, L., Erazo-Valle-Solís, A.A., Cabrera-Galeana, P., Motola-Kuba, D., Anaya, P., et al. "Mortalidad por cáncer en México: actualización 2015" *Gac Mex Oncol.* No 17, 2018. DOI: 10.24875/j.gamo.M18000105
- Cortés-Flores, A.O., Morgan-Villela, G., Zuloaga-Fernández del Valle, C.J., Jiménez-Tornero, J., Juárez-Uzeta, E., Urias-Valdez, D.P., García-González, L.A., Fuentes-Orozco, C., et al. "Quality of life among women treated for breast cancer: A survey of three procedures in Mexico". *Rev Aesth Plast Surg*, 38, 2014. DOI 10.1007/s00266-014-0384-5.
- Cruz-Bermúdez, H.F., Moreno- Collazos, J.E., Angarita-Fonseca, A. "Medición de la calidad de vida por el cuestionario QLQ-C30 en sujetos con diversos tipos de cáncer de la ciudad de Bucaramanga Colombia". *Rev Enfermería Global*, No. 30, 2013.
- Enriquez-Reyna, M.C. y Vargas-Flores, M.A. "Factores personales que afectan la calidad de vida de mujeres con cáncer de mama del noreste de México" *Hispanic Health Care International*. Julio 16, 2018. <https://doi.org/10.1177/1540415318786675>.
- Gonzalez, L., Bardach, A., Palacios, A., Peckaitis, Cl., Ciapponi, A., Pichón-Riviere, A. et al. "Health-Related Quality of Life in Patients with Breast Cancer in Latin America and the Caribbean: A Systematic Review and Meta-Analysis". *The Oncologist* 2021;26:e794-e806.
- González-Ramírez, LP., Orozco-Mares, I., y Rábago-Olivares, KA. "Calidad de vida en pacientes con Cáncer de Mama". *Rev Acta de Ciencia en Salud*, Año 2, No 4, 2017.
- Matsuda, A., Yamaoka, K., Tango T., Matsuda, T., Nishimoto, H. "Effectiveness of psychoeducational support on quality of life in early-stage breast cancer patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials". *Qual Life Res*, No.23, 2014.
- Mejía-Rojas ME, Contreras-Rengifo A, Hernandez-Carrillo M. "Calidad de vida en mujeres con cancer de mama sometidas a quimioterapia en Cali, Colombia". *Biomedica.* ;40: 2020. <https://doi.org/10.7705/biomedica.4971>.

Palacio-Mejía, LS., Lazcano-Ponce, E., Allen-Leigh, B., Hernández-Ávila, M. "Diferencias regionales en la mortalidad por cáncer de mama y cérvix en México entre 1979 y 2006". *Salud Pública Mex*, 51 supl 2:S208-S219. 2009.

Recalde, M. y Samudio, M. "Calidad de vida en pacientes con cáncer de mama en tratamiento oncológico ambulatorio en el Instituto de Previsión Social en el año 2010". *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud*, Vol.10 No. 2, 2012.

Sat-Muñoz, D., Contreras-Hernández, I., Balderas-Peña, LM., Hernández-Chávez, G.A., Solano-Murillo, P., Mariscal-Ramírez, I., et al. "Calidad de vida en mujeres mexicanas con cáncer de mama en diferentes etapas clínicas y su asociación con características socio-demográficas, estados co-mórbidos y características del proceso de atención en el Instituto Mexicano del Seguro Social". *Value in health*, Vol. 14, No 5, S133-S136. 2011.

Ventura-Alfaro, CE, Torres-Mejía, G., Ávila-Burgos, LS. "Hospitalization and mortality in Mexico due to breast cancer since its inclusion in the catastrophic expenditure scheme". *Salud Pública de México*, Vol. 58 No 2, 2016.

### Notas Biográficas

La **Dra. Mireya Maruris Reducindo** es Profesora en las Licenciaturas de Químico Farmacéutico Biólogo y de Biología Experimental de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). La Dra. Tiene una maestría en Ciencias Médicas, vertiente Epidemiología Aplicada y un Doctorado en Investigación y Docencia. Ha publicado artículos en revistas indexadas y arbitradas.

El **Dr. Flaviano Godínez Jaimes** es Profesor de la Maestría en Matemáticas Aplicadas de la Universidad Autónoma de Guerrero, México. Estudió el doctorado en el Colegio de Posgraduados. Es autor de varios artículos en revistas indexadas.

La **Dra. Araceli Chino Cantor** es Profesora de las Licenciaturas de Ingeniería en Producción Sustentable e Ingeniería en Sistemas Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Estudios de maestría lo realizó en el Colegio de Posgraduados. Actualmente es Postdoctorante en el Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Victoria, Tamaulipas. Ha publicado artículos como autora y coautora en revistas indexadas.

El **MC. Margarito Radilla Romero** es colaborador de la Maestría en Innovación y Competitividad y Director General de Planeación y Evaluación Institucional de La Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Av. Javier Méndez Aponte 1, Fracc Servidor Agrario, 39070 Chilpancingo de los Bravo, Gro.

# Oportunidad de Aceptación del Café Chiapaneco en el Mercado Internacional

Mtra. Carmen Mayo García<sup>1</sup>, Mtra. Mónica Leticia Godínez Moreno<sup>2</sup>,  
Mtra. María Elena Rafael Gutiérrez<sup>3</sup>, Mtra. María de los Ángeles de Dios Hernández<sup>4</sup>, Mtro. Néstor Javier Fonz  
Martínez<sup>5</sup>

**Resumen**—Si pensamos en una bebida popular, servida en las mesas alrededor del mundo, sin duda es el café. El presente documento busca explorar la oportunidad de introducción del café chiapaneco en el mercado internacional, principalmente en Finlandia, a partir de la propuesta de generación de un plan de exportación. En particular, se recurre a la marca San Jhon, la cual produce café de altura de origen único en Yajalón, Chiapas, México y para los efectos del presente proyecto de exploración, únicamente se estudiará la viabilidad de los productos: San Jhon Café Turco 100 % Arábica y San Jhon Café Premium 100% Arábica los cuales se consideran muy afines a los gustos y preferencias del mercado finlandés.

La investigación que se realizó fue de tipo exploratoria, se recopilaron datos, cantidades y estadísticas e información relacionadas. El método de investigación consistió en la compilación de datos que permitieron conocer a detalle, el mercado internacional del café.

**Palabras clave**—Oportunidad, aceptación, café, chiapaneco, mercado internacional.

## Introducción

Existen muchas historias referentes al descubrimiento al café tal como lo conocemos, algunas remontan hasta el año 1140 en países tan distintos como Absinia, Etiopía o Arabia. Con descubridores tan diferentes como pastores o monjes y ya sea con intención o por accidente, el hecho es que hoy por hoy, sin importar la latitud en la que estemos situados, podemos disfrutar de una deliciosa taza de café por la mañana.

En América el café fue introducido durante el siglo XVIII, por el capitán francés Clieu, quien fue encargado de llevar una mata de café a la isla de Martinica, con el fin de propagar su producción y consumo en las colonias francesas. Desde esa isla en las Antillas, la planta se propagó por el Caribe y el Continente. En 1727 el café fue introducido en Brasil y en 1731 a Jamaica y Santo Domingo, de donde su cultivo se extendió al resto de los actuales países productores de América. Con la revolución industrial y el crecimiento de la población mundial durante el siglo XX el café prácticamente se convirtió en una bebida universal.

En México los inicios de la cafecultura se remontan a mediados del siglo pasado, donde los apoyos se enfocaron a los agricultores del estado de Chiapas en donde la Ley de Exploración y Deslinde de Tierras Públicas expedida en 1883, permitió el crecimiento en la cafecultura ya que sus grandes extensiones territoriales y el clima propicio que el comercio del café se diera a cabo. Desde su introducción la industria cafetalera se afianzó rápidamente en el país. Las regiones de Coatepec, Veracruz; Pluma Hidalgo, Oaxaca; el Soconusco y Los Altos, en Chiapas; resaltaron en el cultivo del café en México (Coello, 2012; Moguel & Toledo, 1996), dando con ello una de las actividades económicas que más frutos económicos y culturales le han dado al país.

En Chiapas, fue en 1562 cuando se fundó el pueblo de Yashalum, hoy Yajalón, por Fray Pedro Lorenzo de la Nada, fraile dominico que se dedicó a evangelizar y pacificar la región y a fundar pueblos. Yashalum es una palabra de

<sup>1</sup> La Mtra. Carmen Mayo García es Consultora Junior en Competitividad Estratégica Consultores S.C. y Jefa de Mercadotecnia en el Museo Interactivo Papagayo Villahermosa, Tabasco, México. [c\\_mayo\\_garcia@hotmail.com](mailto:c_mayo_garcia@hotmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> La Mtra. Mónica Leticia Godínez Moreno es Jefa de Guías Educativos en el Museo Interactivo Papagayo ubicado en Villahermosa, Tabasco, México. [guiaseducativos.papagayo@gmail.com](mailto:guiaseducativos.papagayo@gmail.com)

<sup>3</sup> La Mtra. María Elena Rafael Gutiérrez colabora como Profesionista en la Administración Pública Municipal en Centro, Tabasco, además de realizar servicios de consultoría independiente en temas administrativos y contables. [cp.merg88@gmail.com](mailto:cp.merg88@gmail.com)

<sup>4</sup> La Mtra. María de los Ángeles De Dios Hernández es Licenciada en Administración y Maestra en Educación Basada en Competencias por la Universidad del Valle de México, Campus Villahermosa; actual docente en el Colegio de Bachilleres de Tabasco (COBATAB) Plantel 32. [angeles\\_tab@hotmail.com](mailto:angeles_tab@hotmail.com)

<sup>5</sup> Mtro. Néstor Javier Fonz Martínez es Ingeniero en Química Petrolera por la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH) y Maestro en Ingeniería Petrolera por el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas (ICEST). Posee experiencia profesional de 15 años en el Sector Oil and Gas. Actualmente es coordinador de compras para la empresa N2 Onsite S.A de C.V. [fonz\\_0686@hotmail.com](mailto:fonz_0686@hotmail.com)

origen tzeltal que significa Tierra Verde. La ciudad de Yajalón es el principal centro receptor de café de la región; también funge como cabecera distrital estatal, jurídica y hacendaria. Constituye el principal centro comercial regional; los habitantes de poblados cercanos llegan para vender diversos productos agrícolas, así como para abastecerse de insumos y herramientas; cuenta con una mayor infraestructura administrativa, comercial, educativa y de servicios que el resto de los municipios vecinos. La principal actividad económica de Yajalón es la agricultura, y el café es el cultivo más importante en términos económicos porque se destina en su totalidad al comercio (González & Aguilar 2009)

En 2018 se redefinió la política pública con el fin de reactivar el sector cafetalero mediante un aumento en la producción del aromático y la diversificación de las exportaciones en condiciones competitivas. La estrategia a seguir para maximizar la producción incluía: impulsar campañas fitosanitarias integrales; replantación y reconversión a variedades élite; paquetes tecnológicos de adaptación al cambio climático; innovación y transferencia de tecnología; impulso a sistemas de producción sostenible; campañas de promoción; consolidar sistemas de producción orgánica y certificación de los procesos de producción, distintivos en calidad y/o por especialidad. Por otro lado, la estrategia para mercados de exportación buscaba consolidar los mercados de EEUU y Canadá aprovechando las ventajas arancelarias del TLCAN y cercanía geográfica; para los mercados de Alemania, España y Bélgica: fortalecer los tratados existentes que también ofrecen ventajas arancelarias con una tasa preferencial de 0 por ciento. Expandir las exportaciones a Italia, Francia, Países Bajos, Suiza, Japón y Colombia aprovechando el trato arancelario benéfico al café mexicano; para el caso de Reino Unido negociar una menor tasa arancelaria para el café sin tostar ni descafeinar, para Turquía, Corea del Sur y Cuba es negociar un tratado que asegure una tasa preferencial. Finalmente, desarrollar los mercados de Malasia y Australia, aunque la tasa aplicada es de 0%, la propuesta se centra en homologar las disposiciones fitosanitarias (Gobierno de México 2018).

El presente documento busca explorar la oportunidad de introducción del café chiapaneco en el mercado internacional, principalmente en Finlandia, a partir de la propuesta de generación de un plan de exportación.

### *MERCADO INTERNACIONAL*

La dinámica de la oferta y demanda, así como el comercio internacional de café hasta 1989 era controlada mediante una serie de Acuerdos Internacionales de café, cuyo objetivo era el de mantener precios estables y administrar la oferta de dicho bien. A partir de 1990 el mercado de café ha estado sujeto a un mercado libre de oferta y demanda. Desde 1990 el mercado de café ha estado sujeto a un mercado libre de oferta y demanda. En el período que este mercado libre ha estado vigente se han presentado dos periodos de precios bajos (1989-1993 y 1999-2004), siendo el de 1999-2004 conocido como la crisis del café (ICC,2014). De acuerdo con récords históricos de precios posteriores al fin de esta crisis (2004), éstos han mejorado en relación con los precios durante las dos crisis antes mencionadas, pero la ICC reporta alta variabilidad en los precios debido al incremento de costos de los insumos para la producción de café.

De acuerdo con cifras globales, el volumen total de exportaciones durante las últimas seis décadas ha mantenido una tendencia positiva (durante la vigencia de los acuerdos internacionales y el subsecuente mercado libre). De acuerdo con el ICC (2014), los volúmenes exportados entre 1989 (antes de la suspensión de los acuerdos internacionales) y 2013, se resumieron mediante las exportaciones totales de los ciclos cafetaleros 1989/90, 1994/95 y 2012/13 con valores de 81.3, 65.7 y 111.6 millones de sacos de café, respectivamente. (Figuroa, 2019).

De lo anterior, es de resaltar que a pesar de la alta variabilidad de los precios y las crisis enfrentadas por el mercado cafetalero, existe una tendencia positiva en el crecimiento de las exportaciones del café, lo que justifica la necesidad de búsqueda de nuevos mercados para los productores cafetaleros.

### *¿PORQUÉ FINLANDIA?*

Finlandia es uno de los países donde la vida no está representada sin café y la beben no solo por las mañanas, sino a lo largo del día, sin limitarse a un par de tazas. Su número puede llegar hasta doce por día. Teniendo en cuenta el hecho de que los habitantes de este país no representan su vida sin una bebida vigorizante, las autoridades introdujeron una pausa oficial para los descansos” (Farmluz.biz s/f).

En particular, se recurre a la marca San Jhon, la cual produce café de altura de origen único en Yajalón, Chiapas, México y para los efectos del presente proyecto de exploración, únicamente se estudiará la viabilidad de los siguientes productos: San Jhon Café Turco 100 % Arábica y San Jhon Café Premium 100% Arábica los cuales se consideran muy afines a los gustos y preferencias del mercado objetivo “Habitualmente, el café finlandés se elabora con granos ligeramente tostados y su sabor es algo ácido” (This Is Finland). Este producto es producido en la zona cafetalera

ubicada en la Región XIV Tulijá Tseltal Chol, del estado de Chiapas, donde se encuentran los municipios de: Chilón, Sabanilla, Salto de Agua, Sitalá, Tila, Tumbalá y Yajalón de acuerdo con la Carta Geográfica de Chiapas (s/f) “La región socioeconómica XIV Tulijá Tseltal Chol, según el Marco Geoestadístico 2010 que publica el INEGI, tiene una superficie de 4,673.01 km<sup>2</sup> y se integra por 7 municipios localizados en la parte noreste del estado. Colinda al norte con el estado de Tabasco, al este con la Región XIII Maya, al sur con las Regiones V Altos Tsotsil Tseltal y XII Selva Lacandona y al oeste con la Región VII De Los Bosques”

Los resultados de esta investigación beneficiarán, en principio al propietario de Café San Jhon, aunque es importante mencionar que favorecerán también a todos los componentes de la cadena de valor del café “El concepto de cadena de valor, desarrollado por Michael Porter (1986), establece una forma para clasificar los procesos de una compañía en dos grupos: unos primarios y unos de soporte. En el grupo de procesos primarios se encuentran los procesos de logística hacia adentro, operaciones, logística hacia afuera, mercadeo y servicio posventa. En el grupo de procesos de soporte se encuentran procesos de administración, gestión de tecnología, gestión del recurso humano y gestión de compras y adquisiciones”. Favorecerá en el proceso de plantación, cosecha, procesamiento, tueste, envase y comercialización, que derivará en el desarrollo económico y social de la población de la región

### **Descripción del Método**

La investigación que se realizó fue de tipo exploratoria, se recopilaron datos, cantidades y estadísticas e información relacionadas. El método de investigación consistió en la compilación de datos que permitieron conocer a detalle, el mercado internacional del café, el consumo en el mercado meta, explorando la oportunidad de aceptación del Café San Jhon en el mercado finlandés. Lo que nos permite dar una propuesta para elaborar el plan de exportación.

### *Resumen de resultados*

Europa tiene un gran mercado para el café y ofrece interesantes oportunidades a los proveedores de todo el mundo. Para saber qué mercado fue el más adecuado para Café San Jhon, fue importante explorar la calidad y definir los volúmenes del café que se podían ofrecer. Los cafés únicos y de alta calidad son los más adecuados para el mercado de especialidades. Los productores de grandes volúmenes de cafés de buena calidad pueden encontrar las oportunidades más interesantes en los mercados de rango medio, donde la certificación juega un papel importante.

Los importadores europeos obtuvieron aproximadamente el 87 % de sus granos de café verde directamente de los países productores en 2020, lo que corresponde a 3,1 millones de toneladas (CBI Ministerio de Relaciones Exteriores)

Se debe considerar también que Finlandia reexporta café a mercados como Rusia, Noruega y los países Bálticos (Estonia, Letonia y Lituania); aunque aún en cantidades pequeñas.

### *CHIAPAS, CONDICIONES IDEALES PARA SU PRODUCCIÓN*

En 2018, el estado de Chiapas albergó el Festival Internacional del Café, que contribuyó a una mejor y mayor comercialización del aromático, permitiendo a los productores explorar nuevos nichos para su beneficio.

Durante este festival, se reconoció al estado de Chiapas como un productor de café orgánico preciado en Europa, además de que se hizo compromiso en el impulso a los productores mexicanos, a través de fomentar el comercio justo y directo, para mejorar sus precios y obtener una remuneración más equitativa.

Así mismo, la representación de la embajada de la unión europea, aseguró que hay correlación de iniciativas y acciones entre Chiapas y el bloque para la conservación de agro ecosistemas, mitigar los efectos del cambio climático, programas de resiliencia y prácticas para una agricultura más sustentable. Lo anterior se puede explicar por los usos y costumbres de la región, y su respeto por la naturaleza y la conservación del ambiente.

Chiapas cuenta con las características ideales para la producción cafetalera, al tener la humedad relativa y temperatura ideal, en los micro ecosistemas característicos de las zonas altas del estado.

Hoy en día la comunidad de Yajalón, Chiapas, México, es reconocida por la calidad de su café en el mundo.

### *SAN JHON CAFÉ DE CASA, PRODUCTORA*

Para contextualizar a esta empresa Chiapaneca, es importante contextualizarla, por ello es importante señalar que se encuentran dentro del rubro de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) las cuales desempeñan un papel fundamental en la economía del país. Aportan el mayor número de unidades económicas -99.8% del total nacional-, generan el 52.2% de ingresos y son la fuente de empleo más grande -aglutinan el 68.4%. del personal ocupado total- (INEGI, 2020). Sin embargo, son las que sufren un mayor impacto por la internacionalización de la economía y los cambios frecuentes (García y Nava, 2019).

San Jhon, es una marca que obtuvo su registro ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) desde el 26 de noviembre de 2020.

Produce café de altura de origen único en Yajalón, Chiapas, México, lugar en el que se concentran los mejores suelos y alturas para el cultivo del grano de café, esto con un enfoque en procesos de calidad y libre de intermediarios, la información se presenta en el Cuadro 1.

<b>Descripción del Producto San Jhon, Café de Casa.</b>	
<b>Sitio de Producción</b>	Finca San Juan
<b>Ubicación</b>	Yajalón, Chiapas, México
<b>Altitud</b>	1500 - 1800 msnm
<b>Variedad</b>	Coffe Arábica Bourbon
<b>Tipo de Proceso</b>	Lavado
<b>Sistema de secado</b>	En patio
<b>Características física verde:</b>	Máximo 10 imperfecciones en 300 gramos Ninguna imperfección grave Cero granos vanos Verde uniforme Humedad 10.5 - 12%
<b>Características organolépticas:</b>	Aroma: cereza, miel, avellana, tejocote Cuerpo: bueno, sedoso Acidez: excelente, con sabor suave a cítricos Sabor: avellana, nuez y miel
<b>Tipo</b>	Café tostado Café tostado y molido Café verde

**Cuadro 1. Descripción del Producto San Jhon, Café de Casa. Fuente: Café San Jhon.**

Con el objetivo de obtener producciones de calidad, la cafetera apoya a los campesinos que intervienen en sus procesos, para que se obtengan los beneficios de su trabajo, promueven la capacitación y reconoce a los de mayor experiencia.

En entrevista con el propietario, se pudo obtener información acerca de esta política, dentro de las acciones que llevan a cabo se encuentran las siguientes:

Se imparte capacitación a las personas que participan en los procesos de recolección, en base a experiencia se les asignan sectores para la recolección, procurando que los de mayor experiencia cosechen las zonas más altas y de ubicación de pendientes. El pago por jornal es el doble del promedio de la zona para esos trabajos similares.

La finca actualmente produce 100 toneladas por ciclo, cuenta con una capacidad instalada de hasta 2,000 toneladas. Adicionalmente el área de producción se encuentra seccionada para dar paso a la renovación del plantío, habiendo en proceso alrededor de 70,000 plantas, lo cual permitirá que para próximas cosechas se estén produciendo un estimado de 6,000 toneladas.

En cuestiones de almacenaje, se tiene capacidad para 400 toneladas, procurando mantener el área de almacenamiento en condiciones óptimas de empaquetado e iluminación conservando su calidad.

Uno de los objetivos del propietario es que cada taza de café, contribuya a que estos agricultores mejoren día a día sus procesos; lo cual aportará para posicionar a la marca y competir en mercados nacionales e internacionales.

Bajo el eslogan: Café de Casa, se hace el compromiso de que cada cosecha logre que sus granos tengan los más altos estándares de calidad, a través de:

- Granos uniformes
- Cosechas limpias
- Libre de pesticidas
- Procesos artesanales de: la siembra, cosecha, fermentación, lavado, secado, almacenado y tueste.

Los cuales se llevan a cabo con altos índices de calidad, con el objetivo de llevar a la mesa, la mejor taza de café, y así lograr sabores y aromas que resaltan las sublimes notas del café.

El Centro de distribución se encuentra en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México, y actualmente hacen envíos nacionales y locales.

El café que se distribuye entra en la distinción de ser considerado café de altura, lo que permitió que fuera considerado para exportación al mercado estadounidense; se tenía listo el proceso para su distribución en Estados Unidos en una cadena comercial de productos gourmet, pero por atrasos y cambios durante el proceso de registro de marca, no se llevó a cabo la exportación.

<b>Líneas de productos de Café San Jhon susceptibles de ser exportadas al mercado finlandés</b>	
<b>San Jhon Café Turco 100 % Arábica</b>	Granos seleccionados
	Tostado alto y molido extra fino
	Cosechado a 1600 msnm
	Se prepara en la cezve (típica cafetera de cobre y latón, caracterizado por un mango largo) se prepara con un café molido muy fino como el talco y se bebe en tazas pequeñas y bajas una vez que el café se ha sedimentado completamente
	Origen Único: Yajalón, Chiapas, México.
<b>San Jhon Café Premium 100% Arábica</b>	Tostado y molido medio
	Cosechado a más de 1700 msnm
	Estricta altura, sabor y aroma
	Origen Único: Yajalón, Chiapas, México.

**Cuadro 2. Líneas de productos de Café San Jhon, susceptibles de ser exportadas al mercado finlandés**



**Imagen 1. Presentación actual del empaque de San Jhon Café Turco 100 % Arábica**



**Imagen 2. Presentación actual del empaque de San Jhon Café Premium 100% Arábica**

Para la producción de San Jhon Café no se usan químicos para las cosechas, se elaboran fertilizantes que no dañen el proceso de los cultivos, logrando productos de excelente calidad.

#### *PROCESO DE TOSTADO*

San Jhon, Café de Casa cuenta con tostadoras de aire de última generación, que logran un tostado uniforme por dentro y por fuera, exaltando los sabores escondidos del grano, haciendo de su café una experiencia especial.

#### *COMERCIO JUSTO*

San Jhon, Café de Casa busca que cada persona que trabaja en los cultivos, sea beneficiada con la comercialización del café, por ello están convencidos de practicar el comercio justo, valorando la importancia de cada persona que interviene en el proceso y llevando capacitaciones para mejorar las cosechas; pudiendo obtener así el cuidado de los plantíos y la trazabilidad del café; procurando además beneficio a sus familias y estableciendo cadenas de valor.

#### *MARCO NORMATIVO*

Haciendo consideración del marco regulatorio que debe cumplirse para la exportación de este producto; se encuentran de manera enunciativa más no limitativa, lo siguiente:

- Tratados internacionales
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Ley de Comercio Exterior (LCE)
- Ley Aduanera (LA)
- Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (LIGIE)
- Ley del Impuesto al Valor Agregado (LIVA)
- Ley del Impuesto sobre la Renta (LISR)
- NOM-186-SSA1/SCFI-2013 Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao.

Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba.

Adicionalmente, existe una regulación en la que se establece que requiere un Certificado Fitosanitario del SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), que certifique que el producto se encuentre libre de plagas y enfermedades.

#### *Conclusiones*

Para tener éxito como exportador, es importante tomar nota de las buenas prácticas de los competidores potenciales, para posteriormente ponerlas en práctica. Concentrarse en sus estrategias de marketing, las características del producto que destacan y sus enfoques de valor agregado. Puede aprender de, por ejemplo, empresas o cooperativas como Red Ecolsierra (Colombia), Comsa (Honduras), Cenfrocafe (Perú), Ankole Coffee Producers Cooperative Union (ACPCU, Uganda), Rwashoscco (Ruanda) y Oromia Coffee Farmers Cooperative Union (OCFCU, Etiopía). Todos estos son ejemplos de empresas que tienen la certificación destacada en su sitio web y comercializan sus productos de una manera interesante y atractiva (CBI Ministerio de Relaciones Exteriores).

Uno de los principales retos del futuro cafetalero es buscar una sostenibilidad enfocada en los aspectos económicos, sociales y de desarrollo sustentable; procurando prácticas de comercio justas y cultivos de calidad.

Es necesario darle más valor al café y al esfuerzo que realizan los productores y productoras, ya que actualmente no se ve reflejado en el precio que establece la Bolsa de Nueva York, a pesar de la evolución en el consumo y de que la forma de producir el café ha cambiado.

Así mismo es necesario dotar de estructura organizacional y formalidad administrativa y de operación a quienes participan en los procesos del café San Jhon.

Las empresas familiares, como San Jhon, constituyen la forma de organización empresarial más común en las PYMES (Aguirre y Armenta, 2012; Cleri, 2013 y Hernández, 2007). Éstas se caracterizan por su propiedad, control y gestión (Martínez, 2010). Es decir, la familia tiene posesión completa o mayoritaria del capital, el negocio es dirigido por sus fundadores o familiares y la administración es empírica.

Entre las problemáticas de carácter estratégico y operativo que enfrentan las PYMES están la informalidad respecto de los mecanismos de toma de decisiones y que el empresario no proyecta la empresa a mediano y largo plazo por el desconocimiento de las herramientas existentes (Beltrán, 2006).

El uso y aplicación correcta herramientas administrativas en la toma de decisiones de los empresarios de las PYMES es de interés porque representa una iniciativa hacia la competitividad a través del fortalecimiento de las habilidades del administrador. No olvidar que las PYMES operan en un entorno cambiante y lleno de incertidumbre, y pronosticar la demanda adecuadamente le permitirá al administrador estar un paso adelante y tomar decisiones más acertadas en la planeación del inventario, ventas y compras, áreas vitales en cualquier empresa. (Zarate, 2021)

### *Recomendaciones*

Como consecuencia del análisis documental y de la entrevista realizada al propietario de Café San Jhon, actualmente no se recomendaría iniciar con planes de exportación en el mercado finlandés o internacional; se sugiere dar prioridad a la consolidación de la marca, generando prestigio y el reconocimiento de la indudable calidad del café que se está produciendo, además de que se dan las siguientes recomendaciones:

1. Elaborar un Plan de Negocios en el que se priorice la construcción de los pronósticos de producción, ventas y presupuestos de operación.
2. Elaborar un Manual de Identidad Corporativa.
3. Formalizar un Manual de Organización.
4. Formalizar un Manual de Procedimientos.
5. Considerar dentro de sus planes, la certificación de café orgánico.
6. Consolidar alianzas estratégicas, con cámaras de hoteleros, restauranteros y cadenas de alimentos gourmet para su distribución
7. Continuar participando en ferias internacionales que den mayor reconocimiento a la calidad del producto.
8. Constituirse como persona moral.

El mercado del café de especialidad es muy selecto, y requiere de consumidores específicos.

Se reconoce la excelente labor que están realizando con prácticas justas, sostenibles y la indudable calidad del producto que se está elaborando, el cual, con la debida dirección, no tiene otro camino más que el éxito.

### **Referencias**

Beltrán, A. (2006). Los 20 problemas de la pequeña y mediana empresa. *Sotavento MBA*, (7), 8-15. Disponible en: <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/sotavento/article/view/1574/1426> Consultado el 05/06/2020.

CBI Ministerio de Relaciones Exteriores. (2021, 7 diciembre). What is the demand for coffee on the European market? | CBI. <https://www.cbi.eu/Market-Information/Coffee/Trade-Statistics>. [https://www.cbi.eu.translate.google.com/market-information/coffee/trade-statistics?x\\_tr\\_sl=auto&x\\_tr\\_tl=es&x\\_tr\\_hl=es&x\\_tr\\_pto=wapp](https://www.cbi.eu.translate.google.com/market-information/coffee/trade-statistics?x_tr_sl=auto&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=wapp)

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). (2018). El café en México Diagnóstico y Perspectiva. Recuperado de: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/31E1%20caf%C3%A9%20en%20M%C3%A9xico.pdf>.  
Aguirre, R. y Armenta C. (2012). La importancia del control interno en las pequeñas y medianas empresas en México. *Revista El Buzón de Pacioli*, 12(76), 1-17. Disponible en: [https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no77/68d\\_-\\_la\\_importancia\\_del\\_contorl\\_interno\\_en\\_las\\_pequenas\\_y\\_medianas\\_empresas\\_en\\_mexicox.pdf](https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no77/68d_-_la_importancia_del_contorl_interno_en_las_pequenas_y_medianas_empresas_en_mexicox.pdf)  
Consultado el 10/11/2020.

Enríquez Zárate, Lucía Guadalupe, & Rodríguez Lozada, Miguel Ángel (2021). Uso de técnicas de pronósticos para la planeación del inventario de una PYME comercializadora en Tlaxcala, México. RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática, 10(27). [fecha de Consulta 1 de Septiembre de 2022. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637968303002>

Esther Figueroa-Hernández, Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época, Vol. 14 No. 1, (2019), pp. 41-56 DOI: <http://dx.doi.org/10.21919/remef.v14i1.35>

García, R. G., & Olaya, E. S. (s. f.). Caracterización de las cadenas de valor y abastecimiento del sector agroindustrial del café. <http://infocafes.com/>. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/06/v19n31a08.pdf>  
Gobierno del Estado de Chiapas. (2022, enero). Carta Geográfica de Chiapas 2013. [https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPASTEMREG/REGION\\_XIV\\_tulija-chol\\_post.pdf](https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPASTEMREG/REGION_XIV_tulija-chol_post.pdf)

García, O. y Nava, R. (2019). Características del dueño-administrador en la innovación y desempeño de pequeñas y medianas empresas metalmeccánicas del Valle de Toluca. RECAI: Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática, 8(23), 39-62. Disponible en: <https://recai.uaemex.mx/article/view/12860/10150> Consultado el 30/05/2020.

Gobierno de México. (2018, 11 febrero). Café mexicano: “Los siete aromas del mundo”. <https://www.gob.mx/>. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/cafe-mexicano-los-siete-aromas-del-mundo>

González, Alma Amalia, & Aguilar Pinto, Emma (2009). Cafecultura indígena en Yajalón: Un escenario al margen del comercio justo. Revista Pueblos y Fronteras Digital, 4(7), 157-186. [fecha de Consulta 18 de Agosto de 2022]. ISSN: 1870-4115. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90611559007>

H. Ayuntamiento Municipal de Yajalón. (s. f.). Yajalón (Historia). <https://www.yajalon.gob.mx/>. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <https://www.yajalon.gob.mx/municipio/historia>

Instituto Nacional de la Economía Social. (2019, 27 mayo). Historia del café y su cultivo. Gobierno de México. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <https://www.gob.mx/inaes/es/articulos/historia-del-cafe-y-su-cultivo?idiom=es>

Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE). (2021, abril). Perfil de mercado café verde en Finlandia. <https://www.cien.adexperu.org.pe/>. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2021/06/Perfil-del-Mercado-de-Caf%C3%A9-en-Grano-verde-a-Finlandia.pdf>

This is Finland. (2015, 24 agosto). Finlandia ama el café. thisisFINLAND. Recuperado 18 de agosto de 2022, de <https://finland.fi/es/arte-y-cultura/finlandia-ama-el-cafe/>

### Notas Biográficas

La **Mtra. Carmen Mayo García** es Consultora en Competitividad Estratégica Consultores S.C. y se enfoca en brindar asesorías a emprendedores. Su maestría en Diseño Multimedia de Aplicaciones Web y Móviles es por la Universidad del Valle de México. Proporciona servicios de consultoría en el área de negocios, ha colaborado en instancias vinculadas con la educación, ciencia, tecnología e innovación desde los ámbitos público y privado por un lapso de veinticuatro años. Participó en la impartición del programa: Taller de Formulación de Embriones de Proyectos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) derivado del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) y formó parte del equipo para la postulación de proyectos enfocados al Fondo Nacional Emprendedor (FNE). Actualmente, es Doctorante en Administración y Alta Dirección.

La **Mtra. Mónica Leticia Godínez Moreno** es Maestra en Administración y Licenciada en Psicología por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) actual Doctorante en Administración y Alta Dirección en la Universidad Alfa y Omega.

La **Mtra. María Elena Rafael Gutiérrez** es Maestra en Administración Pública por el Instituto de Estudios Universitarios S.C. y Licenciada en Contaduría Pública y Finanzas por la Universidad del Valle de México (UVM), actual Doctorante en Administración y Alta Dirección en la Universidad Alfa y Omega. Ha asesorado Proyectos Productivos con recursos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Instituto Nacional de la Economía Social (INAES), Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA Rural), Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), entre otros; ha colaborado como Profesionista en la Administración Pública Municipal en Centro, Tabasco, además de realizar servicios de consultoría independiente en temas administrativos y contables.

La **Mtra. María de los Ángeles De Dios Hernández** es Licenciada en Administración y Maestra en Educación Basada en Competencias por la Universidad del Valle de México, Campus Villahermosa; actual docente en el Colegio de Bachilleres de Tabasco (COBATAB) Plantel 32.

El **Mtro. Néstor Javier Fonz Martínez** es Ingeniero en Química Petrolera por la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH) y Maestro en Ingeniería Petrolera por el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas (ICEST). Posee experiencia profesional de 15 años en el Sector Oil and Gas. Actualmente es coordinador de compras para la empresa N2 Onsite S.A de C.V. [fonz\\_0686@hotmail.com](mailto:fonz_0686@hotmail.com)

# La Bóveda Tabicada en la Obra de Rafael Guastavino y su Tecnología Constructiva en España, Estados Unidos y México

Dr. Marcos Mejía López<sup>1</sup>, Dr. Horacio Ramírez de Alba<sup>2</sup>, Arq. María Macarena Espinosa Sánchez<sup>3</sup>, y Arq. Ivonne Rodríguez Ávila<sup>4</sup>

**Resumen— Objetivo.** Analizar la bóveda tabicada de la arquitectura tradicional catalana y cómo esta llegó a tener una importancia internacional a través de los estudios, experimentos geométricos y constructivos en las obras de arquitectura de Rafael Guastavino Moreno (1842-1908), quien adaptó la antigua bóveda tabicada a obras del pasado reciente.

**Resultados.** Los edificios que construyó la empresa de Guastavino se generaron a partir de una serie de patentes propias de: cúpulas, bóvedas, muros ignífugos, sistemas de escaleras, entresijos, forjados cohesivos y diseño especial de tabiques, entre otras, con registro en España y Estados Unidos. Estos sistemas y materiales se desarrollaron entre 1886 y 1916.

**Conclusiones.** Las obras de Guastavino son evidentes en España, Estados Unidos y México, a través de innovaciones como: 1. La geometría y diseño de la bóveda tabicada que se realizó en un principio mediante el cálculo empírico y posteriormente, con la comprobación estructural y científica aportada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts y la Universidad de Harvard. 2. La inclusión de estructuras de concreto armado y acero integradas de manera conjunta en la bóveda tabicada tradicional.

**Palabras clave—**Sistema Guastavino, Bóveda Tabicada, Arquitectura Técnica.

## Introducción

Desde tiempos remotos la arquitectura de cubiertas, techumbres y azoteas ha sido un problema que han superado diferentes culturas, en este caso la bóveda tiene sus inicios ancestrales en la cultura egipcia, desde hace más de 3000 años en tiempos de Ramsés II en Luxor, donde se levantaron las primeras bóvedas de la humanidad con grandes bloques de adobe. Dentro de la historia medieval en la construcción española, destaca una singular aportación denominada bóveda tabicada, la cual fue producto del ingenio de albañiles y maestros de obra, para dar respuesta a cubrir espacios para la vida cotidiana, a partir del modesto ladrillo o rasilla de arcilla, esta tecnología ha estado vigente durante más de 500 años. Un gran estudioso, investigador, constructor y hombre de la ciencia de los edificios del siglo XIX como lo fue Rafael Guastavino Moreno, tuvo el ingenio de mejorar y perfeccionar la bóveda tabicada que más tarde la llamó: *Sistema Guastavino*, mejor conocido en términos técnicos como la *Construcción Cohesiva*. Con este método se construyeron miles de edificios en los Estados Unidos, y de forma incipiente en España entre los siglos XIX y XX, también en México existe alguna referencia edificada. La *Guastavino Company* fue una gran empresa que produjo investigación, experimentación y construcción como bien lo demuestran sus famosas patentes, y reconocimientos por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y la Universidad de Harvard.

## Objetivos

### *Análisis de la bóveda tabicada en la arquitectura tradicional catalana.*

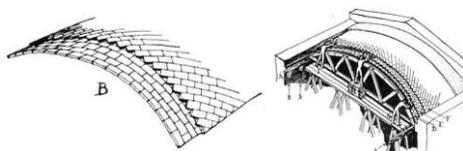
Guastavino partió de un sistema constructivo tradicional originado potencialmente en la Edad Media, la bóveda catalana o también conocida como bóveda tabicada (figura 1), es soportada generalmente por vigas de madera y apoyada en muros de carga de piedra o materiales mixtos tradicionales; ésta se genera a partir de la revolución de un arco catenario sobre un punto o eje imaginario, dentro de una geometría cerrada, en este objeto arquitectónico también se advierte la tradición de estructuras realizadas con rasillas o ladrillos de arcilla, unidos en varias hiladas de forma alternada, cerrando de forma copiosa las juntas, hasta formar la superficie cupular.

<sup>1</sup> Marcos Mejía López, Doctor Arquitecto por la Universidad Politécnica de Cataluña de Barcelona, España. Profesor e investigador en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México. Y Conservador del Patrimonio Histórico Arquitectónico de la UAEMéx. Contacto: [marcejilop@hotmail.com](mailto:marcejilop@hotmail.com)

<sup>2</sup> Horacio Ramírez de Alba, Doctor en Ingeniería-Estructuras por la Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos. Profesor e investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Y Consultor de Estructuras del Área de Conservación del Patrimonio de la UAEMéx. Contacto: [hra@uaemex.mx](mailto:hra@uaemex.mx)

<sup>3</sup> María Macarena Espinosa Sánchez, Arquitecta egresada de la Universidad Autónoma del Estado de México. Colaboradora del Departamento de Conservación del Patrimonio Histórico Arquitectónico de la UAEMéx. Contacto: [maca13espinosa@gmail.com](mailto:maca13espinosa@gmail.com)

<sup>4</sup> Ivonne Rodríguez Ávila, Arquitecta por la Universidad Autónoma del Estado de México. Auxiliar del Departamento de Conservación del Patrimonio Histórico Arquitectónico de la UAEMéx. Contacto: [e.arq.ivonne@hotmail.com](mailto:e.arq.ivonne@hotmail.com)

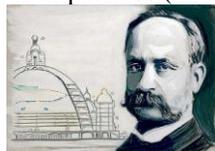


**Figura 1. Ejemplo de una bóveda tabicada de rasilla. Scielo.**

Al observar las ventajas estructurales y constructivas de este sistema de bóvedas tabicadas, Rafael Guastavino retomó este método y lo transformó, dando lugar a una técnica estructural modificada conforme a las necesidades de su contexto, hoy en día nombrado: *Sistema Guastavino*.

***Estudios, experimentos geométricos y constructivos en las obras de arquitectura de Rafael Guastavino Moreno, quien adaptó la antigua bóveda tabicada a obras del pasado reciente.***

Como Maestro de Obras, no precisamente arquitecto, Guastavino tuvo una preparación muy completa en la Academia de Nobles Artes de Barcelona (Rotaèche, 2013), realizando los cursos de matemáticas, geometría, topografía, dibujo, materiales y composición entre otros. Tuvo como profesores a Rogent, Torras Guardiola y Casademunt (Rotaèche, 2013), reconocidos constructores y arquitectos de la *Renaixença Catalana* en pleno *Modernisme*. En cuanto a su aprovechamiento escolar, fue de menos a más como lo atestiguan sus evaluaciones a lo largo de la Carrera de Maestro de Obras. En su familia no existen antecedentes de arquitectos, constructores o maestros de obras, su padre fue ebanista y su abuelo manufacturaba pianos (Ezcurdia, 2016). Por necesidad trabajó como sastre, dibujante y ayudante en un despacho de arquitectos (Ezcurdia, 2016) (figura 2).



**Figura 2. Rafael Guastavino Moreno (1842-1908). Ilustración de: Luis Lonjedo. Universitat de Valencia.**

Se observa desde sus primeros trabajos, el apego a la geometría de elementos curvos como: cúpulas, bóvedas y formas parabólicas en las bases de rampas de escaleras, dentro de una lógica de pensamiento de la economía, la belleza, la durabilidad y la utilidad de las estructuras; cuyo ciclo de vida y características materiales se han extendido por más de una centuria de años y que pueden alargar su periodo de vida útil por más tiempo, mientras se tenga el mantenimiento adecuado. La geometría de la bóveda tabicada es de simple construcción, por lo regular no requiere cimbra, sólo en algunas ocasiones especiales.

Antes de realizar sus experimentos, asimiló el sistema constructivo ancestral de la bóveda tabicada, que le antecedía por cientos de años (Ezcurdia, 2016), y pleno de una razón empírica y lógica de las estructuras, pone de manifiesto su comportamiento casi aéreo, ligero, flexible y resistente; en este método, la geometría predominante es la catenaria, que, elaborada de forma continua y repetitiva sobre dos líneas paralelas, genera una bóveda, que se le denominada tradicionalmente como: “bóveda catalana”.

Este procedimiento, Guastavino lo empleó de forma repetitiva en bóvedas de entrepisos, escaleras y azoteas de viviendas en Barcelona y sitios aledaños en Cataluña a lo largo de 17 años (Rotaèche, 2013). Por lo que se puede decir, que su experiencia en el tema de la construcción era vasto y conocía perfectamente el comportamiento físico, químico y estructural de este elemento arquitectónico. Que, junto con la mano de obra artesanal de diestros albañiles catalanes, le permitió realizar varios edificios industriales, donde el interés era cubrir grandes espacios, para labor y comercio de bienes y servicios. Guastavino realizó estas construcciones debido a las relaciones sociales que tenía su tío con personas acaudaladas, ya que era empresario del ramo textil, esto le sirvió para darse a conocer en la región, donde se edificaban grandes obras fabriles (Rotaèche, 2013), que tuvieron importancia trasatlántica.

Existen opiniones más o menos acertadas de que Guastavino influyó en varios arquitectos del *Modernisme* catalán como Domenech i Montaner y el propio Gaudí.

Acontecimientos en su vida personal le obligaron a marcharse de España hacia Estados Unidos de Norteamérica, esta decisión tal vez la tomó, porque además había obtenido una medalla al mérito por proyectos e ideas sobre construcciones contra incendios, muros alveolados y construcciones proclives a la higiene humana y mejora de la calidad de vida de la clase trabajadora, que envió y presentó en la Exposición del Centenario de Filadelfia que se realizó en 1876 (Ochsendorf, 2005).

A su llegada a los Estados Unidos en el año de 1881 a Nueva York, tenía dentro de su ideario dos objetivos muy concretos: la ejecución de construcciones contra fuego y edificaciones con la técnica de la bóveda tabicada realizadas con ladrillo, pensó en vender esta tecnología ante el panorama que le rodeaba, de casas construidas con madera, que presentaban poca resistencia al fuego, y que eran muy comunes en las ciudades de la Unión Americana.

Pero le esperaba un largo camino de experimentación e investigación (Redondo, 2000), ya que estaban surgiendo las tecnologías del concreto armado y las estructuras de acero (García Gutiérrez, 2000).

Ya establecido en los Estados Unidos, experimentó sobre las bóvedas y cúpulas tabicadas que trabajan a la compresión estructural, e implementó la inclusión de materiales de acero y concreto que trabajan a la tensión estructural (García Gutiérrez, 2000). Lo que dió como resultado edificaciones de bajo costo, con una estética novedosa, compactas y con una seguridad adecuada, que dió origen a las estructuras que él llamó cohesivas (Ezcurdia, 2016).

En el año de 1885, realizó el experimento de incendiar dos casas realizadas con ladrillo ignífugo, que ofrecieron resistencia al fuego, cuyos resultados fueron asombrosos, con ello se demostró que estas estructuras eran incombustibles. A partir de esta época le fueron solicitados múltiples encargos por la garantía de su sistema ignífugo.

## Resultados

***Los edificios que construyó la empresa de Guastavino se generaron a partir de una serie de patentes propias de: cúpulas, bóvedas, muros ignífugos, sistemas de escaleras, entrepisos, forjados cohesivos y diseño especial de tabiques, entre otras, con registro en Estados Unidos. Estos sistemas y materiales se desarrollaron entre 1886 y 1916.***

Hacia el año de 1885 el *Sistema Guastavino* de bóvedas y cúpulas tabicadas ignífugas, fue imitado por el arquitecto Charles McKim para el proyecto de la Arion Society, lo que causó una grave molestia al entonces “inventor” Rafael Guastavino, que a la postre se dió a la tarea de patentar todos sus trabajos e ideas. Las patentes más relevantes fueron nueve, realizadas entre 1885 y el año de 1901.

Guastavino adquirió con el tiempo la nacionalidad norteamericana, como se puede observar en sus patentes.

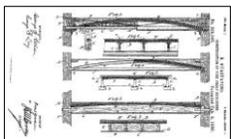
El hecho de que Guastavino patentara la bóveda tabicada, causó un revuelo entre el gremio de los arquitectos españoles, ya que argumentaban que el *Sistema Guastavino*, no era original y que se basaba en una tecnología utilizada desde antaño en la Península Ibérica (Ochsendorf, 2005). Por su parte Guastavino sostenía que lo que él había realizado con sus experimentos en los Estados Unidos, superaba en gran medida los trabajos tradicionales ibéricos, ya que éstos definitivamente no contaban con los novedosos materiales del cemento y acero (Ezcurdia, 2016) (Ochsendorf, 2005). Además de que en España los edificios se diseñaban a una escala más reducida, lo que no acontecía en la Unión Americana.

Luces y sombras acompañaron a las patentes de Rafael Guastavino, de las que se pueden mencionar algunas de ellas: “Patente n° 323.930: «Construcción de edificios incombustibles». 1886...Patente n° 336.047: «Edificios incombustibles». 1886...Patente n° 430.122: «Construcción de arcos de ladrillo para techos y escaleras». 1890...Patente n° 464.562: «Construcción de edificios». 1891...Patente n° 464.563: «Forjado cohesivo». 1891...Patente n° 471.173: «Arco hueco cohesivo». 1892...Patente n° 481.755: «Forjado cohesivo». 1892...Patente n° 548.160: «Ladrillo para edificaciones». 1895...Patente n° 670.777: «Horno vidriado de ladrillos». 1901.” (Redondo, 2000, pp. 896), (ver figuras 3 y 4).

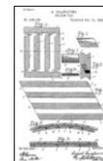
Otras patentes realizadas por Guastavino Company, posteriores al fallecimiento Rafael Guastavino son:

“...Patente n° 947.177 Estructura de fábrica». 1910...Patente n° 915.026: «Estructura de fábrica y acero».

1910...Patente n° 1.119.543: «Paredes y techos para auditorio». 1914.” (Redondo, 2000, pp. 896).



**Figura 3. Patente construcción de edificios incombustibles por Rafael Guastavino 1886, donde se observa la bóveda tabicada con refuerzos metálicos (Redondo, 2000).**



**Figura 4. Patente de ladrillo para edificaciones por Rafael Guastavino en 1895, prueba de la prefabricación de un bloque que contenía 6 rasillas de ladrillo, con sus diferentes ensambles para una rápida construcción de los sistemas de bóvedas y cúpulas. La fábrica de ladrillos se localizaba en Massachusetts, (Redondo, 2000).**

En el horizonte de la aportación académica y científica, los sistemas de construcción de Guastavino fueron aprobados por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1887 (Ochsendorf, 2005). Además, Rafael Guastavino impartió dos conferencias y demostraciones técnicas dentro de la Sociedad de Artes. También tuvo la aportación de realizar un libro o tratado de la bóveda tabicada: “*Essay on the theory and history of cohesive construction applied especially to the timbrel vault*” (Redondo, 2000), donde la albañilería de ladrillo según él ocuparía un lugar importante en tiempo futuro. También como parte de sus investigaciones y sus experimentos

escribió los resultados en documentos técnicos que denominó: “*Cohesive Construction*” y “*Function Masonry*”, respectivamente en 1892 y 1904 (Ezcurdia, 2016).

Tras una fructífera vida profesional plena de éxitos y con aportaciones académicas y científicas, Rafael Guastavino falleció en el año de 1908.

Rafel Guastavino Expósito, hijo de Rafael Guastavino Moreno, ingeniero de profesión, siguió como empresario de la *Guastavino Company* hasta el año de 1943, justo en el tiempo de la Segunda Guerra Mundial. Donde las exigencias y los cambios de forma de vida culminaron con la historia de la *Guastavino Company*, que dejó un gran legado patrimonial arquitectónico en los Estados Unidos, donde sus edificios existentes son motivo de protección y rescate monumental y constituye un legado de España a América en lo que puede considerarse historia de la arquitectura y tecnología constructiva (García Gutiérrez, 2000).

## Análisis finales y Conclusiones

### *Obras en España, Estados Unidos y México.*

Guastavino inició su obra en España, donde se reconocen tres etapas de desarrollo profesional (Rotaeche, 2013), en la primera etapa desarrolló la *Fábrica Textil Batlló* (1866-1869), localizada en el ensanche de Barcelona, esta fábrica actualmente se conserva aun cuando ha tenido intervenciones y cambio de uso, en esta arquitectura industrial hecha de ladrillo, resalta una chimenea octogonal de 61 metros de altura. En la segunda etapa, Guastavino no desarrolló ningún proyecto y obtuvo su título de Maestro de Obras. En la tercera etapa, desarrolló el *Teatro La Massa en Vilassar de Dalt* (1880-1881), edificio circular con una caja escénica rectangular, con una cúpula tabicada de 17 metros de diámetro por 3.5 metros de flecha y un óculo central de 2 metros de radio, contenida por una faja de hierro integrada en la base y apoyada sobre 14 columnas metálicas y pequeñas bóvedas tabicadas perimetrales (Ezcurdia, 2016). (Figura 5).



Figura 5. Vista interior del Teatro Vilassar. Fotografía de: García, S. | Arqfoto.

En 1881, ya residente en los Estados Unidos de América, Rafael Guastavino prospera su carrera profesional e incentiva la construcción de más de mil edificios en este país; conservando y aplicando el sistema de bóveda tabicada y exponiendo las cúpulas más importantes construidas por dicha compañía en diversos medios impresos, para propaganda de la *Guastavino Company*, que ya se recomendaba por sí misma, (figura 6).



Figura 6. Publicidad de la empresa de Guastavino Company en los Estados Unidos de Norteamérica en la que se muestran grandiosas construcciones de Rafael Guastavino e hijo, que realizaron en universidades, templos, edificios públicos, y conmemorativos. Imagen de Avery Library Columbia University.

Algunas de sus obras en Norteamérica son: la actual *Biblioteca Pública de Boston* (1895), en la cual destaca una bóveda de medio cañón con casetones y arcos fajones. El *Museo Nacional de Historia Natural* (1902) de Washington, construcción de estilo neoclásico con una gran rotonda octogonal, en el primer piso se observan columnas dóricas y en el segundo y tercer piso columnas jónicas (figura 7).



Figura 7. Interior del Museo Nacional de Historia Natural en Washington, D. C. Fotografía de: Freeman, M.

La *Sala de Registro* (1918), en la Isla Ellis, Nueva York, es una edificación de estilo renacentista francés de 61 metros de largo, 30 de ancho y 17 de altura con cuatro torres, muros de ladrillos y piedra caliza. El *Edificio Minero Hearst Memorial* (1907), ubicado en la Universidad de California, Berkeley, conformado por tres cúpulas que permiten la entrada de luz a la edificación, y con una estructura de acero que sirve de sustento a las pechinas de ladrillo tabicado, además existe una simetría como elemento compositivo (figura 8).



Figura 8. Vista interior del atrio central del Edificio Minero Hearst Memorial, Berkeley, 2010. Fotografía de: Parks, J.

La *Estación Grand Central* (1903) en la ciudad de Nueva York, cuyo vestíbulo principal mide 84 metros de largo por 37 de ancho, en esta explanada principal destaca el techo abovedado, el cual está recubierto por una pintura del famoso artista francés Paul Helleu. La *Catedral Saint John the Divine* (1909), también localizada en Nueva York, alberga una gran cúpula que mide 29.9 metros de diámetro y fue construida sin encofrados en tan solo 14 semanas (Ochsendorf, 2005).

Guastavino aun residiendo en Estados Unidos, trasladó su sistema a México y con ayuda del contratista Antonio Prieto, desarrollaron grandes obras como la reconstrucción del Mercado de Zacatecas (figura 9), que, tras su incendio en 1901, Prieto lo reconstruyó a partir de la implementación de las bóvedas tabicadas que descansan sobre columnas de hierro (Silva, 2016). También se desarrollaron dos construcciones con el sistema constructivo a prueba de incendios patentado, estos son el Hospital General y el Hospicio de Niños en la Ciudad de México.



Figura 9. Interior del Mercado González Ortega en Zacatecas, México. Fotografía de: Valle, 2021.

### ***Algunos aspectos estructurales.***

Al conocer la obra de Rafael Guastavino la primera impresión es de asombro e incredulidad. Con su *Sistema Guastavino* patentado en 1889, entre otras muchas patentes otorgadas en Estados Unidos, construyó más de 300 edificios importantes en la ciudad de Nueva York y otras 100 aproximadamente en otras ciudades, principalmente Boston. Sin dejar de mencionar las que construyó en España antes de emigrar a América y las que realizó en México (Silva, 2017).

En su tierra natal analizó la técnica ancestral de construcción de bóvedas en la zona mediterránea, conocida como bóveda catalana. Sistema estructuralmente eficiente a base de capas de ladrillos (rasillas) unidas con un cementante. Logró entender sus fundamentos estructurales y visualizó su potencial en construcciones de considerable tamaño. En este sentido su visión fue parecida a la de Gaudí, pero cada uno siguió su camino que sería brillante para ambos.

Siendo joven diseñó y construyó en su natal Cataluña varias obras, destacando la fábrica de los hermanos Batlló y el Teatro de la Massa inaugurado en 1881, pero ya para ese año emigró a Estados Unidos donde desarrolló su gran potencial como innovador, constructor y empresario. Al ver imágenes de su obra se puede reconocer que su creatividad tuvo sus bases en construcciones antiguas, como el Panteón de Agripa en Roma, Haiga Sofía en Estambul y las catedrales góticas medievales, pero resulta evidente que Guastavino incursionó en variantes sorprendentes en un estilo propio.

Las bases técnicas y estructurales de su obra se pueden resumir en cinco considerandos:

El uso de la curva catenaria como geometría básica en bóvedas de cañón, arcos y bóvedas espaciales, comprendió que dicha curva por su naturaleza sigue la línea de presiones, o sea trasmite sólo esfuerzos (fatigas) de compresión para cargas gravitacionales.

Al considerar que sus diseños requerían relativamente poco peralte o flecha, reconoció que se generan esfuerzos de compresión de magnitud considerable, para superar este aspecto realizó experimentos hasta lograr ladrillos o rasillas de gran resistencia mediante altas temperaturas controladas de tal manera de evitar las distorsiones naturales

que sufre la arcilla sometida a tales condiciones. Con sus resultados pudo construir un horno capaz de producir enormes cantidades de ladrillos estructurales y también decorativos.

Perfeccionó las técnicas ancestrales construyendo una primera capa o hilada de ladrillos unidos con yeso que le permitía lograr, en poco tiempo, la rigidez, la estabilidad y la geometría necesaria para construir las demás capas sobrepuestas, además, esto le permitió evitar costosas cimbras. Solamente usaba cerchas ligeras para controlar la geometría previamente trazada en sus planos. Hacia depender el número de capas que debería colocar en función de la relación claro-peralte. La unión de las capas superiores la lograba con cementos especiales desarrollados, con ese propósito, con resistencia superior a los cementos producidos en esa época.

Reconoció que la estabilidad del sistema dependía de la rigidez de sus apoyos, o sea para controlar las fuerzas laterales de coceo. Para resolver este problema, hizo experimentos en modelos a escala, lo que le permitió estimar la magnitud de las demandas de fuerza lateral. De esta manera, según cada proyecto, los apoyos podían consistir en muros rígidos, marcos estructurales, soportes (columnas) de elevada rigidez, o bien arcos contruados con la misma técnica, o bien metálicos utilizando hierro forjado o laminado. Por ejemplo, en el Teatro Massa aprovechó las estructuras de camerinos, palcos y del mismo escenario como elementos para resistir las fuerzas laterales, en el caso del mercado de Zacatecas recurrió a arcos rígidos de concreto armado. Cuando el proyecto requería soportes esbeltos, recurría a los tensores como en los casos de la fábrica Batlló, la Biblioteca de Boston y el edificio de la Potosina Electric Company en San Luis Potosí.

Seguramente eran de su conocimiento los adelantos técnicos desarrollados en la llamada época progreso, como: a) en 1675 Robert Hooke propuso el modelo tipo “cadena” para explicar las fuerzas que se generan en los arcos, b) en 1817 Thomas Young estableció que un arco muy esbelto sólo será estable si tiene la misma forma que la línea de presiones, c) en 1879 Alberto Castigliano propuso el método analítico que permite calcular la línea de presiones para un sistema de cargas dado (Bill, 1986).

Finalmente se puede mencionar que, con sus aportaciones, asociado con un empresario mexicano, se construyeron importantes obras en la Ciudad de México y otras partes del país. Posiblemente por efectos sísmicos, para los que este sistema no presenta un buen comportamiento, ya no se conservan las obras hechas en la Ciudad de México, pero si algunas en otras ciudades como el Mercado de Zacatecas y lo que fue la Potosina Electric Company cerca de la ciudad de San Luis Potosí. Como ya se mencionó realizaba experimentos en modelos a escala, pero también recurrió en ocasiones a pruebas de carga utilizando personas, seguramente de antemano confiaba en la resistencia de sus obras, pero de cualquier forma no es algo éticamente recomendable utilizar personas para demostrar la resistencia de un edificio, como lo había hecho en su momento la Reina Victoria haciendo marchar tropas por las galerías del Palacio de Cristal.

## Referencias

Bill, H. “Testing times for arches”, in *Masonry Bridges, Viaducts and Aqueducts*, Edited by Ted Ruddock, London, 2000.

Ezcurdia Arzola, J. “GUASTAVINO MORENO, RAFAEL,” Galerías Temáticas, Gobierno de España, (en línea), 2016. Consultada por Internet el 17 de agosto del 2022. Dirección de internet: [http://historico.oepm.es/museovirtual/galerias\\_tematicas.php?tipo=INVENTOR&xml=Guastavino%20Moreno,%20Rafael.xml](http://historico.oepm.es/museovirtual/galerias_tematicas.php?tipo=INVENTOR&xml=Guastavino%20Moreno,%20Rafael.xml)

García Gutiérrez, J. “Las bóvedas tabicadas de Guastavino: forma y construcción,” Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, (en línea), Sevilla, 2000. Consultada por Internet el 20 de agosto del 2022. Dirección de internet: <https://core.ac.uk/download/pdf/159466257.pdf>

Ochsendorf, J. “Los Guastavino y la bóveda tabicada en Norteamérica,” (en línea), España, 2005. Consultada por Internet el 20 de agosto del 2022. Dirección de internet: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/494/568>

Redondo Martínez, E. “Las patentes de Guastavino & e o. en Estados Unidos (1885-1939),” Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, (en línea), 2000, pp. 895-906, Sevilla, España. Consultada por Internet el 20 de agosto del 2022. Dirección de internet: [https://oa.upm.es/22068/1/Redondo\\_2000\\_Las\\_patentes\\_de\\_Guastavino\\_en\\_Estados\\_Unidos.pdf](https://oa.upm.es/22068/1/Redondo_2000_Las_patentes_de_Guastavino_en_Estados_Unidos.pdf)

Rotaecche, M. “Rafael Guastavino Moreno, Maestro de Obras en España: del taller de sastrería al Privilegio de Invención,” (en línea), 2013, pp. 949-960, España. Consultada por Internet el 20 de agosto del 2022. Dirección de internet: <https://docplayer.es/44127127-Rafael-guastavino-moreno-maestro-de-obras-en-espana-del-taller-de-sastreria-al-privilegio-de-invencion.html>

Silva Contreras, M. “El sistema Guastavino en México: las obras de un empresario moderno de la construcción en tiempos porfirianos,” Boletín de Monumentos Históricos, (en línea), tercera época, núm. 36, pp. 53-76, 2016. Consultada por Internet el 20 de agosto del 2022. Dirección de internet: <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/boletinmonumentos/article/view/10929>

# El Liderazgo Docente Transformacional en Instituciones de Educación Superior y su Relación con la Comunicación

Ing. Isabel Mendoza Hernández<sup>1</sup>, MGA Alicia Casique Guerrero<sup>2</sup>,  
Dr. Daniel Hernández Soto<sup>3</sup> y Dr. Alicia Alma Alejos Gallardo<sup>4</sup>

**Resumen**—Se expresa la importancia de desempeñarse como líder frente a un grupo. Los docentes deben prepararse, desarrollar su liderazgo y conocerse individualmente para poder desempeñarse con excelencia. La presente investigación se enfocará a que los profesores identifiquen el liderazgo que efectúan dentro de las aulas de instituciones de educación superior y el tipo de comunicación que hay con el alumno. Los cuestionarios se aplicaron a docentes que laboran en instituciones públicas y privadas. El instrumento utilizado es la adaptación del cuestionario de liderazgo de factores múltiples diseñado por (Bass y Avolio 1995). Se utilizó una escala de Likert del 1 al 5 (nunca (1), casi nunca (2), a veces (3), casi siempre (4), siempre (5)). Obteniendo una alfa de Cronbach de la dimensión de liderazgo de 0.911 y de la dimensión de comunicación se obtuvo un alfa de 0.747, por lo tanto, se confirma la confiabilidad del instrumento.

**Palabras clave**— Liderazgo, comunicación, confianza, eficiencia, inspiración.

## Introducción

El poseer liderazgo significa tener cualidades como ser innovador, tener iniciativa, ser analítico para lograr conducir a un grupo de personas y alcanzar el objetivo planteado, por lo general un líder conoce sus cualidades y defectos, los cuales aprovecha al máximo, pero ¿Qué pasa cuando un docente no tiene liderazgo?, no se logra manejar al grupo con autoridad, falta entusiasmo grupal, no existe una unión entre los integrantes y es más complicado alcanzar objetivos de forma eficiente.

Es indispensable que un docente funja como líder frente a su grupo. Significa que los docentes deben de prepararse, desarrollar su liderazgo y conocerse individualmente para poder desempeñarse con excelencia. Requerirá invertir tiempo y dedicación para lograrlo, pero los beneficios que generará darán resultados excepcionales que beneficiarán tanto al docente como al alumno.

La presente investigación se enfocará en que los docentes identifiquen el liderazgo que efectúan dentro de las aulas de instituciones de educación superior y el tipo de comunicación que hay con el alumno.

## Planteamiento del Problema

Los planes y programas de estudio de educación superior incluyen temas relacionados con la capacitación, pero hay instituciones educativas que no desarrollan de manera interna en sus docentes el tema de liderazgo transformacional, en dónde de forma particular evalúen el tipo de liderazgo que ya poseen los docentes y que a su vez se sigan preparando para poder ser líderes transformacionales. Por ello la necesidad de evaluar el liderazgo de los docentes y además identificar el tipo de comunicación que existe dentro del aula.

## Justificación

El Docente universitario debe ir en busca de un liderazgo que atienda las exigencias actuales, las cuales demandan más atención al ser humano, más integración y participación por parte de todos los actores de una organización, dónde la pirámide de mando se rompe para dar paso a un trabajo integrado que considera a todos los miembros de una institución indispensables e importantes para ejercer un trabajo grupal. Quien ejerce la función de docente debe proyectar y practicar básicamente en su desempeño laboral los elementos que conforman el liderazgo transformacional.

<sup>1</sup> Ing. Isabel Mendoza Hernández es alumna del Tecnológico Nacional de México en Celaya de la Maestría en Gestión Administrativa. m2003081@itcelaya.edu.mx (**autor correspondiente**).

<sup>2</sup> MGA Alicia Casique Guerrero es Licenciada en Administración de Empresas, con Maestría en Gestión Administrativa y Profesora del Tecnológico Nacional de México en Celaya alicia.casique@itcelaya.edu.mx

<sup>3</sup> El Dr. Daniel Hernández Soto es Doctor en Ciencias en Economía por el colegio de Postgraduados y Profesor del Tecnológico Nacional de México en Celaya, daniel.hernandez@itcelaya.edu.mx

<sup>4</sup> La Dr. Alicia Alma Alejos Gallardo es Profesora del Tecnológico Nacional de México en Celaya, alma.alejos@itcelaya.edu.mx

Lussier y Achua (2005) mencionan que el liderazgo transformacional se centra en las capacidades transformadoras de los líderes más que en sus características personales, así como en las relaciones que establece con sus seguidores; de esta manera, puede decirse que este modelo considera un líder efectivo a aquel que desarrolla las habilidades para generar cambios en sus seguidores a través de la interacción que establece con ellos.

### **Comunicación y Liderazgo**

Lussier y Achua (2016, p. 185) manifestaron: “Los líderes usan la comunicación para influir sobre los demás, por lo que necesitan tener buenas habilidades en esta área. La autoridad formal afecta la comunicación y, a la larga, el desempeño. Los gerentes usan las comunicaciones para supervisar y reforzar los estándares de desempeño; comparten la información. El procesamiento de la información es tan importante que las organizaciones están diseñadas como medios para cumplir con los requerimientos de dicho procesamiento, que son generados por las actividades interdependientes. Con la tecnología cambiante, la forma en la que nos comunicamos se ha modificado con el paso de los años ya que las tecnologías móviles proveen un patrón constante de comunicación, que influye en nuestro trabajo y la vida personal. La comunicación es un proceso social y la tendencia es utilizar la creación de redes y los medios sociales. No obstante, sin importar la tecnología que usamos para comunicarnos, aún existen dos partes importantes de la comunicación: el envío y la recepción de mensajes”.

### **Medición del Liderazgo**

Las llamadas “escalas Likert” son instrumentos psicométricos donde el encuestado debe indicar su acuerdo o desacuerdo sobre una afirmación, ítem o reactivo, lo que se realiza a través de una escala ordenada y unidimensional (Bertram, 2008). Estos instrumentos suelen ser reconocidos entre los más utilizados para la medición en Ciencias Sociales (Cañadas y Sánchez-Bruno, 1998; Dawes, 1975). Este tipo de escala surgió en 1932, cuando Rensis Likert (1903-1981) publicó un informe en el que exponía cómo usar un tipo de instrumento para la medición de las actitudes (Likert, 1932; Edmondson, 2005). Originalmente, este tipo de instrumentos consistía en una colección de ítems, la mitad expresando una posición acorde con la actitud a medir y la otra mitad en contra. Cada ítem iba acompañado de una escala de valoración ordinal. Esta escala incluía un punto medio neutral, así como puntos a izquierda y derecha, originalmente de desacuerdo y de acuerdo, con opciones de respuesta numéricas de 1 a 5. Las escalas de alternativas aparecían en horizontal, uniformemente espaciadas, al lado del ítem e incluyendo las etiquetas numéricas. Es importante tener en cuenta que las escalas que utilizan alternativas de respuesta no están vinculadas con el acuerdo o desacuerdo con los ítems, no son escalas Likert en sentido original. No obstante, es frecuente que se les denomine escalas “tipo Likert” por generalización (Nadler, Weston y Voyles, 2015).

### **Metodología**

La muestra estará constituida por docentes de educación superior, hombres y mujeres de instituciones públicas y privadas. El instrumento utilizado será la adaptación del Cuestionario de Liderazgo de Factores Múltiples (Multifactor Leadership Questionnaire MLQ 5X), diseñado por Bass y Avolio (1995), que identifica la unidad de observación de una investigación con los factores del liderazgo transformacional. El MLQ es una escala tipo Likert, compuesta por ítems que miden variables llamadas de primer orden. Una de ellas es la de liderazgo transformacional. Dentro de esta variable se encuentran otras, llamadas de segundo orden, que se identifican con los factores de la teoría del liderazgo transformacional. Los cuestionarios se enviaron de manera virtual.

El Liderazgo transformacional, conforme a la teoría de Bass, contiene algunos factores. Pascual, Villa y Auzmendi (1993, p. 24), los resume de la siguiente manera:

Liderazgo transformacional	Dimensión	Indicadores	Items	Escala de Likert
	Influencia idealizada	Respeto y confianza	1 a 12	Ordinal  Nunca (1) Casi nunca (2) A veces (3) Casi siempre (4) Siempre (5)
		Sustenta cambios		
		Digno de imitar		
		Enfocado a la ética		
	Motivación inspiracional	Conducta significativa y retadora	13-21	
		Optimista con el futuro		
		Visionario organizacional		
	Estimulación intelectual	Crítico con tradicionalismos	22-30	
		Creativo		
Innovador				
Consideración individualizada	Atento a necesidades individuales	31-39		
	Identifica debilidades y fortalezas			
	Ejerce rol de mentor			

**Cuadro 1. Liderazgo transformacional y sus dimensiones.**

Comunicación	Dimensión	Indicadores	Items	Escala de Likert
	Estrategias asertivas	Dominar emociones	1 al 8	Ordinal  Nunca (1) Casi nunca (2) A veces (3) Casi siempre (4) Siempre (5)
		Gesticular ideas		
		Expresar asertivamente		
	Estilos asertivos	Actitud asertiva	9 al 14	
		Elocuencia y serenidad		
		Comportamiento asertivo		
	Comunicación precisa	Dialogo directo	15 al 24	
		Personalidad asertiva		
		Acciones asertivas		

**Cuadro 2. La comunicación y sus dimensiones.**

### Tipo de Investigación

Descriptiva, transversal y correlacional.

## Sujetos de Estudio

Se analizará el liderazgo docente transformacional de instituciones de nivel superior. La muestra está constituida por 102 docentes de educación superior, hombres y mujeres de diversas instituciones de Educación Superior.

## Desarrollo

### *Hipótesis general*

El liderazgo transformacional se relaciona con la comunicación en docentes de instituciones de educación superior.

### *Hipótesis específicas*

La influencia idealizada se relaciona con la comunicación en docentes de instituciones de educación superior.

La estimulación intelectual se relaciona con la comunicación en docentes de instituciones de educación superior.

La motivación inspiracional se relaciona con la comunicación en docentes de instituciones de educación superior.

La consideración individualizada se relaciona con la comunicación en docentes de instituciones de educación superior.

La edad, el género o la materia que se imparte no afecta para ejercer liderazgo transformacional.

### *Tratamiento de la información*

Para el tratamiento estadístico de la información se determinó utilizar el software IBM SPSS versión 25, el cual tiene múltiples funciones para realizar el análisis multivariado, el análisis para reducir la medición del error a través de múltiples indicadores para las variables latentes del modelo de referencia.

### *Confiabilidad del instrumento*

Como respuesta de la aplicación de los cuestionarios, se obtuvieron resultados que posteriormente fueron sometidos a un análisis estadístico para conocer el nivel de confiabilidad del instrumento, obteniendo el alfa de Cronbach.

El cuadro 3. muestra los valores que se obtuvieron al analizar la confiabilidad de los resultados finales, cada dimensión obtuvo una alfa de Cronbach mayor a 0.70, por lo tanto, se confirma la alta confiabilidad del instrumento.

Dimensión	Estudio final	
	Número de elementos	Alfa de Cronbach
Liderazgo	4	0.911
Comunicación	3	0.747

**Cuadro 3. Alfa de Cronbach.**

En el cuadro 4. Se presentan los estadísticos obtenidos para conocer los rangos de edades de los docentes.

Edad					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	23-27 años	3	2.9	2.9	2.9
	28-32 años	7	6.9	6.9	9.8
	33-37 años	9	8.8	8.8	18.6
	38-42 años	13	12.7	12.7	31.4
	43 años o más	70	68.6	68.6	100.0
	Total	102	100.0	100.0	

**Cuadro 4. Edad.**

En el cuadro 5, se presenta el estadístico descriptivo del género de los docentes.

Género					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Femenino	50	49.0	49.0	49.0
	Masculino	52	51.0	51.0	100.0
	Total	102	100.0	100.0	

**Cuadro 5. Género.**

En el cuadro 6, se presentan las materias que imparten los docentes que contestaron los cuestionarios.

¿Qué materias impartes?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Educación	3	2.9	2.9	2.9
	Artes y humanidades	6	5.9	5.9	8.8
	Ciencias sociales, administración y derecho	43	42.2	42.2	51.0
	Ciencias naturales, exactas y de la computación	28	27.5	27.5	78.4
	Ingeniería, manufactura y construcción	22	21.6	21.6	100.0
	Total	102	100.0	100.0	

**Cuadro 6. Materias que imparten.**

### ***Regresión lineal***

Mediante el software SPSS, se obtuvo la regresión lineal, como variable dependiente se estableció el liderazgo y la variable independiente la comunicación, los resultados se observan en el cuadro 7.

Coeficientes <sup>a</sup>						
Modelo				Coeficientes estandarizados	t	Sig.
				Beta		
1	(Constante)	1.017	0.431		2.361	0.020
	promestrateg	-0.085	0.103	-0.070	-0.826	0.411
	promestilo	0.353	0.086	0.406	4.121	0.000
	promecomunica	0.449	0.097	0.415	4.609	0.000
a. Variable dependiente: promeliderazgo						

**Cuadro 7. Regresión lineal.**

### Comentarios Finales

El liderazgo docente transformacional y la comunicación dentro de las aulas de educación superior, ha ido evolucionando derivado de los diversos factores sociales y problemáticas de salud mundial que se presentaron en el año 2020, tanto docentes como alumnos se vieron en la necesidad de adaptarse a los cambios; los resultados obtenidos del cuestionario que se aplicó en marzo del 2022, refleja el esfuerzo de los docentes por alcanzar los objetivos, brindando a sus alumnos su mejor desempeño.

### Resumen de resultados

Los resultados obtenidos mediante los cuestionarios virtuales arrojan que existe una relación significativa entre el liderazgo docente y la comunicación, principalmente el liderazgo se está relacionado con el estilo asertivo y la comunicación precisa que se logra establecer dentro de las aulas.

### Conclusiones

Se puede concluir que la edad, el género o la materia que se imparte no afecta para ejercer liderazgo transformacional. Que existe una relación significativa entre el liderazgo transformacional y la comunicación, pero no se presenta significancia en las estrategias asertivas y puede ser considerada como un área de oportunidad a desarrollar.

### Recomendaciones

El estudio demuestra la importancia de mantener un nivel de liderazgo de docentes óptimo para que se logren los objetivos en beneficio del alumno y como crecimiento continuo del docente. Esta investigación se puede establecer como herramienta de mejora continua, para re diseñar las estrategias implementadas con la finalidad de fortalecer las habilidades y competencias de los docentes.

### Referencias

- Bertram, D. (2008). *Likert Scales... are the meaning of life*. Topic report: Recuperado de <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf>.
- Cañadas, I. y Sánchez-Bruno, A. (1998). Categorías de respuestas en escalas tipo Likert. *Psicothema*, 10(3), 623-631.
- Dawes, R. M. (1975). *Fundamentos y técnicas de medición de actitudes*. México: Limusa.
- Edmondson, D. R. (2005). Likert scales. A history. *Conference on Historical Analysis y Research in Marketing Proceedings*, 12, 127-133.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitude. *Archives of Psychology*, 140, 5-55.
- Lussier, R. y Achua, C. (2005). *Liderazgo. Teoría, aplicación y desarrollo de habilidades*. EUA: Thomson Learning.
- Lussier, R. y Achua, C. (2016). *Liderazgo. Teoría, aplicación y desarrollo de habilidades*, (3a. ed.). México: Thomson Learning.
- Nadler, J., Weston, R. y Voyles, E. (2015). Stuck in the middle: the use and interpretation of mid-points in items on questionnaires. *The Journal of General Psychology*, 142(2), 71-89.
- Pascual, R., Villa, A. y Auzmendi, E. (1993). *El liderazgo transformacional en los centros docentes*. Bilbao, Mensajero.

# Construcción de una Estrategia Tecnológica para Soportar la Atención Primaria de Necesidades en Salud Mental Derivadas de la Emergencia Causada por el COVID-19: Caso en Colombia

Mg. Julián Andrés Mera Paz<sup>1</sup>, Dr. Luis Eduardo Ruano<sup>2</sup>,  
Mg. Jhonn Jairo Muñoz Hurtado<sup>3</sup>

**Resumen**— La emergencia sanitaria a nivel mundial causada por el brote del Sars-Cov2 (Covid-19 – Coronavirus) llevó a que las autoridades mundiales, nacionales, regionales y locales actuarán y establecieron a través de medidas drásticas de protección la posible contención del virus, por ejemplo el cierre de fronteras, aislamiento social, como medidas para la salud física consideradas adecuadas científicamente, sin embargo esas acciones no consideraron los efectos en la salud mental, descuidando episodios y necesidades de la comunidad, frente a sus emociones, percepciones y reacciones. Es allí donde se responde a las demandas de salud mental, proponiéndole al ministerio de ciencia tecnología e innovación de Colombia un proceso investigativo cimentado en la construcción de una estrategia tecnológica soportada en el pensamiento computacional como respuesta a la atención primaria de necesidades en salud mental derivadas de la emergencia causada por COVID-19, por medio de un enfoque metodológico mixto asociados a instrumentos de recolección de información a través de grupos focales, mesas de trabajo con actores e instituciones involucrados en procesos de atención a salud mental, reporte y análisis de bases de datos epidemiológicas, encuestas a una muestra de 24.000 participantes, haciendo especial hincapié en el abordaje cualitativo, a través de la articulación y triangulación de las diversas fuentes de datos. Como resultado se logró la creación de una plataforma tecnológica que contribuye a la toma de decisiones por parte de los actores estatales, se construyó un objeto virtual de aprendizaje con divulgación gratuita, se realizó un diplomado para 210 actores, un documento base para la creación de la política pública en salud mental. como conclusión con la investigación se ha contribuido al fortalecimiento de la salud mental impactando a 60.000 beneficiarios directos y se han realizado 33.600 acciones de atención primaria de necesidades en salud mental a través de la estrategia tecnológica.

**Palabras clave**— Salud mental, estrategia tecnológica, Covid 19, atención primaria, pensamiento computacional.

## Introducción

En este documento se condensa el proceso de investigación realizado en la construcción de una estrategia tecnológica para soportar la atención primaria de necesidades en salud mental derivadas de la emergencia causada por el COVID-19, las autoridades de salud y estatales a nivel mundial, nacional, regional y local fueron sometidas aún reto no previsto, por la acelerada propagación y altos índices de contagio, morbilidad y mortalidad (OMS 2020) esto ocasionó una toma de decisiones apresurada con medidas drásticas en prevención y protección como el aislamiento social u encierro, el cierre de fronteras, como estrategias para el cuidado de la salud física, desatendiendo las situaciones, efectos o consecuencias de salud mental de las diferentes comunidades (Khalid 2016), en el estudio realizado por Hernández (2020) se manifiesta “El COVID-19 repercute negativamente en la salud mental de las personas en general y particularmente en grupos poblacionales más vulnerables”, por su parte Ho (2020) en su estudio logró evidenciar que la pandemia generada por el virus repercutió en el incremento de emociones negativas como la ansiedad, depresión, ideación suicida, incertidumbre y diferentes tipos de violencias. Los efectos a raíz del aislamiento social, la incertidumbre y situaciones conexas agravaron la situación mental de la población. Es por ello que el equipo de investigación como respuesta a las demandas de la atención primaria en salud mental, le propuso al ministerio de ciencias tecnología e innovación Minciencias en Colombia, la construcción de una estrategia tecnológica siguiendo las pautas del pensamiento computacional propuesto por Wing (2006) y por medio de un enfoque metodológico mixto se recolectó información de grupos focales, mesas técnicas con talento humano experto en procesos de atención salud mental, instrumentos cualitativos y cuantitativos aplicados a una muestra de 24.000 participantes, la información recolectada paso a un proceso de articulación y triangulación de datos como mencionase Forni (2020). Con el resultado de la información se estableció los parámetros de creación de la estrategia tecnológica, por su parte se construyó una

<sup>1</sup> El Magister. Julián Andrés Mera Paz es Profesor de Contaduría pública y de Ingeniería de sistemas en la Universidad cooperativa de Colombia campus Popayán, Colombia [julian.mera@campusucc.edu.co](mailto:julian.mera@campusucc.edu.co) (**autor corresponsal**)

<sup>2</sup> El Doctor. Luis Eduardo Ruano Ibarra es Profesor de Psicología en la Universidad cooperativa de Colombia campus Popayán, Colombia [luis.ruanoi@campusucc.edu.co](mailto:luis.ruanoi@campusucc.edu.co)

<sup>3</sup> El Magister. Jhonn Jairo Muñoz Hurtado es Profesor de Psicología en la Universidad cooperativa de Colombia campus Popayán, Colombia [jhonn.munoz@campusucc.edu.co](mailto:jhonn.munoz@campusucc.edu.co)

plataforma tecnológica que cuenta con 5 módulos, el primero para el levantamiento o captura de información de los aspectos sociodemográficos, factores protectores y de riesgo, de ser requerido se activa una ruta de atención para el paciente, en el segundo módulo se realiza el seguimiento a los casos que fueron activados en la ruta, el tercer módulo es un objeto virtual de aprendizaje (OVA) para fortalecer conocimientos en salud mental al público en general y herramienta de consulta para el talento humano de trabajo en campo en acciones pedagógicas orientadas a la atención primaria en salud mental, el cuarto módulo es un repositorio donde se alojan las acciones e iniciativas para el intercambio de saberes que apoyan el fortalecimiento de la salud a nivel social, el último módulo integra la información a través de la arquitectura de bases de datos, allí se tienen los reportes y control a través de un tablero de datos que sirve de insumo a la toma de decisiones de las entidades estatales, los módulos 1,2 y 3 tienen una versión app móvil, como resultado adicional del proyecto se realizó un proceso de formación a través de un diplomado a 210 agentes comunitarios distribuidos en las diferentes municipalidades del Cauca en Colombia, quienes serán el soporte de la estrategia en función de la atención primaria en salud mental, como conclusión del proceso de investigación se ha contribuido al fortalecimiento de la salud mental en Colombia, impactando a 60.000 beneficiarios directos, realizando 33.600 acciones de atención hasta la fecha, a través de la estrategia tecnológica se llegó con talento humano propio de las regiones, para compartir el conocimiento y generar acciones preventivas y de atención.

### Descripción del Método

Partiendo de las principales definiciones del pensamiento computacional centradas en que no es una forma neta de programación o del pensador informático, sino un proceso de formular interrogantes que le permiten al pensador o grupo de pensadores, operacionalizar los problemas y darles soluciones mediante “estrategias tecnológicas” basándose en el análisis y construcción de algoritmos donde a través de habilidades y herramientas mentales se materializan productos (Polanco et al, 2021). Con esa ruta el equipo de investigación conformado por profesionales de áreas sociales y humanas, ingeniería de sistemas y salud aportaron sus habilidades, competencias y conocimientos para brindar una solución real a través de la estrategia tecnológica, en los procesos de sistemas se realizó un análisis sobre la metodología de desarrollo adecuada al proyecto, siguiendo lo establecido por Moyo (2013) “La metodología es el pilar en la construcción de un software”, en la tabla 1 se observa el análisis de las posibles metodologías de desarrollo de software.

**Tabla 1.** análisis de las metodologías de desarrollo.

Metodologías ágiles					
Elementos a tener en cuenta	Xtreme Programing XP	Scrum	Dynamic systems Development Method (DSMD)	Feature Drive Development (FDD)	Adaptative software development (ASD)
Enfoque	Iterativo e incremental	Iterativo e incremental	Iterativo	Iterativo	Iterativo e incremental
Periodo del ciclo iterativo	1 a 6 semanas	2 a 4 semanas	1 a 8 semanas	2 días a 2 semanas	4 a 8 semanas
Tamaño adecuado del proyecto y complejidad	Proyectos pequeños y sencillos	Proyectos grandes y complejos	Cualquier tipo de proyectos	Proyectos a gran escala	Proyectos pequeños y sencillos
Documentación	Documentación básica de los procesos	Documentación básica de los procesos	Documentación compleja y técnica de los procesos	Documentación compleja y técnica de los procesos	Documentación compleja y técnica de los procesos
Principales características	Simplicidad, programación en pares	Simplicidad, inspección, adaptación, trabajo en equipo	Cajas de tiempo, prototipos, validaciones	Modelado de objetos, diagramación bajo UML, disco de riesgos	Cajas de tiempo, análisis basado en características, desarrollo basado en prueba y error

<b>Adaptabilidad y usabilidad</b>	compleja	Sencilla y práctica	Medianamente compleja	Medianamente compleja	Compleja
-----------------------------------	----------	---------------------	-----------------------	-----------------------	----------

Fuente: Propia.

Después de analizar los requerimientos del proyecto y las metodologías ágiles, el equipo tomo la decisión de trabajar con SCRUM como manifestase Rodríguez (2015) Scrum permitió a los equipos trabajar de manera incremental y adaptándose a cambios documentales y de sistematización. Bajo estas premisas el equipo realizó el proceso de construcción con las siguientes fases:

1. Construcción del backlog: En esta etapa se colocó el listado de las historias de usuario necesarias para el desarrollo del software.
2. Planificación del sprint: En esta fase en esta fase el equipo dio prioridad a las historias de usuario.
3. Ejecutar el sprint: Se realizó la codificación, estructura y conectividad de las historias de usuario.
4. Ciclos diarios: Se realizaron reuniones diarias de trabajo, donde se identificaron dificultades y alternativas de solución.
5. Entrega de sprint realizados: Se realizaron las entregas de las funcionalidades realizadas, para la observación, percepción, comentarios y aplicar mejoras de ser necesario.
6. Petición de feedback: En esta etapa se recibieron los comentarios, sugerencias, observaciones realizadas por el personal implicado en los procesos.
7. Incorporación del feedback: Acorde a la realimentación o feedback, se realizan los ajustes para iniciar nuevamente el ciclo.

En la figura 1, se grafica el comportamiento de las fases y la secuencia de la aplicabilidad del desarrollo metodológico de la plataforma tecnológica.

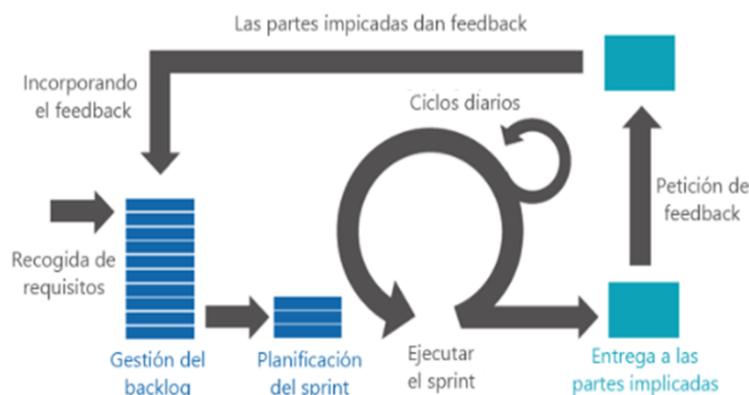


Figura 1. Aplicación de la metodológica Fuente: Basado en (Deemer, 2.009)

### Arquitectura del software

El equipo de investigación, realizó una serie de grupos de discusión, alrededor de la funcionalidad esperada de la plataforma, teniendo en cuenta las características de conectividad y usabilidad, una vez captada la información, se realizó el análisis desde la percepción técnica de los expertos a través de una fase inicial de diseño de investigación y arquitectura de software (Tabla 2) con un tiempo de trabajo de 3 meses donde se realizó una evaluación conceptual en 2 sesiones, análisis de la aplicabilidad de la arquitectura de software 4 sesiones, a partir de ello se tiene 2 posibles arquitecturas, que luego fueron analizadas en términos de sus ventajas y desventajas, una vez definida la ruta definitiva, se evalúa la interconexión interna de los productos, para después tener el mapa de la arquitectura software.

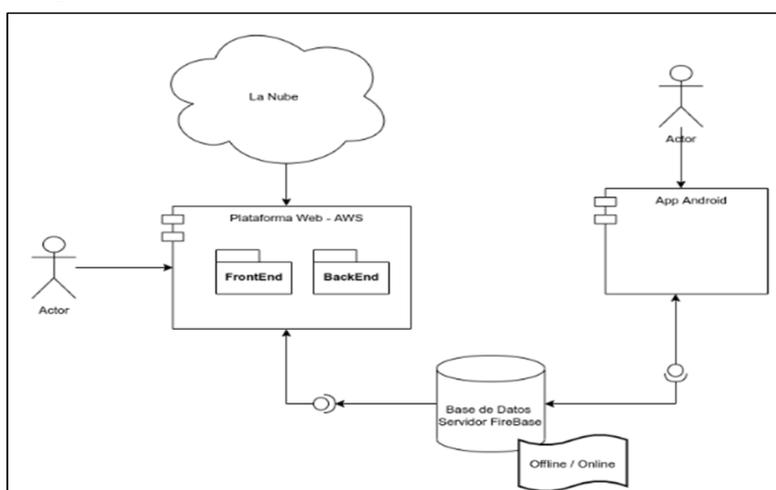
**Tabla 2. Fase inicial de diseño de investigación y arquitectura de software.**

Diseño de investigación y arquitectura de software			
Fase	Contenido de la sesión	Cantidad	Resultados obtenidos

Evaluación conceptual	Revisión de los conceptos, acordé a los requerimientos del software	2	Claridades en los requerimientos de almacenamiento y funcionalidad online /offline
Análisis de la aplicabilidad de la arquitectura de software	Análisis de los escenarios y el contexto de aplicabilidad de la arquitectura	4	Se logró tener una ruta de 2 posibles arquitecturas
Revisión de ventajas y desventajas	Se analiza las 2 arquitecturas propuestas	2	Acordé al análisis de los pros y contra se define una ruta de trabajo
Interconectividad software	Se analiza la forma en la que se van a conectar los elementos software	2	Claridades en la forma en la que se comunican los productos software
<b>Definición de implementación de arquitectura</b>	Se inicia con la construcción de la arquitectura	1	Se obtiene el mapa de la arquitectura

Fuente: Propia.

Teniendo clara la ruta y concordando que es necesario que los proyectos de investigación enfocados a brindar una solución a una organización, incluidas las universidades requieren la incorporación de tecnologías inteligentes para aprovechar las capacidades que proporcionan la transformación de los procesos (Rico, 2021). Se trabajo en la construcción de la arquitectura de software (Figura 2), en ella se estableció la lógica en su parte Back-end (Haro 2019), donde se utilizará un API (Interfaz de programación de aplicaciones) denominada REST un aplicativo opensource a través del cual se establecerán los eventos o acciones (ej: un click, un cambio, acceso a otra vista, entre otros), también se controla la gestión de los eventos y acciones. Por otra parte, estará la vista en la lógica del Front-end (Perez 2.021) donde está la interfaz gráfica o parte visual para el usuario, la plataforma web en sus partes Front-end y Back-end estarán almacenadas en la nube (Cloud 2011) en un servidor AWS (Amazon Web services) , desde otra perspectiva se desarrolló la parte móvil con Android (Robledo 2016). Los expertos definieron que acordé a las características de conectividad que se presentan es importante tener en las bases de datos un servidor con Firebase, que permita tener almacenamiento de manera Online y Offline, brindando respuesta adecuada a las condiciones de conectividad del Departamento del Cauca.



**Figura 2.** Arquitectura de la plataforma tecnológica.

Fuente: Propia.

El paso siguiente fue la modulación y diseño de la base de datos que fue un elemento clave para la articulación de los procesos de administración y gestión de la información. Se establecieron las tablas, datos, atributos y llaves para la relación adecuada entre las clases y la navegación de la data. Un elemento clave de la plataforma es la accesibilidad y usabilidad a la plataforma tecnológica, por ello el diseño es universal y se basa en la creación de un entorno sencillo y de uso para todas las personas, aplicando la norma NTC 5854 que como mencionase (Oliveros, 2018) la norma brinda 2 principios importantes “operable” y “comprensible”, elementos fundamentales en un producto software, en cuanto a lo operable, el diseño de la plataforma permite que las personas interactúen y tengan el control de sus procesos, en cuanto a lo comprensible, el lenguaje y navegabilidad es intuitiva y sencilla.

### **Discusión y análisis**

Teniendo en cuenta que la resolución de problemas implica una representación materializada de un problema y la construcción de acciones con la pretensión de lograr un objetivo que represente la solución adecuada. (Holyoak, 2012), y que, por las características de integración de talento humano diverso, las características sociodemográficas del terreno de aplicación, la diversidad cultural de la población del proyecto se dimensiona como un problema complejo, siguiendo a (Wing, 2014) los problemas complejos requieren de modelos computacionales para de una manera fácil lograr gestionar gran cantidad de variables y su relación entre ellas, así lograr la resolución del problema. Al utilizar estrategias computacionales o tecnológicas, se construye una adecuada representación, se podría asegurar que el pensamiento computacional en estos procesos es fundamental, porque con su aplicabilidad se puede descomponer el problema, en problemas pequeños y fáciles de resolver, facilitando la solución (Wing 2006). En consecuencia, el equipo de investigación hace la descomposición del problema, el reconocimiento de los patrones se procede a la abstracción de la data y se construye los algoritmos para el funcionamiento de la plataforma tecnológica.

En el proceso de descomposición del problema la actividad clave fue la recopilación de información, los grupos focales, las entrevistas a expertos que permitieron comprender los requerimientos técnicos, funcionales y no funcionales (Medrano, 2019), la comprensión de los requerimientos y las características de aplicabilidad del contexto, permitieron que con los atributos y relaciones de la data, se estableciera el reconocimiento de los patrones y se creara la arquitectura del software, con la estructura funcional se planteó el diseño conceptual, de interfaces y modelo de entidad relación de data, permitiendo la abstracción para gestionar la complejidad del sistema, establecer la comunicación relacional entre los diversos componentes (Navarro, 2018). El equipo de investigación en su análisis estableció que los artefactos de software se pueden usar con asignación de las prioridades teniendo en cuenta los estándares de alta calidad, la alternativa de un proyecto sostenible se basó en código abierto u open source, que permitió una transformación en el impacto en los territorios como es el proyecto de investigación que se trabajó, Un elemento de discusión fundamental es el aseguramiento de la calidad de software, un proceso que en consideración del equipo es un proceso continuo que desde el inicio y formulación del proyecto va hasta la finalización y entrega del software, por ende en cualquiera de las etapas de creación era necesario realizar pruebas y aseguramiento a la calidad de software, por eso se estuvo atentos porque se pudo haber presentado una equivocación, que llevara a un defecto, por ejemplo la mala digitación, la distracción al codificar, entre otras, en palabras de (Paz 2016) “Si no se ha identificado ese defecto y la o las aplicaciones se ejecutan, pues hay un alto riesgo de que aplicación no haga lo que debería hacer o el objeto para lo cual fue creada es decir que genere un fallo en el software”. Según (Callejas 2017) “La calidad de software es el grado en el que el sistema cumple con los requisitos específicos, necesidades y expectativas del usuario y/o cliente. Para el equipo del proyecto por tanto la calidad de software es un elemento vital, por ello es claro que, en el desarrollo, mantenimiento, acompañamiento y/o mejoramiento de la plataforma tecnológica en salud mental era necesario elaborar un plan y una matriz de pruebas y así fue, se crearon los casos de prueba para identificar las conformidades o No conformidades, y así se pudo dictaminar si los casos funcionaban adecuadamente, y así establecerlo como una conformidad; en el evento de que un caso de prueba al ejecutar el producto software no funcione de forma adecuada, se relaciona como una No conformidad.

### **Conclusiones y trabajo futuro**

En este proyecto, la comprensión de enfrentarse a un problema complejo y con la certeza por parte del equipo de investigación que a través de la aplicación del pensamiento computacional se podría obtener la solución al problema fue adecuadamente aplicado, puesto que con la planeación y la priorización de los requerimientos se realizó la descomposición del problema y se permitió que el equipo trabajará de manera coordinada, siguiera los lineamientos de la metodología ágil SCRUM, a través de un tablero de control (dashboard) se estableció las responsabilidades y siguiendo el cronograma se cumplió con los entregables. En esa línea la creación del product backlog permitió establecer las prioridades y asignación de las tareas a cada sprint. Los módulos de la plataforma tecnológica tienen sus funcionalidades establecidas, pero en conjunto son una herramienta muy potente, se resalta que el objeto virtual de aprendizaje (OVA) es un refuerzo del conocimiento de atención primaria en salud y es un elemento fundamental para

el uso y aprovechamiento de las diferentes personas del departamento del Cauca, otro resultado es el de la formación a través de un diplomado para 210 actores que son denominados agentes comunitarios y hacen parte de las 42 municipalidades del Departamento del Cauca en Colombia y son los encargados de replicar su conocimiento, también se logró construir un documento con lineamientos e información que son base para la creación de la política pública en salud mental. Como conclusión con la investigación se ha contribuido al fortalecimiento de la salud mental en Colombia impactando a 60.000 beneficiarios directos y se han realizado 33.600 acciones de atención primaria de necesidades en salud mental a través de la estrategia tecnológica, llegando a las comunidades, involucrando talento humano propio de las regiones. Por otra parte, la estructura de la base de datos implementada permitió realizar una trazabilidad de todo el proceso desde el momento en que se caracterizó la persona atendida en visita domiciliaria o tele orientación, seguido por la ficha de atención, la alerta de activación y finalmente la activación efectiva de la ruta de atención en salud mental, generando información sobre a qué categoría se clasificó el caso. El equipo de procesos de área de sistemas concluyó con claridad que la importancia del proceso de pruebas de calidad en los productos software es necesario y debe tener un adecuado seguimiento, puesto que con ello se eleva la calidad y fiabilidad dentro del ciclo de vida de un proyecto. Asimismo, al implementar un proceso de pruebas de calidad de software se genera un control y seguimiento a los defectos o faltas y a los fallos, de manera que las soluciones que se generen tengan un mayor nivel de calidad. Es necesario también plantearse como trabajo futuro, la aplicabilidad de mejora continua (Taborda 2019) en términos del software, permite desarrollo de nuevas utilidades y funcionalidades multiservicio que hagan eficiente y efectivo la aplicación de la plataforma tecnológica en salud mental, es clave que la interacción humano – computador se profundice en la investigación del diseño centrado en el usuario, generando nuevas ideas que tributen a que se obtenga una abstracción de la información real que potencialice la toma de decisiones (Paz 2018).

## Referencias

- Beron, M., Perez, N. B., Riesco, D. E., Montejano, G. A., Pereira, M. J., Nováis, P., & Henriques, P. (2020). Ingeniería de software: estrategias de desarrollo, mantenimiento y migración de sistemas en la nube. In XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/104029>
- Briggs, R. O., Kolfshoten, G. L., de Vreede, G.-J., & Dean, D. L. (2006). Defining Key Concepts for Collaboration Engineering. Proceedings of the Twelfth Americas Conference on Information Systems, 121–128. <https://aisel.aisnet.org/amcis2006/17>
- Callejas-Cuervo, M., Alarcón-Aldana, A. C., & Álvarez-Carreño, A. M. (2017). Modelos de qualidade de software, um estado da arte. *Entramado*, 13(1), 236-250. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125>
- Cloud, A. E. C. (2011). Amazon web services. Retrieved November, 9(2011), 2011.
- Collazos, C., & Mendoza, J. (2006). How to take advantage of “cooperative learning” in the classroom. *Educación y Educadores*, Volumen 9(4128), 61–76. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-12942006000200006&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-12942006000200006&script=sci_abstract&tlng=en)
- Coto, M., Collazos, C. A., & Mora-Rivera, S. (2016). Modelo Colaborativo y Ubicuo para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje a nivel Iberoamericano. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 48, 1–30. <https://doi.org/10.6018/red/48/10>
- Deemer, P., Benefield, G., Larman, C., & Vodde, B. (2009). Información básica de SCRUM. California: Scrum Training Institute.
- Díaz Argüello, V. S. Desarrollo de un protocolo para la prestación de servicios de salud en la modalidad de telemedicina ofrecidos por el departamento de psiquiatría de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81103>
- Forni, P., & Grande, P. D. (2020). Triangulación y métodos mixtos en las ciencias sociales contemporáneas. *Revista mexicana de sociología*, 82(1), 159-189. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2020.1.58064>
- Haro, E., Guarda, T., Peñaherrera, A. O. Z., & Quiña, G. N. (2019). Desarrollo backend para aplicaciones web, servicios web restful: Node.js vs spring boot. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E17), 309-321. <https://www.proquest.com/openview/a78cfaa62708fd24f38ac8d1025050eb/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Hernández Rodríguez, J. (2020). Impacto de la COVID-19 sobre la salud mental de las personas. *Medicentro Electrónica*, 24(3), 578-594. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30432020000300578](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432020000300578)
- Ho CS, Chee CY, Ho RC. Mental Health Strategies to Combat the Psychological Impact of COVID-19 Beyond Paranoia and Panic. *Ann Acad Med Singapore*. 2020;49(1):1-3.
- Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. <https://psycnet.apa.org/record/2012-08871-013>
- Khalid I, Khalid TJ, Qabajah MR, Barnard AG, Qushmaq IA. Healthcare Workers Emotions, Perceived Stressors and Coping Strategies During a MERS-CoV Outbreak. *Clin Med Res*. 2016;14(1):7-14. doi: 10.3121/cmr.2016.1303.

- Medrano, F. (2019). Diseño de sistemas de información científica y tecnológica. <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/programas/pp.11530/pp.11530.pdf>
- Moyo, B., Gonde, P., Soganile, N., Dzawo, G., & Madzima, K. (2013). Empirical evaluation of software development methodology selection consistency: A case study using Analytical Hierarchy Process. Proceedings of the Inter-national Conference on Software Engineering Research and Practice (SERP), (págs. 1-7). Athens <https://www.proquest.com/openview/3df28c8b722e916cac59dabc6be8b03d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1976341>
- Navarro, M. E., Moreno, M. P., Aranda, J., Parra, L., & Rueda, J. R. (2018). Arquitectura de software en el proceso de desarrollo ágil: una perspectiva basada en requisitos significantes para la arquitectura. In XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)..Oliveros, D. P., Vidal, M. I., & Chanchí, G. E. (2018). Identificación de problemas de accesibilidad en juegos serios. Revista Colombiana de Computación, 19(2), 24-36. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67795>
- Organización Mundial de la Salud. (2020, Marzo 26). Origin of SARS-CoV-2. WHO | World Health Organization. Retrieved Marzo 6, 2022, from [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332197/WHO-2019-nCoV-FAQ-Virus\\_origin-2020.1-eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332197/WHO-2019-nCoV-FAQ-Virus_origin-2020.1-eng.pdf)
- Paz, J. A. M. (2016). Análisis del proceso de pruebas de calidad de software. Ingeniería solidaria, 12(20), 163-176. <https://doi.org/10.16925/in.v12i20.1482>
- Paz, J. A. M., & Beltrán, J. H. C. (2018, September). Diagnóstico de pruebas de calidad en software para ambientes virtuales de aprendizaje sobre dispositivos móviles. In Memorias de Congresos UTP (pp. 144-150). <https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/5177?locale-attribute=es>
- Pérez Ibarra, S. G., Quispe, J. R., Mullicundo, F. F., & Lamas, D. A. (2021). Herramientas y tecnologías para el desarrollo web desde el FrontEnd al BackEnd. In XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120476>
- Rico-Bautista, D., Guerrero, C. D., Collazos, C. A., Maestre-Góngora, G., Hurtado-Alegría, J. A., Medina-Cárdenas, Y., & Swaminathan, J. (2021). Smart University: A vision of technology adoption. Revista Colombiana de Computación, 22(1), 44-55. <https://doi.org/10.29375/25392115.4153>
- Robledo, D. (2016). Desarrollo de aplicaciones para Android I. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Rodríguez, C., & Dorado, R. (2015). ¿Por qué implementar Scrum? Revista Ontare, 3(1), 125-144. <https://doi.org/10.21158/23823399.v3.n1.2015.1253>
- Taborda, J. P., Ospina, D. M. C., Díaz, L. E. H., & Torres, J. D. G. (2019). Análisis prospectivo de la industria de desarrollo de software en Colombia. Punto de vista, 10(16). <https://doi.org/10.15765/pdv.v11i16.1415>
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35. <https://aisel.aisnet.org/amcis2005/12>

# Explorando la Literatura Científica acerca de la Actividad de Transferencia de Conocimiento en Educación Superior

M.C. José Rafael Molina López<sup>1</sup>, M.A. Iván Téllez-López<sup>2</sup>,  
Dra. Cecilia Bañuelos<sup>3</sup> y M.C. Diana Nayeli González-Vieyra<sup>4</sup>

**Resumen**—Actualmente, se espera que las instituciones de educación superior (IES) desarrollen diversas actividades y funciones en cumplimiento de su papel como agentes de relevancia e influencia en la sociedad, de acuerdo con tres misiones institucionales fundamentales: la primera relacionada a docencia, la segunda a investigación y la tercera a innovación, emprendimiento y compromiso social, entre otras actividades de vinculación y colaboración con el entorno, como la transferencia de conocimiento (TC). Al respecto, investigadores, académicos y especialistas han realizado variadas aportaciones a manera de literatura científica; no obstante, son escasos los estudios que han tenido como finalidad explorarla. En respuesta, se ha realizado este trabajo, el cual, en líneas generales, primeramente, se orienta al estudio de la literatura de TC y educación superior mediante análisis bibliométrico, para luego, a través de revisión sistemática de documentos, identificar y examinar ejercicios de medición, estimación y valoración de las actividades de TC en IES.

**Palabras clave**—*transferencia de conocimiento, instituciones de educación superior, literatura científica, bibliometría*

## Introducción

La educación superior (ES) comprende los programas educativos terciarios posteriores a la enseñanza secundaria; tiene como finalidad que los estudiantes desarrollen conocimientos, habilidades y capacidades relacionadas a un área (o varias) de estudio en particular, formando competencias y destrezas académicas y/o profesionales, las cuales, de manera general, permitirán realizar ocupaciones laborales específicas (ONU, 2019). La ES es considerada un activo valioso, tanto a nivel individual como colectivo, por un lado, facilita a las personas desarrollarse y por otro, coadyuva al cambio económico, tecnológico y social de la sociedad (ONU, 2022). Las instituciones de educación superior (IES) como universidades, institutos tecnológicos, universidades tecnológicas, son establecimientos acreditados por autoridades correspondientes (comúnmente el Estado) encargados de impartir ES; en el caso de México, el sistema de ES está formado por varios tipos de IES de carácter público o privado, principalmente: universidades, institutos tecnológicos y escuelas de educación normal (SEP, 2015). Algunos autores, como Soto (2000), han señalado la disimilitud entre la ES general (habitualmente proporcionada por universidades) y la ES tecnológica (por institutos o universidades tecnológicas), en términos de orientación y enfatización de conocimientos; por ejemplo, este autor refiere que esta última se ha caracterizado por formar tecnólogos y operarios especializados en campos y disciplinas relacionadas a ciencia y tecnología (como la ingeniería), capacitados para el empleo de diversas técnicas, maquinarias, equipos y dispositivos; por esta razón, es posible encontrar en la literatura referencias específicas a IES tecnológicas. Según se menciona en Cárdenas (2022), la ES tecnológica surgió en respuesta al avance y progreso tecnocientífico e industrial que tuvo lugar a mediados del siglo XVII, y por ende, al reconocimiento de las actividades de ciencia, tecnología e innovación como impulsores de desarrollo, especialmente en el ámbito económico.

### *La tercera misión de las instituciones de educación superior: la transferencia de conocimiento*

De acuerdo con Sánchez & Pérez (2018), las IES desempeñan actividades, funciones y tareas encaminadas al cumplimiento de su misión institucional con respecto a su papel como agentes sociales; este autor describe tres distintas misiones ordenadas por su relevancia, concernientes a IES: primera misión, relativa a docencia; segunda, a investigación y una tercera, correspondiente a innovación, emprendimiento y compromiso social de las IES con su entorno. Por tanto, en términos amplios, es posible entender la tercera misión de las IES, como la vinculación de éstas con la sociedad, por ejemplo, contribuyendo a través de asistencia técnica o difusión de conocimientos y cultura a otros agentes sociales (Sánchez & Pérez, 2018; Calderón, 2017). Considerando las aportaciones de diversos investigadores, académicos y expertos en lo referente a la tercera misión de las IES, destacan aquellas efectuadas por M. Sheen, M. Gibbons, S. Slaughter y B. Clark en la década de 1990 (Sánchez & Pérez, 2018; García-Peñalvo, 2016). La tercera misión antes mencionada, se asocia la actividad de transferencia de conocimiento (TC): las IES deben explotar su acervo y competencia en materia de conocimientos científicos y tecnológicos, fomentando la transmisión de éstos a la

<sup>1</sup> Estudiante de doctorado. Depto. de Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad (DCTS). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav). jose.molina@cinvestav.mx

<sup>2</sup> Estudiante de doctorado. DCTS. Cinvestav. ivan.tellez@cinvestav.mx (autor corresponsal)

<sup>3</sup> Profesora e investigadora. DCTS. Cinvestav. cebanuelos@cinvestav.mx

<sup>4</sup> Profesora. Depto. de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Instituto Tecnológico de Tlalnepantla. diana.gv@tlalnepantla.tecnm.mx

sociedad, contribuyendo de esta manera al progreso y al bienestar (CRUE, 2018). Sucintamente, la TC puede ser definida como el proceso por el cual el conocimiento es trasladado desde los poseedores o receptáculos hacia los receptores o beneficiados, entonces, la TC hace referencia a la compartición de conocimiento con un determinado fin, como, la resolución de problemas; es decir, el receptor es influenciado por la experiencia del emisor en un asunto concreto (Argote & Ingram, 2000; Zapata et al., 2009). A menudo se estima que, mediante la integración de las IES con empresas y compañías en grupos de cooperación, es posible coadyuvar el desarrollo de un territorio (localidad, región, nación): las IES pueden ofrecer entrenamiento y transmisión de saberes relevantes para el sector económico, incluso impulsar las actividades emprendedoras entre sus miembros (académicos y estudiantes) (Lopes et al., 2021). La TC ha implicado para las IES adaptar las actividades y funciones realizadas por sus miembros, procurar establecer relaciones con sectores económicos e incluso, participar en asuntos de formulación de política, con la finalidad de incrementar sus resultados: por ejemplo, las IES requieren contratar personal especializado en materia de ciencia, tecnología e innovación, acceder a recursos (como financiamiento, apoyo técnico), así como obtener contratos de investigación, de licencias y patentes (Marin et al., 2020; Rubio, 2014; Armendáriz-Nuñez et al., 2022).

### *Trabajos previos*

Entre los trabajos que se han llevado a cabo y que se encuentran materializados en documentos conformando la literatura científica acerca de TC y ES, precisamente en relación con IES, se encuentran las siguientes aportaciones: Lopes et al. (2021), con base en su investigación, reafirmaron que las actividades y funciones de las IES han ido más allá de lo académico, involucrándose en TC; las IES tienen un papel relevante en la formación y fomento de cultura emprendedora entre estudiantes. Karalash & Baumöl (2019) centraron su estudio en las relaciones entre las partes interesadas (*stakeholders*) concernientes al modelo de innovación de cuádruple hélice (siendo las IES, una de ellas); entre sus hallazgos resaltan las relaciones bidireccionales entre IES y la industria, por ejemplo, mediante TC. Además, estos autores remarcan la importancia de TC como una actividad en común, tanto entre todas las relaciones, como entre todas las partes interesadas. De manera similar, Calignano & Jøsendal (2018) orientaron su trabajo para examinar los vínculos que contribuyen a aumentar las capacidades en innovación en las industrias creativas, tomando como caso de estudio, una región situada al sureste de Noruega. Resumidamente, los resultados de esta investigación sugieren que los vínculos que frecuentemente ocurren en las industrias manufactureras son distintos de aquellos que tienen lugar en las industrias creativas: en éstas últimas, la actividad de TC entre IES y empresas es bastante limitada; para estos autores, los flujos de conocimientos de las industrias creativas no se encuentran geográficamente localizados en cercanía, por el contrario, suelen extenderse a la distancia. No obstante, en lo que respecta a trabajos dirigidos a estudiar la literatura científica mencionada anteriormente, éstos se encuentran limitados en cantidad, a menudo se caracterizan por emplear herramientas y métodos bibliométricos y/o de revisión sistemática, como en el caso de Secundo et al. (2019), quienes reconociendo la escasez de estudios de esta índole, examinaron la literatura de gestión de conocimiento aplicando bibliometría y revisión sistemática en 150 documentos (relacionados con los términos *knowledge management*, *entrepreneurial university* y *stakeholder university*). De acuerdo con los hallazgos de este trabajo, la literatura ha estado compuesta por contenidos temáticos heterogéneos, sin embargo, se identificaron cuatro corrientes de investigación: 1) TC en la colaboración entre IES e industria; 2) creación de conocimiento en educación sobre emprendimiento; 3) procesos de gestión de conocimiento para *spin-offs* y 4) IES emprendedoras en apoyo al desarrollo de la base de conocimiento regional. También, en este sentido, Figueiredo & Fernandes (2020) emplearon bibliometría y revisión sistemática en 109 documentos, correspondientes a los términos universidad, cooperación, industria e innovación; con la finalidad de analizar las previas contribuciones y las tendencias emergentes en investigación. Éstas últimas resultaron ser cuatro: triple hélice, TC, determinantes de cooperación y alianzas estratégicas. Además, estos autores señalaron los pocos estudios de literatura acerca de la relación IES-industria, particularmente aquellos con enfoques sistemáticos y cuantitativos, los cuales, a diferencia de los enfoques tradicionales (también llamados narrativos) y cualitativos, reducen los sesgos normativos y cognitivos de los investigadores. Es posible hallar otras investigaciones al respecto, no obstante, éstas han sido encaminadas hacia un tema específico o relativo (en cierta medida) con TC, ES o IES. Considerando lo anterior, se reconocieron y establecieron las áreas de enfoque y aportación de este trabajo: por un lado, en respuesta a la falta de estudios que tratan la literatura científica de TC y ES de manera específica, se ha determinado explorarla mediante análisis bibliométrico; de este modo es posible identificar, caracterizar y analizar el estado y desarrollo de la actividad de investigación científica, con el objetivo de ofrecer un panorama general en la materia. Por otro lado, con el propósito de precisar los avances y contribuciones de autores, concretamente aquellos que han requerido estimar, medir y/o evaluar las actividades de TC que se efectúan en IES, se ha definido llevar a cabo una revisión sistemática de documentos (previamente localizados a través de análisis bibliométrico); lo anterior con el objetivo de examinar e identificar de qué forma y con qué finalidad los autores han abordado las actividades de TC de las IES, así también, qué indicadores u otras variables han empleado. Se estima que los resultados y hallazgos de este trabajo serán

considerados de interés y utilidad por investigadores, académicos y especialistas encauzados a campos de conocimiento relacionados con TC, IE y IES, por ejemplo, para detectar áreas de oportunidad para futuras contribuciones; sobre todo, para aquellos pocos familiarizados o experimentados, que se encuentran en una etapa inicial o temprana de estudio e investigación.

### Descripción del Método

En líneas generales, este trabajo está constituido por dos secciones: análisis bibliométrico y revisión sistemática de documentos. Para la primera sección, inicialmente se realizó una búsqueda en la base de datos (de publicaciones científicas) Scopus el día 03 de mayo de 2022 para recuperar documentos relacionados (que incluyeran en los apartados de título, *abstract* o palabras clave) con los términos TC y ES (parámetro de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ["*knowledge transfer\**" AND "*higher education\**"]). Se identificaron 592 registros, los cuales fueron publicados en el periodo de 1983-2021 y correspondían en su mayoría, al tipo de documento de artículo de revista (62%) y de conferencia (25%); estos registros documentales fueron exportados en hojas de cálculo, conformando el banco de información y de entrada para efectuar el análisis bibliométrico. Para ello, mediante las herramientas y funciones de análisis de resultados que ofrece la plataforma Scopus (por ejemplo, refinar resultados por medio de incluir/excluir elementos), así como por medio del software VOSViewer (en su versión 1.6.18) y la manipulación directa de los registros en hojas de cálculo, se establecieron las principales variables bibliométricas (número de documentos, países involucrados, fuentes de financiamiento, palabras clave referenciadas). Posteriormente, para la segunda sección, en primer lugar se requirió identificar documentos que estuvieran relacionados al estudio de la TC en IES (particularmente, con respecto a actividades de medición, estimación y/o evaluación), para esto, se llevó a cabo una segunda búsqueda de documentos similar a la efectuada anteriormente pero añadiendo términos correspondientes a dichas actividades (parámetro de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ["*knowledge transfer\**" AND "*higher education\**"] AND ["*evaluat\**" OR "*asses\**" OR "*measur\**"]), obteniendo como resultado 115 documentos. Sin embargo, debido a que existen distintos tipos de IES y que se puede hacer referencias a éstas de diversas formas (con frecuencia, se les denomina simplemente universidad de manera generalizada), se realizó una revisión sistemática de documentos (en 89, dado que 26 de los 115 identificados no se encontraron disponibles o no fue posible acceder a ellos), lo cual básicamente consiste en cribar un conjunto de documentos de acuerdo con una serie de criterios específicos de selección para después ser estudiados, en este caso fueron los siguientes: 1) que aborden actividades de TC en cualquier tipo de IES; 2) que hayan aplicado índices, indicadores u otro tipo de variables asociados a la medición, estimación o valoración de las actividades de TC; 3) que estuvieran escritos en idioma español o inglés. Consecuentemente, ocho documentos cumplieron con dichos criterios. Por último, éstos fueron recopilados, asimismo, analizados y sintetizados de acuerdo con su contenido.

### Resultados

#### *Análisis bibliométrico de la literatura científica*

En 1970 se encontró el primer registro documental en la literatura científica de TC, sin embargo, no fue hasta 1982 cuando se publica la primera aportación de TC con relación a ES; sin embargo, es partir de 1997 cuando la producción de esta última se manifestó de manera constante (de 1984-1996, se encontraron años en los cuales no hubo nuevos documentos publicados). Para 2021, la literatura de científica de TC y ES representaba poco más del 3% del total de la literatura de TC, identificándose 82 países que estuvieron participando en la producción, siendo Reino Unido, España, Alemania, Estados Unidos, Australia, Italia, Malasia, Portugal, Austria y Países bajos, aquellos con más documentos publicados (118, 54, 52, 52, 35, 27, 25, 24, 18 y 18 correspondientemente). Con respecto a los países de Latinoamérica se encontró la participación de Colombia (12 documentos), México (10), Brasil (7), Chile (2), Cuba (2) y Argentina (1). En lo concerniente a instituciones, se identificaron involucradas 66 entidades (con al menos 3 documentos publicados, considerando las afiliaciones de los autores), de las cuales *Universidade da Beira*, *Glasgow Caledonian University*, *Universitat Politècnica de Valencia*, *The Open University*, *Manchester Metropolitan University*, *Universidade de Aveiro*, Universidad Autónoma de Madrid y The University of Edinburg, registraron el mayor número de documentos publicados (9 la primera, y cinco cada una de las restantes). Asimismo, se reconoció el financiamiento de 26 fuentes distintas (en más de dos documentos) de las cuales destacan: *European Commission*, *UK Research and Innovation*, *Economic and Social Research Council*, *European Regional Fund*, *Fundação para a Ciência e a Tecnologia*, *Deutsche Forschungsgemeinschaft*, *Engineering and Physical Sciences Research Council* y *National Science Foundation*, referenciadas en 17, 11, 9, 6, 6, 4, 4 y 4 documentos correspondientemente. Con respecto a los tópicos, conceptos y términos que se han abordado en la literatura científica relacionada a TC y ES, se identificaron 98 palabras claves principales (que fueron mencionadas en cinco o más documentos, con un número de ocurrencias total de 1,963) asociadas a éstos; siendo las más frecuentemente referenciadas: *knowledge transfer* (con 274 ocurrencias), *higher education* (195), *knowledge management* (187), *student* (68), *higher education institutions* (67), *university* (67), *education* (55), *teaching* (50), *societies and institutions* (42) y *human* (41). En líneas generales,

es posible agrupar las principales palabras clave en seis secciones: 1) relacionadas a actividades y agentes del sector educativo y la academia, por ejemplo, enseñanza, aprendizaje, ES, instituciones educativas; 2) a actividades sobre conocimiento, tal como, creación, adquisición, gestión y TC; 3) a áreas tecnológicas y campos de estudio, por ejemplo, ingeniería, tecnologías de la información; computación, transferencia de tecnología; 4) al sector económico y la industria, como el caso de innovación, competitividad empresarial, emprendimiento; 5) a agentes sociales: recursos humanos, instituciones, sociedad, entre otras; y 6) a acciones de implementación práctica, como, desarrollo, diseño, planeación, organización, gestión y toma de decisiones.

### *Revisión sistemática de documentos*

A continuación, se presentan los documentos que fueron revisados sistemáticamente y que cumplieron los criterios de selección establecidos: 1. Agasisti et al. (2019): se aborda la relación entre la eficiencia de IES (la cual es definida en términos de desempeño respecto a actividades docencia, investigación y TC) y el desarrollo económico de regiones correspondientes a Italia. Entre los hallazgos resaltan dos: uno, el desempeño de las actividades de las IES tiene un efecto positivo en el desarrollo económico de los territorios donde se localizan; dos, la eficiencia de las IES debe ser medida y entendida de acuerdo con cada caso particular, debido a que, generalmente, éstas operan de manera diferenciada según su contexto. 2. Berbegal-Mirabent et al. (2013): se evalúa la eficiencia de las IES españolas para el periodo de 2006-2009, junto con análisis clúster para agruparlas de acuerdo con su desempeño; se identificó distintas orientaciones entre las IES, específicamente en lo relativo a la manera de integrar las actividades de TC a su operación (a distintos niveles). Además, se remarca la interrelación entre las IES y el entorno donde se encuentran (territorio): el grado de desarrollo tecnológico y la cultura de emprendimiento de una región, afecta la eficiencia de las IES y su involucramiento en TC. 3. De la Torre et al. (2017): se discute el efecto de los indicadores de TC en los análisis de eficiencia de las IES; mediante el estudio de 47 IES (de España), se encontró que este efecto varía de acuerdo con las características de las IES, por tanto, la eficiencia de las IES es relativa: por ejemplo, IES con robustos perfiles técnicos, resultarían con una pérdida importante en su medición de eficiencia si no se consideran los indicadores de TC. 4. De la Torre et al. (2018): se propone una tipología de las IES españolas, considerando la relación entre 38 variables correspondientes a factores institucionales y eficiencia en desempeño (incluyendo TC); se identificaron cinco tipos de IES: 1) orientadas hacia la eficiencia en las misiones tradicionales; 2) hacia la eficiencia en investigación; 3) hacia la eficiencia diversificada; 4) hacia la eficiencia en TC y 5) Regionales, hacia la eficiencia en investigación y TC. 5. García-Aracil & Palomares-Montero (2012): se identifica una serie de indicadores (relacionados a tres dimensiones: docencia, investigación y TC) para la evaluación del desempeño de IES (situadas en España) a través del método Delphi, el cual involucra la opinión y el consenso entre expertos y conocedores en la materia, con la finalidad de reconocer cuales resultan más pertinentes de implementar. 6. Iglesias & Jambrino (2015): se mide el impacto económico de las actividades de investigación y desarrollo que realizan las empresas derivadas de IES (*spin-offs*) ubicadas en España, empleado un sistema de indicadores. De acuerdo con sus hallazgos, se evidencia la relevancia e influencia de las actividades de investigación y desarrollo para las *spin-offs*: en lo que respecta a la actividad económica, estructura de costo e inversión y la capacidad de generar ganancias. 7. Ishizaka et al. (2020): se efectúa caracterización y clasificación de las IES (de Reino Unido), según el grado de comercialización de sus actividades de TC, así como, considerando las capacidades de éstas para generar valor; de acuerdo con sus resultados, se establece un *ranking* de las IES, además se sugiere la agrupación en cuatro distintos tipos de éstas: 1) ambidiestras; 2) indiferentes; 3) enfocadas y 4) amplias. 8. Murgia et al. (2013): se examina la correspondencia entre capacidad e infraestructura bibliotecaria (por ejemplo, documentos disponibles, afluencia de estudiantes, tamaño de la instalación) y el desempeño en las actividades (entre ellas TC) de las IES (en México), en términos de productividad, calidad e innovación. Considerando lo anterior, se establece además una propuesta de clasificación de las IES.

Con respecto a las variables (índices, indicadores) se identificaron alrededor de 50, las cuales se emplearon en los trabajos para estimar, medir y/o evaluar actividades relacionadas a TC que efectuaron las IES; éstas han sido categorizadas en cuatro grupos: 1) variables asociadas a la estructura y características de las IES: metros cuadrados de las instalaciones, número de programas de educación, número de estudiantes, número de graduados, existencia de incubadora, número de empresas en incubación, número de años de las oficinas de transferencia, cantidad de presupuesto asignado a las oficinas de transferencia; 2) a capacidades en investigación: número de personal docente dedicado a investigación, número de publicaciones científicas, número de citas recibidas, número de becarios de investigación; 3) a propiedad intelectual: número de patentes solicitadas y otorgadas, número de licencias otorgada, cantidad de ingresos generados por propiedad intelectual, número de acuerdos comerciales de propiedad intelectual y 4) a vinculación y colaboración: número de contratos de investigación, cantidad de ingresos por proyectos de investigación, cantidad de ingresos por actividad de formación bajo demanda, número de *spin-offs* originadas, cantidad de ingresos por contratos de consultoría, cantidad de ingresos por uso comercial de instalaciones, equipos y servicios

técnicos. Se encontró que la mayoría de las variables pertenecen al grupo 2 y que, además, aquellas correspondientes a los grupos 2, 3 y 4 fueron las que frecuentemente se emplearon en los estudios, por ejemplo, las variables de número de personal docente dedicado a investigación, número de publicaciones científicas, cantidad de ingresos por proyectos de investigación, cantidad de ingresos por actividad de formación bajo demanda, número de patentes solicitadas y otorgadas y cantidad de ingresos por contratos de consultoría aparecen en más de la mitad de los ellos.

### Comentarios Finales

#### *Discusión y conclusión*

La TC como campo de investigación y estudio ha sido desarrollada por más de 50 años, sin embargo, en lo que respecta, particularmente al enfoque sobre TC y ES, se ha encontrado relativamente reciente, es por ello, que, desde un punto de vista cuantitativo, las contribuciones que se han realizado en este aspecto han sido pocas y actualmente representan una pequeña parte de la primera. De acuerdo con la producción de literatura científica, han sido los países desarrollados quienes han manifestado un interés e involucramiento mayor en lo concerniente a TC y ES, especialmente aquellos pertinentes a la Unión Europea; esto último se encuentra reflejado también en las distintas de fuentes de financiamiento que se han otorgado para fomentar y llevar a cabo las actividades de investigación y estudio en la materia, siendo Reino Unido la nación con el mayor número de publicaciones y de recursos destinados, de la misma manera, destacando la Unión Europea como región. Tomando en cuenta la afiliación institucional de los autores, lo anterior encuentra resonancia, ya que las instituciones europeas se han hallado con el mayor número de publicaciones, lo cual pudiera señalarse e interpretarse, como especializadas en el área de TC y ES. Para América (con excepción de Estados Unidos), sobre todo América Latina, se encontró poca participación, ya sea, en producción, financiamiento o instituciones. Por otro lado, se ha observado que en la literatura sobre TC y ES se han abordado temáticas y tópicos relacionados a IES, gestión de conocimiento y recursos humanos (estudiantes, en particular), por ende, se podría denominar a éstos como la base de la actual estructura de conocimiento de la literatura. Además, se han identificado seis grupos temáticos principales sobre los cuales se ha orientado la investigación y estudio de TC y ES (pudiéndose denominar también como ramas de conocimiento): 1) relacionadas a actividades y agentes del sector educativo y la academia; 2) a actividades sobre conocimiento; 3) a áreas tecnológicas y campos de estudio; 4) al sector económico y la industria; 5) a agentes sociales y 6) a acciones de implementación práctica. Con base en lo anterior, se ha advertido que la actividad de la TC en ES no se entiende o trata exclusivamente a nivel organización, es decir, entre las IES y otras entidades como las empresas, sino, también, se discute sobre la TC a nivel individuo, por ejemplo, entre docentes y estudiantes; por tal motivo, se parecía el recurso humano como base de conocimiento de la literatura. Ahora bien, concretamente a lo referente a las actividades de TC de las IES, según las contribuciones realizadas y plasmadas en publicaciones científicas, se ha buscado estimar, medir y/o evaluar el desempeño de las IES (particularmente en términos de eficiencia), por tanto, considerando que la actividad de TC a menudo es referida como parte de las funciones y tareas que efectúan las IES en atención al cumplimiento de su tercera misión (así como la docencia como parte de la primera misión y la investigación como segunda), habitualmente se requiere el empleo de variables (especialmente cuantitativas, como indicadores e índices), las cuales fueron identificadas y asociadas a cuatro grupos: 1) variables asociadas a la estructura y características de las IES; 2) a capacidades en investigación; 3) a propiedad intelectual y 4) a vinculación y colaboración. Acerca de esto, varios autores han sugerido tener en consideración las características de las IES (estructura, orientación, capacidades), así como las particularidades del medio donde se encuentran (localidad, región), para tener una mejor estimación y valoración del desempeño (y/o eficiencia, según el caso), debido a que se ha detectado una relación entre éstas, por ejemplo: industrias con ciertas base de conocimiento son propensas a absorber y asimilar en mayor medida actividades de TC provenientes de IES, consecuentemente, el medio puede obstaculizar o facilitar que las IES presenten mayores niveles de desempeño en TC. Es por ello que, adicionalmente, las variables mencionadas se han usado para ejercicios de categorización de las IES, a manera de tipologías, con el objetivo de caracterizar la situación y el caso particular de éstas, además, desarrollar tipologías resulta útil y práctico en sistemas de ES compuestos por gran número de instituciones, simplificando la gestión y organización.

### Referencias

Agasisti, T., Barra, C. & Zotti, R. "Research, knowledge transfer, and innovation: The effect of Italian universities' efficiency on local economic development 2006–2012", *Journal of Regional Science*, Vol. 59, No. 5, 2019.

Argote, L. & Ingram, P. "Knowledge transfer: A basis for competitive advantage in firms", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 82, 2000.

Armendáriz-Núñez, E., Tarago, J. & Machin-Mastromatteo, J. "Modelo de transferencia de conocimiento para vincular instituciones de educación superior en ciencias sociales y humanidades con entidades sociales," *Revista de investigación educativa de la REDIECH*, Vol. 13, 2022.

- Berbegal-Mirabent, J., La Fuente, E. & Sole, F. "The pursuit of knowledge transfer activities: An efficiency analysis of Spanish universities", *Journal of Business Research*, Vol. 66, No. 10, 2013.
- Calderón, M. "Tercera misión de la universidad. Una revisión de la literatura sobre emprendimiento académico", *VinculaTegica*, Vol. 3, 2017.
- Calignano, G. & Jøsendal, K. "Does the nature of interactions with higher education institutions influence the innovative capabilities of creative firms? The case of a South-Western Norwegian County", *Quaestiones Geographicae*, Vol. 37, No. 4, 2018.
- Cárdenas, E. "El camino histórico de la educación tecnológica en los sistemas educativos de algunos países del mundo y su influencia en la educación tecnológica en Colombia," *Informador Técnico*, Vol. 76, 2012.
- Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE). "Transferencia de conocimiento. Nuevo modelo para su prestigio e impulso", (en línea), 2018, consultado por Internet el 09 de agosto del 2022. Dirección de internet: [https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/2018.11.28-Transferencia-del-Conocimiento-DEFINITIVO\\_completo-digital.pdf](https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/2018.11.28-Transferencia-del-Conocimiento-DEFINITIVO_completo-digital.pdf)
- De la Torre, E., Agasisti, T. & Perez-Esparrells, C. "The relevance of knowledge transfer for universities' efficiency scores: an empirical approximation on the Spanish public higher education system", *Research Evaluation*, Vol. 26, No. 3, 2017.
- De la Torre, E., Casani, F. & Sagarra, M. "Defining typologies of universities through a DEA-MDS analysis: An institutional characterization for formative evaluation", *Research Evaluation*, Vol. 27, No. 4, 2018.
- Figueiredo, N. & Fernandes, C. "Cooperation University–Industry: A systematic literature review", *International Journal of Innovation and Technology Management*, Vol. 17, No. 8, 2020.
- García-Aracil, A. & Palomares-Montero, D. "Indicadores para la evaluación de las instituciones universitarias: validación a través del método Delphi", *Revista Española de Documentación Científica*, Vol. 35, No. 1, 2012.
- García-Peñalvo, F. "La tercera misión", *Education in the Knowledge Society*, Vol. 17, 2016.
- Iglesias, P. & Jambrino, M. "R&D activity of university spin-offs: comparative analysis through the measurement of their economic impact", *International Journal Innovation and Learning*, Vol. 18, No. 1, 2015.
- Ishizaka, A., Pickernell, D., Huang, S. & Senyard, J. "Examining knowledge transfer activities in UK universities: advocating a PROMETHEE-based approach", *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, Vol. 26, No. 6, 2020.
- Karalash M. & Baumöl, U. "Stakeholder Relationships within Educational Ecosystems – a Literature Review", en *32nd BLED Econference: Humanizing technology for a sustainable society*, 2019.
- Lopes, J., Oliveira, M., Oliveira, J., Sousa, M., Santos, T. & Gomes, S. "Determinants of the Entrepreneurial Influence on Academic Entrepreneurship—Lessons Learned from Higher Education Students in Portugal", *Education Sciences*, Vol. 11, No. 12, 2021.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (ONU). "Informe sobre educación superior", (en línea), 2019, consultado por Internet el 08 de agosto del 2022. Dirección de internet: [https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit\\_informe\\_pdfs/siteal\\_educacion\\_superior\\_20190525.pdf](https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_informe_pdfs/siteal_educacion_superior_20190525.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (ONU). "What you need to know about higher education", (en línea), 2022, consultado por Internet el 05 de agosto del 2022. Dirección de internet: <https://www.unesco.org/en/education/higher-education/need-know#why-does-higher-education-matter>
- Marin, E., Proteasa, C. & Iucu, R. "Strategies being pursued by Romanian HEIs to support knowledge transfer," *Educar*, Vol. 56, No. 1, 2020.
- Murgia, L., Tarango, J. & Romo, J. "Influencia de la infraestructura bibliotecaria en el desarrollo de producción científica en universidades mexicanas inmersas en procesos de acreditación", *Revista General de Información y Documentación*, Vol. 23, No. 2, 2013.
- Rubio, T. "Recomendaciones para mejorar el modelo de transferencia de tecnología en las universidades españolas", *Conferencia de Consejeros Sociales de las Universidades Españolas*, 2014.
- Sánchez G. & Pérez, J. "La tercera misión de las universidades: innovación, emprendimiento y compromiso social," *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales*, Vol. 9, No. 17, 2018.
- Secundo, G., Ndou, V., Del Vecchio, P. & De Pascale, G. "Knowledge management in entrepreneurial universities: A structured literature review and avenue for future research agenda", *Management Decision*, Vol.57, No. 12, 2019.
- Secretaría de Educación Pública (SEP). "Instituciones de Educación Superior", (en línea), 2015, consultado por Internet el 05 de agosto de 2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/instituciones-de-educacion-superior>
- Soto, A. "Educación en tecnología. Un reto y una exigencia social", *Bogotá: Magisterio*, 2000.
- Zapata, L., Criado, J. & Rialp Criado, A. "Generation and transfer of knowledge in IT-related SMEs", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 13, No. 5, 2009.

# La Complejidad que Genera la Tortura en el Proceso de Investigación Criminal

Br. Manuel Eduardo Morales Cocom<sup>1</sup>, Dr. Luis Germán Sánchez Méndez<sup>2</sup>

**Resumen**— La información se obtiene a través de la tortura no puede considerarse como confesión o como información válida para ser usada como evidencia en el proceso de investigación criminal.

La problemática que genera la tortura durante el proceso de investigación se encuentran en conflicto con el debido proceso, esto es así, ya que la manera en la que se puede obtener la información durante la investigación se ve comprometida por la problemática principal de este tema que es la tortura, haciendo que las autoridades, a las que les compete la investigación durante un proceso, se vean con la ventaja y oportunidad de poder utilizar este medio inhumano y degradante como una oportunidad para agilizar el proceso de investigación criminal.

En este sentido, la tortura se realiza como una forma de comprobación y obtención de información ilegal, la cual se aplica habitualmente durante las primeras actuaciones del proceso de investigación, cuando los detenidos son interrogados de manera no muy amable por parte de la autoridad, lo que ocasiona que muchas veces pueda ser contraproducente, en virtud que puede ser considerado como una infracción al debido proceso y una manera en la que se perjudica y mancha la investigación, forzando a dar una declaración y/o testimonio de un hecho que no se estuvo presente, incriminando a otra persona, o haciendo que esta persona emita el dicho de algo que desconoce o no tiene certeza de lo que menciona.

Las víctimas de la tortura presentan secuelas, las que son utilizadas para demeritar el proceso. En este sentido, el propósito de esta investigación ha sido el analizar de manera documental, el impacto que genera la tortura durante el proceso de investigación.

**Palabras clave**— Tortura, Proceso de Investigación, Derechos Humanos, delito penal, debido proceso

## Introducción

La problemática principal durante el proceso de investigación es que existen formas en las que se puede identificar la tortura como un medio de eficiencia indebida para realizar la investigación, esto debido a que se puede obtener información que se considera ilegal, lo que se refleja como una violación del debido proceso.

Lo anterior, fomenta la corrupción que existe al momento de realizar este tipo de actos por las personas encargadas de la investigación. Otro de los problemas con los que nos encontramos durante el proceso de investigación además del uso la violencia física, también moral, por lo que se podría manejar de una manera sencilla a una persona que se tenga en este supuesto, haciendo que se vuelva un peón, realizando declaraciones que surgen de la mentira.

La tortura puede ser considerada como un deficiente proceso de la investigación judicial, debido a la manera en la que se utiliza, esto es la obtención de información o forzar a dar una declaración sobre algún tema que se esté investigando, dada la propia naturaleza de la tortura, esta se obtiene de manera cruel, inhumana y degradante, haciendo que las personas a las que se les practica esta clase de acciones se ofrezcan a cumplir lo que la persona que está torturando quiera.

Básicamente, se busca forzar a cumplir actos que la autoridad quiera, la problemática que se encuentra en esto es que la investigación es intervenida de manera poco ética, y si se puede comprar que esta fue obtenida por medio de tortura, se podría negar todo este tipo de información, como menciona la teoría del fruto del árbol envenenado, cualquier información contaminada con la ilegalidad de la tortura, se verá cancelada por el simple hecho de ser obtenido por medio de la tortura.

Uno de los problemas de realizar tortura durante la investigación, es que se trata de algo que es muy complicado de investigar, debido a que las alteraciones en el cuerpo que dejan normalmente son de recuperación rápida, haciendo imposible que se pueda imputar un cargo que, por el simple hecho de poder recuperarse rápido, se puede catalogar como lesiones leves, las cuales solo llevan a una impunidad que se ve reflejada en los pocos casos de autoridades procesadas por el delito de tortura.

Otro de los problemas que consideramos que son causa de los principales casos de la impunidad en este país, es que las personas las cuales están a cargo de realizar la investigación, son las mismas que realizaron la tortura, es algo nefasto que ocurra esto, debido a que existen maneras en las que pueden ocultar información, o simplemente el hecho de hacer omisión de los datos reales de la persona, de igual manera el médico legista es el encargado de dar un dictamen, este muchas veces se encuentra alterado, y no contiene la veracidad de los actos y la forma en la que se encuentra la persona que está solicitando este tipo de exámenes.

## Descripción del método

En la presente investigación se ha determinado, a través de un análisis documental, en el cual se fundamentará con un enfoque cualitativo, en el que se busca poder representar y plasmar la problemática que existe en la ciudad de Chetumal Quintana Roo.

Teniendo en cuenta todo esto antes mencionado, esta investigación se encuentra limitada debido a la consecuencia de la aplicación de este tipo de maltratos, no obstante al momento de indagar sobre la problemática central del tema, podemos encontrar que muchas personas han sido víctimas de este tipo de acciones por parte de las autoridades que están en primera línea con ellos,

<sup>1</sup> Estudiante de la Licenciatura en Derecho de la Universidad Vizcaya de las Américas, campus Chetumal, Quintana Roo, México [manueleduardomoralescocom@gmail.com](mailto:manueleduardomoralescocom@gmail.com)

<sup>2</sup> El Dr. Luis Germán Sánchez Méndez es Profesor Investigador de la Licenciatura en Seguridad Pública de la Universidad de Quintana Roo, México [luis.sanchez@uqroo.edu.mx](mailto:luis.sanchez@uqroo.edu.mx)

y que a su vez, estas mismas son partícipes en la realización y no solo en eso, sino también en la omisión de la aplicación de los tratados internacionales, los cuales buscan salvaguardar la integridad de todas las personas de esta nación.

La omisión y no aplicación de los tratados internacionales, ha sido parte fundamental de este tipo de delitos, debido a que cuando se realizan, existe un alto margen de impunidad con la cual las autoridades responsables, se sienten protegidas.

Las víctimas por su parte, desconocen este tipo de delitos, y omiten decirlo, por las repercusiones que creen que puede tener en ellos en su proceso y en la manera que los tratan en los separos, la tortura como tal es una problemática muy compleja, y las autoridades se creen ver en la necesidad de aplicarla, debido a la agilización de los procesos, los cuales en ocasiones son muy tardados y laboriosos.

Como podemos encontrar con el artículo científico escrito por León, (2019) como indicador de un deficiente proceso de investigación judicial, en el cual se menciona como este tipo de actos se ven compaginados con la manera en la que se investiga en México, no dejando un estado único como el mayor expositor de este, sino que en todos los estados de la nación ocurren cosas como esta que se ven manchadas por una sociedad que no realiza ninguna acción para poder erradicar de la raíz estas problemáticas que se pueden considerar de alto riesgo.

## Desarrollo

Apreciación de la tortura.

La tortura es una problemática en México que ha crecido, debido a que esto ocurre durante el proceso en el que se detiene a una persona y en donde se le vincula a proceso toda vez que en el tiempo en el que se transcurre esto, los encargados de realizar este tipo de investigaciones optan por maneras rápidas y que consideran más precisas para poder investigar correctamente el delito que se le esté imputando a la persona.

A lo largo del tiempo se tiene en cuenta que muchas veces las personas a las que se les detiene por la imputación de un delito de una gravedad "Alta" se le practicará la tortura, esto debido a la prisa que muchas veces existe para la vinculación procesal del imputado, toda vez que se necesita poder obtener la información de una manera rápida debido al debido proceso y los tiempos que este menciona para la imputación de cargos.

México es considerado como un país en el que se realiza la tortura, como ejemplo podemos hacer una mención breve del caso Cassez-Vallarta, en el que se menciona que estos fueron incriminados y en sus declaraciones, mencionan que fueron víctimas de tortura, cosa que las personas en México hacemos caso omiso, debido a que se incrimina a estas personas por el delito de secuestro.

Velazco D. (2016) sostiene que "este crimen de lesa humanidad, repetido tanto por las fuerzas de seguridad pública como por el Ejército, la Armada y el crimen organizado, se ha normalizado en su práctica, llevando a la ciudadanía a verlo como un mal necesario. Obtenga información que pueda proteger a los ciudadanos del crimen, aplastar a los criminales violentos y castigar a los perpetradores de ciertos delitos como la violación y el secuestro". (p.279)

Se dice que:

El análisis de los temas de tortura y otros tratos crueles se complica por muchos factores que confluyen cuando ocurren, además de las violaciones colectivas a los derechos humanos, entre otros, la dignidad, la seguridad, la integridad física y el derecho a la vida, juicio justo". Por otro lado, como se señala en el informe "De la crueldad al cinismo: un informe sobre la tortura en Chiapas" elaborado por el CDH Fray Bartolomé de las Casas, "la tortura es una práctica común, especialmente en ciertos sectores, a través de ella, la sociedad en su conjunto, es plenamente consciente. Conozca estos actos, dónde se practican y las personas que los realizan. Sin embargo, esto no es reprochable, ya que podría interpretarse como un respaldo implícito de la sociedad, las fuerzas del orden, la administración judicial, el sistema penitenciario e incluso las administraciones estatales". (Velazco, 2016, p.288)

Cómo se realiza la tortura.

La tortura se puede realizar de diferentes manera, las más comunes son golpes, cachetadas, toques eléctricos, esto es de manera física, porque también se puede realizar de manera psicológica, haciendo que las personas a las que se les practica este tipo de actos crueles e inhumanos, realicen lo que la persona que está torturando les solicite, en muchas ocasiones puede ser dar información, en otras realizar una declaración aun que esta sea una mentira, debido a la presión que ya le ejercieron a la persona a la que se le practica la tortura, sede a complacer lo que el torturador le solicite.

Hernández (2004), afirma que "Sin embargo, los métodos más comunes utilizados son las palizas, los vendajes, el vertido de agua o gaseosa en la nariz y la boca, las descargas eléctricas, la asfixia con bolsas de plástico, el atado, atado o esposado de las orejas, los golpes, la detención forzosa y la inmersión en mar, río, u otra agua, método utilizado en 3 de las 7 muertes documentadas.". (p.37)

A continuación, se presenta una entrevista para el sustento de los métodos mediante los que se realiza la tortura, hecha por la revista Perseo (2014):

Te acostaban, tirado, te golpeaban y después te agarraban y entre tres, uno te echaba el tehuacanazo en las narices, te ponían un trapo y te echaban el tehuacanazo." Juan Gerardo Sánchez describe cómo le introdujeron agua con gas en la nariz, método de tortura conocido como el "tehuacanazo". Entrevista con Amnistía Internacional, febrero de 2014".

"Los métodos más comunes de tortura y otros malos tratos en México documentados por Amnistía Internacional son:

- Golpes con puños, botas, culatas de fusiles, palos, etc.;
- Introducir agua carbonatada o polvo por la nariz del detenido.
- amenazas de muerte;
- Descarga eléctrica en partes del cuerpo como los dedos de los pies o los testículos.
- Amenazas de simulacros de ejecución y desapariciones forzadas.

- Semi-atragantamiento y simulacro de ahogamiento con bolsas de plástico o trapos mojados.
- Postura tensa.
- Violación u otra violencia sexual.
- Amenazas a familiares de detenidos”.

Quien realiza la tortura.

la tortura es una acción que normalmente se realiza al inicio de una investigación, y esto ocurre por parte de la primer autoridad con la que tenga contacto la persona a la que se le está realizando la investigación, debido a esto, se sabe con exactitud, que los principales cuerpos de milicia que reciben el primer contacto con las personas detenidas, con normalidad son ministerios públicos estatales y federales, fuerzas armadas, policías municipales, estatales y federales, esta es la principal problemática de que ocurran este tipo de problemas.

En el libro escrito por Méndez y Hernández (2015), mencionan que “para el dos mil quince, el investigador de la CNDH ya contaba con el conocimiento de varios casos de personas privadas de su libertad, con documentación, en la cual se mostraba que se había realizado de manera frecuente la tortura, esto ocurrió no solo en una ciudad en específico, si no en el resto del país, dejando como principales agentes de la realización de la tortura”, a los que he mencionado con anterioridad.

Méndez y Hernández (2015) afirman que “La tortura y los malos tratos son rampantes en México. La Relatora Especial ha recibido numerosas denuncias fidedignas de víctimas, familiares, sus representantes y personas privadas de libertad, en las que se describe el uso generalizado de la tortura y los malos tratos por parte de las autoridades locales y estatales en diferentes partes del país.”. (p.26)

El párrafo siguiente fue obtenido de la revista científica Perseo (2014) en el cual se menciona cual es la finalidad de la tortura, el por qué se realiza y quien la realiza.

La tortura y los malos tratos se utilizan para una variedad de propósitos, que incluyen obtener confesiones y declaraciones acusatorias, obtener información, extorsionar dinero, incitar al miedo, la humillación y el castigo. En los últimos años, bandas criminales armadas y organizadas y cárteles de la droga han existido en algunas partes del país y, a menudo, trabajan con las autoridades para presentar desafíos específicos. A menudo ha ignorado o tolerado el uso de la tortura y otros malos tratos, creyendo que era necesario para detener a los presuntos delincuentes y calmar a la opinión pública.

Impunidad.

La impunidad es una constante en México, debido a que existen muchas formas en las que la autoridad pueda evadir la responsabilidad penal de la acción cometida, se debe tener en consideración que el poder probar la realización de un acto de esta índole como lo es la tortura, fomenta a que haya un claro incumplimiento de las sanciones que deberían tener las autoridades responsables, esto ha valido para que se sigan practicando estos tratos crueles e inhumanos al inicio de la investigación.

Lo complicado de realizar investigaciones sobre la tortura es que la misma autoridad que se encarga de cometer estos actos atroces, es la misma que se encarga de investigarlo, debido a esto, pueden ocurrir varios supuestos, por ejemplo, la omisión de información que sea de índole incriminatoria, haciendo que se excluya a la persona a la que se le quiere imputar el cargo, y llenando de impotencia a la persona a la que se practica la tortura, viendo la impunidad que tiene la autoridad que se encarga de realizar este tipo de prácticas.

Vázquez (2021), afirma que:

El violador de derechos humanos puede tener la certeza de que su acción ilegal se mantendrá impune por diferentes razones: porque el Estado no tenga la capacidad ni los elementos técnicos para investigar, a lo que denomino impunidad por incapacidad, porque los servidores públicos que son los operadores del sistema de justicia han normalizado ciertas pautas al interior de las instituciones que son proclives a la impunidad, lo que se desarrolla como impunidad por normalización o por cultura organizacional, o porque la persona violadora de derechos humanos pertenece a una red de macro criminalidad que controla el sistema de justicia, lo trabajo como impunidad por redes de macro criminalidad, o simplemente porque el Poder Ejecutivo (ya sea el presidente o el gobernador) controlan a los órganos que debieran ser autónomos para investigar la violación a derechos humanos, y determina que si se investiga y se sanciona a los culpables se puede generar inestabilidad política, por lo que prefiere no hacerlo. (p.9)

Para Perseo (2014) es importante la siguiente argumentación “Entre 2010 y finales de 2013, la CNDH recibió 7.164 denuncias de tortura y otros malos tratos. Según Amnistía Internacional, nadie fue condenado por tortura.

De hecho, muy pocas denuncias presentadas ante la Comisión de Derechos Humanos dan lugar a procesos penales, y mucho menos a condenas por tortura. Según datos del Consejo de la Judicatura Federal de enero de 2014, los tribunales federales manejaron 123 casos penales por tortura entre 2005 y 2013. Siete resultaron en condenas bajo la ley federal. A

partir de 2013, solo se registraron cinco condenas por tortura a nivel estatal, según el Instituto Nacional de Estadística.”. Realidad de la tortura en México.

El territorio mexicano es bastante amplio y debido a esto, contamos con la gran ayuda y el mejoramiento constante de las formas en las que se aplica el derecho sobre la tortura, que esta viene siendo un declive de la forma en la que se debe llevar a cabo la investigación a nivel federal, nuestro país forma parte de varios tratados internacionales los cuales se puede considerar que están en el mismo nivel de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, esto viene generando una pregunta que es muy frecuente a lo largo de esta investigación la cual es ¿realmente puede ser sancionada la tortura, en un país donde la impunidad es lo que se vive a diario?

En nuestro país los tratados internacionales mencionan cuales son las formas en las que se deben cuidar de nuestros derechos humanos, esto es lo que nos garantiza a nosotros los mexicanos el no ser torturados en caso de que alguna situación se vea comprometedor al momento de una investigación, cosa es sabemos es completamente falsa.

Los supuestos en los que nos protege el bien jurídicos son cuando la tortura es infringida por un servidor público, y también podemos mencionar otro supuesto como el simple hecho de hacer omisión, cuando este la propone o de la información que se tenía al momento de saber que se están realizando actos como estos.

Todo esto se basa en la hipótesis de que la autoridad que realiza la detención de la persona, no este incumpliendo ninguna norma previamente establecida en los organismos internacionales y reguladores de temas como este, en el que se entabla la problemática del incumplimiento e impunidad debido a la falta de sanción que se tiene al momento de cometer esta clase de actos atroces e inhumanos que únicamente ponen a México como un país corrupto, que ayuda a la autoridad a cometer actos delictivos, y que sobre todo, no es seguro ni para sus propios habitantes.

La importancia de la erradicación de la tortura.

Cano (2021), menciona en la revista IDEELE que “Poner fin a todas las formas de tortura y malos tratos es de suma importancia. El monitoreo constante en los centros de detención, como el que realiza el Mecanismo para la Prevención de la Tortura (MNPT) de la Defensoría del Pueblo, es fundamental, pero también lo es la debida diligencia. Investigue estas prácticas, teniendo en cuenta que las víctimas muchas veces no denuncian los hechos por temor, especialmente cuando se encuentran bajo la custodia de sus perpetradores.”

De igual manera Cano (2021), indica que Las consecuencias de la tortura son devastadoras y afectan no solo a la salud física sino también a la salud mental. Muchos de los que condenaron la tortura no pudieron desarrollar plenamente su vida y tenían una relación más insegura con su entorno, algunos de manera hostil. La vida familiar a menudo se ve afectada por los recuerdos, lo que requiere que se culpe a otros por su sufrimiento silencioso. Los Estados deben contar con políticas para remediar la salud mental y física de las personas lesionadas por esta práctica, pero velar por que dichas políticas no provoquen que se generen situaciones de estigma que solo exacerben su sufrimiento.

Como podemos leer en el párrafo anterior, la tortura deja muchos problemas secundarios y permanentes a las personas a las que se le realiza este tipo de actos, algunos pueden ser simples y algunos complejos, haciendo en muchas ocasiones que las personas que sobreviven a este tipo de actos, en la gran mayoría terminen con secuelas las cuales pueden ser algún trastorno psicológico, o alguna secuela en alguna extremidad del cuerpo, esto segundo es muy poco probable, debido a que las personas que practican este tipo de tratos crueles y degradantes, únicamente buscan poder intimidar a los torturados.

En casi de las ocasiones, las víctimas de la tortura son delincuentes que no cuentan con el conocimiento suficiente como para poder realizar la denuncia correspondiente, y cuando es así, se puede tomar la disyuntiva de si en realidad se realizaron los actos que menciona, por esto y muchas cosas más, son porque de las ocasiones, en casi todas no existe la reclamación del daño sobre la tortura, debido a que toman en duda los comentarios hechos por la persona que torturaron.

### Comentarios finales

El presente análisis demuestra que existen serias deficiencias en el proceso de la investigación a la hora de poder entrevistar a las personas que encuadran en este supuesto de la tortura.

La Revista científica Perseo (2014) menciona cuales son las formas más comunes en las que se puede realizar la tortura.

Uno de los factores que influyen comúnmente en la aplicación de la tortura en México es la impunidad que existe, debido a esto, las autoridades consideran que cuentan con un escudo que los ayuda a cometer este delito, que muchas veces si no es que en la mayoría de las ocasiones queda impune, este acto que es considerado un crimen.

Ante lo anterior, el discurso obtenido en el proceso aplicado refleja que la tortura es una violación en la totalidad de los derechos humanos de los procesados, detenidos o cualquiera que fuere la persona a la que se le realiza este tipo de actos que son considerados crueles e inhumanos, dejando en clara evidencia la frecuencia en la que se sigue realizando la tortura.

Lo anterior, describe cuales son los métodos y el por qué se realiza la tortura, dejando en claro que muchas veces es por poder agilizar el proceso, y haciendo que se pueda obtener información que ayuda poder realizar una investigación más rápida.

Sin lugar a duda, la tortura es una práctica que seguirá existiendo, no obstante, considero que es difícil la erradicación de esta, debido a que esta se encuentra plasmada de una manera tan común, que no es necesario ni siquiera comentar que se realizará la entrevista por medio de la tortura.

Recordemos que este tipo de prácticas se encuentra penado por tratados internacionales, y que no debe ser practicada, debido a que puede anular en su totalidad la investigación hecha, arruinando un caso, por el simple hecho de no realizar el proceso de investigación de manera correcta, como se menciona en la teoría del fruto del árbol envenenado, anulando información que se obtuvo por otra que estaba contaminada por este tipo de delito.

### Conclusiones

- Los actores de la tortura son los encargados de investigar quien comete este tipo de delito, entorpeciendo la recopilación de información.
- La tortura en México cuenta con un escudo muy grande, la impunidad.
- La impunidad en México hace que los servidores públicos aun que sepan u ordenen actos como la tortura, no tengan una investigación rápida y clara, como cualquier otro ciudadano.
- La normalización de la tortura hace una sociedad tolerante ante actos como este, volviendo cotidiano el delito.
- No sancionar de manera correcta estas acciones lleva muchas veces a la práctica de la tortura.
- La tortura puede dejar desde trastornos graves, hasta la perdida de la vida.
- Las maneras más comunes de torturas son por golpes o amenazas.

## Referencias

- León, J. (2019) Tortura en México como indicador de un deficiente proceso de investigación judicial, Revista jurídica UNAM. (23/08/2022)
- García, Rafael. (2012), La convención contra la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes (fascículo 7), México, DF. CNDH.
- Amezcu, O. Ansolabehere, K. Balderrama, C., (2012) Reforma al Sistema de Justicia Penal Mexicano Prevención y Sanción de la Tortura, México D.F. USAID
- Asamblea general de la organización de las naciones unidas (1975), Declaración sobre la protección de todas las personas contra la tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes.
- Magaloni, B. Magaloni, A. Razu, Z. (2018) La tortura como método de investigación criminal. El impacto de la guerra contra las drogas en México. Scielo, doi: 1665-2037
- Aguilera, H. Rina. (2013) Identidad y diferenciación entre método y metodología. (26/05/2022)
- CNDH, (2015) La Tortura en México: Una Mirada desde los Organismos del Sistema de Naciones Unidas, México D.F., CNDH (24/05/2022)
- Hernández, R. Lugo, M. (2004) Algunas Notas Sobre la Tortura en México, OFFSET UNIVERSAL, S.A.
- Vázquez L. (2021) impunidad y derechos humanos ¿por dónde comenzar la estrategia anti-impunidad?, Ciudad de México, ISBN
- PERSEO (2014) La tortura en México: generalizada y persistente, recuperado en <http://www.pudh.unam.mx/perseo/la-tortura-en-mexico-generalizada-y-persistente/>
- Velazco D. (2016) La Practica de la Tortura y su Normalización en México. Ciudad de México, ISSN. Recuperado de <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/5638/La%20pra%cc%81ctica%20de%20la%20tortura%20y%20su%20normalizacio%cc%81n%20en%20Me%cc%81xico.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Seminario los Instrumentos Nacionales e Internacionales para Prevenir, Investigar y Sancionar la Tortura (2004: Memorias del Seminario los Instrumentos Nacionales e Internacionales para Prevenir, Investigar y Sancionar la Tortura México: Programa de Cooperación sobre Derechos Humanos México Comisión Europea: Secretaría de Relaciones Exteriores, 2005
- Cano G. (2021) La tortura, una vieja y detestable “herramienta” de investigación. Revista IDEELE. (25/08/2022) recuperado de <https://www.revistaideele.com/2021/11/01/la-tortura-una-vieja-y-detestable-herramienta-de-investigacion/>

## Notas Biográficas

**Manuel Eduardo Morales Cocom** es egresado de la Licenciatura en Derecho de la Universidad Vizcaya de las Américas, campus Chetumal, Quintana Roo.

El **Dr. Luis Germán Sánchez Méndez** es Profesor Investigador de la Licenciatura en Seguridad Pública de la Universidad de Quintana Roo, es Licenciado en Derecho, Maestro en Ciencias de la Educación y Doctor en Desarrollo Humano. Ha publicado libros y artículos que relacionados con la seguridad pública vista desde la percepción social y sobre paradigmas que eficientan la labor policial.

## Efecto de la Adición de Diversas Fuentes de Nitrógeno Orgánico en el Proceso de Fermentación Alcohólica de Melaza de Caña de Azúcar

Dr. Omar David Muñoz Muñoz<sup>1</sup>, Dra. María Gabriela Alcántara López<sup>2\*</sup>, Q.F.B. Angel Eduardo Andrade Seseña<sup>3</sup>,  
Dra. Yolanda Cocotle Ronzón<sup>4</sup>, Dra. Nieves del Socorro Martínez Cruz<sup>5</sup>.

**Resumen**—El jugo de caña de azúcar es una de las materias primas más utilizadas en la producción de azúcar y etanol; la evaporación casi total del jugo por cocción conduce a la melaza, un producto altamente denso que puede ser también empleado en procesos de fermentación usando *Saccharomyces cerevisiae*, una levadura muy empleada por su tolerancia a altas concentraciones de etanol y su capacidad para utilizar elevadas concentraciones de azúcares. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de diversos compuestos orgánicos conteniendo nitrógeno (*L*-Asparagina, guanidina y dicianidamida) en el proceso de fermentación de melaza con *Saccharomyces cerevisiae*. Los resultados obtenidos demuestran que, de los tres aditivos seleccionados, el uso de *L*-Asparagina fue el mejor, ya que aceleró la producción de etanol en las primeras 12 h en un 34 % con respecto a la fermentación control. Estos resultados abren la puerta para explorar mejoras en la producción de etanol, a través de la órgano-biocatálisis, una combinación de moléculas orgánicas en combinación con microorganismos como las levaduras.

**Palabras clave**—Fermentación, aditivos nitrogenados, *Saccharomyces cerevisiae*, órgano-biocatálisis.

### Introducción

La producción de etanol, por medio de la fermentación, ha aumentado el interés por desarrollar nuevas estrategias en el uso de fuentes amiláceas que funcionen como materias primas para la producción de este tipo de alcohol (Bai, *et al.*, 2008); por tal motivo, se han utilizado recursos como el maíz y la caña de azúcar, entre diversas materias primas abundantes en carbohidratos, que puedan ser transformadas en azúcares fermentables y posteriormente en etanol (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018). Entre las opciones más comunes para la generación de etanol por fermentación, a través de materias primas ricas en carbohidratos como almidón y celulosa, se encuentran las frutas, vegetales, caña de azúcar, remolacha, cereales (trigos, maíz y sorgo), tubérculos (papa y yuca) y materias derivadas de lignocelulosas (Vázquez y Acosta, 2007).

En este sentido, se han desarrollado distintos modelos matemáticos y experimentales que analizan el proceso de la fermentación y el efecto de variables semejantes a las condiciones ambientales en las que se lleva a cabo este proceso, como temperatura, pH y la disponibilidad de nutrientes o fuentes de carbono en el proceso de biotransformación del etanol (Blanco *et al.*, 2006; Blanco *et al.*, 2012; Aguilar-Rivera, 2013;). También se sabe que el nitrógeno es uno de los elementos indispensables en la nutrición celular, por lo que la disponibilidad de este nutriente en este proceso estimula la síntesis proteica y de ácidos nucleicos, repercutiendo en el crecimiento celular, lo cual favorece una tasa de velocidad mayor en el proceso fermentativo (Henschke y Jiranek, 1993).

Con base en lo anterior, el presente trabajo tuvo como finalidad explorar el efecto que tiene la adición de diversas fuentes de nitrógeno presentes en moléculas orgánicas pequeñas (*L*-Asparagina, Guanidina y dicianidamida) en el proceso de fermentación de melaza con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

<sup>1</sup> Dr. Omar David Muñoz Muñoz. Laboratorio de Química Biológica (LQB)-Instituto de Química Aplicada (IQA), [omunoz@uv.mx](mailto:omunoz@uv.mx)

<sup>2\*</sup> Dra. María Gabriela Alcántara López. Laboratorio de Farmacología Experimental (LABFEX)-Facultad de Química Farmacéutica Biológica. Autor correspondiente: [gaalcantara@uv.mx](mailto:gaalcantara@uv.mx)

<sup>3</sup> Q.F.B. Angel Eduardo Andrade Seseña. Laboratorio de Farmacología Experimental (LABFEX)-Facultad de Química Farmacéutica Biológica, [angel.neasa@gmail.com](mailto:angel.neasa@gmail.com)

<sup>4</sup> Dra. Yolanda Cocotle Ronzón. Laboratorio de Farmacología Experimental (LABFEX)-Facultad de Química Farmacéutica Biológica, [ycocotle@uv.mx](mailto:ycocotle@uv.mx)

<sup>5</sup> Dra. Nieves del Socorro Martínez Cruz. Laboratorio de Farmacología Experimental (LABFEX)-Facultad de Química Farmacéutica Biológica, [nimartinez@uv.mx](mailto:nimartinez@uv.mx)

Universidad Veracruzana, Xalapa-Equez. Veracruz. México.

## Descripción del Método

### *Melaza de caña de azúcar y levadura*

La materia prima fue proporcionada por el “Ingenio Azucarero Modelo S.A. de C.V.”, ubicado en la localidad de Cardel, Veracruz, proveniente de la zafra del año 2021. En el caso de la levadura se utilizó en base seca de origen comercial *Saccharomyces cerevisiae* de la marca SAFMEX S.A. de C.V.

### *Aditivos químicos (Compuestos nitrogenados)*

*L*-Asparagina, guanidina y dicianidamida fueron de la marca Sigma Aldrich en grado reactivo.

### *Determinación de sólidos disueltos en melaza (°Brix)*

Se tomó una alícuota de la melaza y se colocó una gota en el refractómetro digital (Sper Scientific-300034) para obtener la lectura correspondiente. La determinación se realizó por triplicado.

### *Preparación de la solución de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS)*

Se utilizaron 3.2 g de hidróxido de sodio, 60 g de tartrato de sodio y potasio y 2 g de DNS. El hidróxido de sodio fue disuelto en 80 mL de agua destilada para después agregar el tartrato de sodio y potasio; una vez disuelto este último, se llevó a un volumen de 160 mL. Posteriormente y de manera lenta, se adicionó el DNS, asegurándose de evitar la formación de precipitados. Una vez finalizada la adición y obtenida una solución homogénea, se aforó a 200 mL con agua destilada. Se dejó reposar por 24 h para estabilizar la solución (González-Flores, 2017).

### *Preparación de una curva patrón de glucosa*

Se preparó una solución patrón de glucosa a una concentración de 2 g/L y a partir de ella, se realizaron distintas diluciones en concentraciones de 0.2, 0.4, 0.8, 1, 1.4, 1.8 y 2 g/L. A cada dilución se le agregó 1 mL de la solución de DNS. La mezcla fue llevada a baño maría en ebullición por 5 min. Una vez transcurrido este tiempo, se pasó a un recipiente con agua fría durante 2 min; después se adicionaron 10 mL de agua destilada a cada una de las muestras y se homogeneizaron, para luego, dejar reposar por 10 min. Por último, se realizó la lectura de las muestras en un espectrofotómetro (VELAB-5001) a una longitud de onda de 540 nm (Bello-Gil *et al.*, 2006).

### *Determinación de azúcares reductores*

Para esta determinación se preparó una solución patrón de melaza con 10 g en 100 mL de agua, dando una concentración de 0.1 g/mL, para después realizar diluciones a concentraciones de 0.002 y 0.005 g/mL. A un 1 mL de cada una de las diluciones, se le hizo reaccionar con 1 mL de DNS, siguiendo el mismo procedimiento descrito para la preparación de la curva patrón de glucosa. Esta determinación se realizó basada a lo reportado por González-Flores (2017), con algunas modificaciones que consistieron en enfriar las muestras con agua fría durante 2 min para detener de manera efectiva la reacción y con un tiempo de reposo de 5 min para estabilizar la muestra.

### *Procedimiento general para la fermentación*

Se emplearon 12.5 g de melaza, a la cual, se le adicionaron 125 mL de agua purificada (sol. 10 % m/v) y se llevó a un pH de 4 por la adición de 1 a 1.2 mL de ácido clorhídrico al 50 % (v/v). Una vez logrado este pH, se protegió de la luz y se llevó a 35 °C; una vez estabilizada la muestra a esta temperatura, se añadieron 125 mg de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Finalmente, a cada preparación se le colocó un tapón acoplado a una trampa de salida de gases y se dejó fermentar por tiempos de 6, 12, 18 y 24 h. Cada fermentación se realizó por triplicado (Blanco *et al.*, 2012).

### *Preparación de fermentación enriquecidas con nitrógeno*

Para estos ensayos se siguió el procedimiento general para la fermentación agregando al final 1 % (m/m) de las fuentes de nitrógeno seleccionadas (*L*-Asparagina, Guanidina y dicianidamida) de manera individual y disolviendo hasta que se incorporó de manera homogénea.

### *Determinación de azúcares reductores remanentes en el proceso de fermentación*

Una vez transcurrido el tiempo establecido en cada proceso fermentativo (6, 12, 18 y 24 h), se tomó una muestra directamente del matraz reactor (10 mL) y se centrifugó a 3500 RPM por 15 min; concluido este tiempo, se tomó una alícuota de 0.5 mL y se llevó a un volumen de 10 mL para obtener una concentración de 0.005 g/mL. Se mezcló 1 mL de la muestra y 1 mL de DNS. Posteriormente, se colocó en baño maría en ebullición durante 5 min. Concluido el tiempo, se colocaron los tubos en agua fría por 2 min. Después, se añadió a cada muestra, 10 mL de agua

destilada y se dejó reposar durante 10 min. Finalmente, se homogeneizó y se realizó la lectura de las muestras en un espectrofotómetro a 540 nm de longitud de onda. El resultado obtenido permitió establecer, a través de la curva de calibración de glucosa realizada, el contenido de azúcares reductores remanentes en el reactor de fermentación a cada tiempo muestral.

#### *Determinación de la concentración de etanol en la fermentación con diferentes aditivos*

De cada proceso de fermentación realizado por triplicado, se tomaron 125 mL de la mezcla fermentativa, se filtró y desgasificó. Posteriormente, se colocaron en un sistema de destilación acoplada a un recipiente colector, el cual, fue colocado sobre un baño de agua fría para evitar la volatilización del etanol. Se destiló hasta obtener una muestra de 55 mL; esta se agregó a una probeta y se enfrió a 15 °C. Con el alcoholímetro Gay-Lussac se determinó los grados de alcohol y se realizó su conversión a concentración de alcohol (g/L) (Cornejo-Arteaga *et al.*, 2019).

#### *Análisis estadístico*

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA de dos vías para muestras independientes, empleando como *post hoc*, la prueba de *Student-Newman-Keuls* cuando la significancia estadística alcanzó un valor de  $p \leq 0.05$ . En la determinación de azúcares reductores remanentes del proceso fermentativo con diferentes aditivos, los datos resultantes fueron categorizados y analizados mediante un ANOVA de dos vías para muestras independientes (Conover-Imán, 1981). Los programas utilizados fueron SigmaPlot v.12. 0 y Statistica v. 7.0.

### **Resultados**

La primera parte del presente trabajo consistió en la caracterización de la melaza, la cual se llevó a cabo mediante la determinación de sólidos disueltos; el análisis por triplicado dio como resultado 82.3 % (°Brix) de sólidos disueltos en la melaza de caña de azúcar. El siguiente paso fue establecer el contenido de azúcares reductores presentes en la melaza, para lo cual se llevó a cabo su valoración encontrándose que por cada 0.1 g/mL de melaza, hay  $49.5 \pm 2.92$  % de azúcares reductores, lo que equivale a 0.049 g/mL.

La etapa siguiente se basó en evaluar el proceso fermentativo de la melaza con *Saccharomyces cerevisiae* en ausencia o presencia de aditivos nitrogenados. La primera variable evaluada fue la producción de etanol en el proceso. Este análisis se efectuó monitoreando a las 6, 12, 18 y 24 h. El ANOVA de dos vías para grupos independientes mostró diferencias estadísticas en el factor tiempo [ $F_{(3, 32)} = 107339.021$ ,  $p < 0.001$ ]. La prueba *post-hoc* indicó que, de las 6 a las 12 h se incrementó estadísticamente la concentración de etanol (78.8%) de 8.5 a 15.2 g/L; de las 12 a las 18 h hubo un aumento significativo (19.7 %) de 15.2 a 18.2 g/L y, finalmente permaneciendo sin cambios entre las 18 y 24 h (Tabla 1). Con respecto al factor aditivo, también se presentaron diferencias estadísticas entre los grupos analizados [ $F_{(3, 32)} = 39547.205$ ,  $p < 0.001$ ], donde la adición de dicianidamida y *L*-Asparagina lograron incrementar significativamente la concentración total del alcohol obtenida en las 24 h con respecto al grupo control (de 14.6 a 15.8 g/L [8.2 %] y de 14.6 a 18.3 g/L [25.3 %], respectivamente), situación contraria con la adición de guanidina, con la que se obtuvo una baja concentración de alcohol (11.6 g/L), siendo un valor menor a lo observado en los experimentos control (14.6 g/L) (Tabla 1).

En el análisis de la interacción entre los factores también se observaron diferencias estadísticas significativas [ $F_{(9, 32)} = 5142.750$ ,  $p < 0.001$ ], el efecto de la adición de dicianidamida (1 % m/m) al proceso de fermentación mostró una rápida respuesta en la producción de etanol a las 6 h, este aumento fue casi del doble en relación al control (4.9 vs 9.8 g/L de etanol); sin embargo, este paso acelerado decae sobre las 12 h y se mantiene igual al grupo control y sin cambio hasta el final del experimento (24 h). A diferencia de las otras fuentes de nitrógeno, con la guanidina no se obtuvo mejora en la concentración de etanol, ya que, en todos los casos, la producción de este alcohol se mantuvo por debajo de lo observado con el grupo control. En contraste, la adición de la *L*-Asparagina (1 % m/m) mostró una aceleración significativa en la producción de etanol a las 6 h, de 4.9 a 14.6 g/L, lo que representa una producción tres veces mayor que lo obtenido en el mismo tiempo con el grupo control; a las 12 h la producción de etanol continuó incrementándose con respecto al control (19.4 vs 14.6 g/L) y, a partir de este tiempo se mantuvo sin cambios hasta las 24 h (Tabla 1).

La segunda variable evaluada fue el contenido de azúcares reductores remanentes en el proceso fermentativo. El análisis estadístico con datos categorizados demostró que hay diferencias significativas en el factor tiempo [ $F_{(3, 32)} = 394.947$ ,  $p < 0.001$ ]. La prueba *post-hoc* reveló que en todos los tiempos muestreados (6, 12, 18 y 24 h), el porcentaje de azúcares reductores remanentes fue estadísticamente diferente, disminuyendo la concentración a lo largo del

experimento. En el factor aditivo hubo diferencias significativas [ $F_{(3, 32)} = 204.830$ ,  $p < 0.001$ ], donde la *L*-Asparagina disminuyó significativamente el porcentaje de los azúcares reductores remanentes comparada contra el control y las otras fuentes de nitrógeno empleadas; por su parte, diciandiamida y guanidina no disminuyeron el contenido de azúcares reductores remanentes y quedaron ubicados por arriba del valor establecido para el grupo control. En la interacción tiempo y aditivo, también se presentaron diferencias significativas [ $F_{(9, 32)} = 12.004$ ,  $p < 0.001$ ]; la prueba *Student- Newman-Keuls* mostró que a las 6 y 12 h, la adición de *L*-Asparagina redujo significativamente el porcentaje de los azúcares reductores remanentes comparada contra el control, al contrario que diciandiamida y guanidina que no lograron favorecer el consumo de los azúcares por parte de la levadura en todos los tiempos muestreados *versus* el control. Por su parte, a partir de las 18 h y hasta las 24 h, la *L*-Asparagina tuvo un comportamiento similar al control, manteniéndose un consumo no acelerado de los azúcares reductores en el proceso fermentativo (Tabla 2).

**Tabla 1.** Concentración de etanol en la fermentación con diferentes aditivos.

Factor	Concentración de etanol (g/L)			
Tiempo (h)				
6	8.5 ± 1.22 <sup>A</sup>			
12	15.2 ± 0.80 <sup>B</sup>			
18	18.2 ± 0.63 <sup>C</sup>			
24	18.3 ± 0.63 <sup>C</sup>			
	$F_{(3, 32)} = 107339.021$ , $p < 0.001$			
Aditivo				
Agua (Control)	14.6 ± 1.80 <sup>A</sup>			
Diciandiamida	15.8 ± 1.21 <sup>B</sup>			
Guanidina	11.6 ± 1.20 <sup>C</sup>			
<i>L</i> -Asparagina	18.3 ± 0.63 <sup>D</sup>			
	$F_{(3, 32)} = 39547.205$ , $p < 0.001$			
Tiempo/Aditivo	Agua (Control)	Diciandiamida	Guanidina	<i>L</i> -Asparagina
6 h	4.9 ± 0.005 <sup>A</sup>	9.8 ± 0.03 <sup>B</sup>	4.9 ± 0.01 <sup>A</sup>	14.6 ± 0.04 <sup>C</sup>
12 h	14.6 ± 0.06 <sup>A</sup>	14.6 ± 0.04 <sup>A</sup>	12.1 ± 0.002 <sup>B</sup>	19.4 ± 0.01 <sup>C</sup>
18 h	19.5 ± 0.01 <sup>A</sup>	19.4 ± 0.01 <sup>A</sup>	14.6 ± 0.02 <sup>B</sup>	19.5 ± 0.01 <sup>A</sup>
24 h	19.5 ± 0.02 <sup>A</sup>	19.5 ± 0.02 <sup>A</sup>	14.6 ± 0.02 <sup>B</sup>	19.5 ± 0.01 <sup>A</sup>
	$F_{(9, 32)} = 5142.750$ , $p < 0.001$			

Los datos se presentan como la media ± error estándar.

**Tabla 2.** Concentración de azúcares remanentes en el proceso fermentativo.

Factor	Azúcares remanentes (%)			
Tiempo (h)				
6	83.3 ± 3.79 <sup>A</sup>			
12	59.7 ± 6.98 <sup>B</sup>			
18	36.8 ± 5.73 <sup>C</sup>			
24	24.3 ± 4.66 <sup>D</sup>			
	$F_{(3, 32)} = 394.947$ , $p < 0.001$			
Aditivo				
Agua (Control)	38.8 ± 8.78 <sup>A</sup>			
Diciandiamida	69.9 ± 6.03 <sup>B</sup>			
Guanidina	63.8 ± 7.31 <sup>C</sup>			
<i>L</i> -Asparagina	31.4 ± 6.31 <sup>D</sup>			
	$F_{(3, 32)} = 204.830$ , $p < 0.001$			
Tiempo/Aditivo	Agua (Control)	Diciandiamida	Guanidina	<i>L</i> -Asparagina
6 h	77.7 ± 1.83 <sup>A</sup>	91.6 ± 1.20 <sup>B</sup>	97.9 ± 1.20	65.9 ± 1.83 <sup>C</sup>
12 h	54.1 ± 1.20 <sup>A</sup>	85.4 ± 1.20 <sup>B</sup>	74.3 ± 2.50 <sup>C</sup>	25.0 ± 3.18 <sup>D</sup>
18 h	19.4 ± 5.00 <sup>A</sup>	61.1 ± 1.80 <sup>B</sup>	47.9 ± 1.20 <sup>C</sup>	18.7 ± 4.81 <sup>A</sup>
24 h	14.1 ± 1.20 <sup>A</sup>	41.6 ± 1.20 <sup>B</sup>	35.4 ± 1.20 <sup>B</sup>	15.9 ± 4.86 <sup>C</sup>
	$F_{(9, 32)} = 12.004$ , $p < 0.001$			

Los datos se presentan como la media ± error estándar.

## Discusión de resultados

En la primera parte del trabajo se realizó el análisis físico de la melaza de caña de azúcar y la determinación de la concentración de azúcares reductores totales para establecer el contenido de materia prima fermentable. Como es bien sabido, la melaza es un derivado del jugo de caña de azúcar, el cual se obtiene a partir de su cocción y reducción de volumen; es ampliamente utilizada para el estudio de nuevos modelos de fermentaciones alcohólicas (Valencia-Lescano y Zapata-Sandoval, 2014). Para la determinación de los sólidos disueltos en la melaza se utilizó el método de refractometría, ya que es ampliamente utilizado para este tipo de análisis; de acuerdo con lo reportado por la CONADESUCA (2016), la melaza de caña de azúcar debe contener una concentración de sólidos disueltos entre el 80 y 85 %. En este trabajo se obtuvo un 82.3 % de sólidos disueltos, donde claramente se observa que se encuentra en el rango establecido. En el caso de la concentración de azúcares reductores totales en nuestras condiciones de laboratorio, se logró conocer el porcentaje de este tipo de azúcares presentes en la melaza de caña de azúcar, obteniéndose un valor de 49.5 %, lo cual, es muy cercano a lo reportado por Ramírez y colaboradores (2009), con un total de 51 % de este tipo de azúcares.

Las primeras fermentaciones realizadas fueron las correspondientes al experimento control, donde se utilizó agua purificada y se incubó a diferentes tiempos (6, 12, 18 y 24 h) para conocer el comportamiento normal del proceso. Se realizaron simultáneamente las determinaciones de azúcares reductores remanentes y producción de etanol en cada tiempo evaluado y se observó que desde el primer tiempo monitoreado, ya existe una reducción importante del material fermentable (22.3 %), continuando con este comportamiento hasta a las 18 h, donde ya se ha agotado el 85.9 % de los azúcares disponibles, lo cual está de acuerdo con lo reportado por Mariscal-Moreno (2011), quien describe que durante las primeras 18 h del proceso de fermentación pueden ser consumidos hasta un 95 % de los azúcares presentes en la mezcla fermentativa. Por su parte, la cantidad de etanol producida en la fermentación alcohólica va en aumento con el paso del tiempo, ya que para las 6 h existe una concentración aproximadamente de 5 g/L; mientras que, a las 12 h, la producción se triplicó llegando hasta los 15 g/L; no obstante, una vez alcanzado casi los 20 g/L de etanol a las 18 h, ya no se pudo apreciar un incremento significativo en la producción de alcohol a las 24 (Tabla 1), lo que hace suponer, que esta concentración de etanol es la máxima tolerable por la levadura utilizada.

Una vez obtenida la referencia del experimento control, se procedió a la introducción de diversas fuentes nitrogenadas en las fermentaciones alcohólicas, comenzando por dicianidamida, que durante la evaluación de los azúcares reductores remanentes durante todos los intervalos de tiempo establecidos (6, 12, 18 y 24 h) se observó que existen diferencias significativas en el consumo de azúcares por parte de la levadura en comparación con el experimento control. La presencia de un mayor número de azúcares reductores en las fermentaciones en presencia de dicianidamida parece indicar una menor actividad reproductiva por parte de la levadura, pero una mayor actividad catalítica, ya que en las primeras etapas del proceso fermentativo (6 h), la producción de etanol es casi del doble con respecto a la fermentación control a la misma hora (Tabla 1 y 2). Estos resultados son congruentes con lo demostrado por Fajardo y Sarmiento (2007), quienes mencionan que la adición de fuentes de nitrógeno inorgánicas agregadas a la fermentación durante las primeras 8 h del proceso, benefician la producción de etanol en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*; posterior a este tiempo, el comportamiento de esta prueba es similar al control durante los demás intervalos de tiempo.

La adición de guanidina al proceso de estudio fue contraria a lo observado en los experimentos con dicianidamida; en estos ensayos se obtuvo un menor consumo de azúcares reductores y una menor producción de etanol a lo largo del experimento. De hecho, el consumo de azúcares es 26 % menor a las 6 h comparada con la fermentación control, y en todos los tiempos analizados, la fracción fermentable siempre fue mayor en contraste al grupo control, algo similar ocurre con la producción de etanol (Tabla 1 y 2). Estas observaciones pueden estar relacionadas con lo descrito por Prioli-da Silva y Franzin-Mauricio (2010), quienes mencionan que la guanidina es utilizada para el control de contaminantes que puedan competir por los azúcares fermentables en esta clase de procesos. También se puede establecer que la guanidina en su forma protonada como hidrocloreto tiene la capacidad de ralentizar la tasa de reproducción de la levadura al actuar como un agente caotrópico en la desnaturalización de proteínas incrustadas en la membrana celular (Mason *et al.*, 2003).

El tercer aditivo empleado en las fermentaciones alcohólicas fue la *L*-Asparagina; el comportamiento observado con este aminoácido fue muy interesante, ya que, al monitorear el consumo de azúcares reductores en cada experimento, se pudo notar una disminución significativa del material fermentable entre las 6 y 12 h con respecto al control (Tabla 2). De acuerdo con la producción de etanol, se pudo establecer que la adición de este aminoácido acelera

notablemente su producción, llegando a la concentración máxima (19 g/L) en 12 h, lo que representa una reducción de 6 h, equivalente al 37 % en la reducción de tiempo; esta aceleración en la producción de alcohol es similar a lo reportado por Blanco y colaboradores (2012), los cuales demostraron que con la utilización de sulfato de amonio, se reduce hasta un 43 % el tiempo de fermentación, ya que este aditivo inorgánico activa el proceso fermentativo aportando el nitrógeno amoniacal necesario para la reproducción de la levadura.

### Conclusión

La adición de *L*-Asparagina como fuente orgánica de nitrógeno en el proceso de fermentación de melaza con *Saccharomyces cerevisiae* acelera el rendimiento en la producción de etanol.

### Referencias

- Aguilar-Rivera N. (2013). Análisis de productividad de etanol de caña de azúcar en ingenios azucareros de México. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva [Internet]. 20 (1): 17- 28. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10425466005>
- Bai FW, Anderson WA, Moo-Young M. (2008). Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks. Biotechnology advances, 26(1), 89–105. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.09.002>
- Alonso-Gómez LA., Bello-Pérez LA. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. Agrociencia, 52(7), 967-990. Recuperado en 25 de octubre 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000700967&lng=es&tln g=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967&lng=es&tln g=es).
- Bello-Gil D, Carrera-Bocourt E, Díaz-Maqueira Y. (2006). Determinación de azúcares reductores en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico. ICIDCA (2): 45-50. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664006.pdf>
- Blanco M, Peinado AC, Mas J. (2006). Monitoring alcoholic fermentation by joint use soft and hard modeling methods. Analytica Chemical. 364(73).
- Blanco P, Quicazán S, Cuenca Q. (2012). Efecto de algunas fuentes de nitrógeno en la fermentación alcohólica de miel. Vitae [ Internet]. 19 (1): S234-S236. Recuperado de : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914069>.
- CONADESUCA (2016). Nota informativa: Melazas de caña de azúcar y su uso en la fabricación de dietas para ganado. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171888/Nota\\_Informativa\\_Noviembre\\_Melazas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171888/Nota_Informativa_Noviembre_Melazas.pdf)
- Conover WJ, Iman RL. (1981). Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. American Statistician, 35(3): 393-8.
- Cornejo-Arteaga PM. (2019). Aplicaciones de alcohol etílico [Internet]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [citado el 22 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n5/m7.html>
- Fajardo E, Sarmiento S. (2007). Evaluación de la melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis licenciatura. Colombia, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ciencias.
- González-Flores II. (2017). Evaluación del efecto inhibitorio de los extractos etanólico y acuoso de Argemone mexicana sobre la actividad de la enzima  $\alpha$ -amilasa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana. México.
- Henschke PA, Jiranek V. (1993). Metabolism of nitrogen compounds en: GH Fleet (Ed.), Wine microbiology and biotechnology. (1a ed., pp. 77-164). Hardwood Academic Publishers.
- Mason PE, Neilson GW, Dempsey CE, Barnes AC, Cruickshank JM. (2003). The hydration structure of guanidinium and thiocyanate ions: Implications for protein stability in aqueous solution. PNAS, 100(8): 4557-61. <https://dx.doi.org/10.1073/pnas.0735920100>
- Mariscal-Moreno JP. (2011). Evaluación y selección de microorganismos para la producción de etanol a nivel industrial. [Manizales, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia.
- Prioli-da Silva M, Franzin-Mauricio R. (2010). Control de la contaminación microbiana en procesos de fermentación alcohólica. Patent. 2 551 717.
- Ramirez C, Pérez Y, Kafarov V, Barajas C, Castillo E. (2009). Relación entre los azúcares reductores totales (ART), grados Briz y el contenido de sacarosa en mezclas de alimentación a destilerías en la producción dual azúcar-bioetanol. ION, 22(1): 25-34. Recuperado de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/download/179/961>
- Valencia-Lescano AL, Zapata-Sandoval CD. (2014). Remoción del calcio y magnesio de la melaza para el mejoramiento del proceso de fermentación. [Trujillo, Perú]: Universidad Nacional De Trujillo.
- Vázquez HJ, Dacosta O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. Ingeniería, investigación y tecnología, 8(4), 249-259. Recuperado en 08 de noviembre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S140577432007000400004&lng=es&tln g=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140577432007000400004&lng=es&tln g=es).

# Génesis del Modelo Penitenciario Actual: Reinserción Social y sus Alcances en México

Celina Palacios Pérez de León<sup>1</sup>, Dr. Luis Germán Sánchez Méndez<sup>2</sup>

## Resumen—

En la historia de la humanidad han existido diferentes espacios para la compurgación de las penas, todos ellos con un distinto enfoque y objetivo, pero con el mismo común denominador, la sanción de la conducta delictiva. Inicialmente, con la promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en 1917, se consolidó el primer modelo penitenciario en México identificado como la Regeneración Social, cuya característica principal fue reconocer al delincuente como una persona vaga, floja y sin trabajo; por lo que era de esperarse que el trabajo (coercitivo y forzado), fuera el único eje rector del mencionado modelo. Años más tarde, la perspectiva de lo que era un delincuente, tuvo algunas modificaciones, ahora era un ser con problemas mentales e inadaptado; consecuentemente, el objetivo de los penitenciarios evolucionó a ser un lugar en el que se cambiaban personalidades, se “readaptaba” al individuo por medio del trabajo, su capacitación del mismo y la educación. Finalmente, en el 2008, se presentó el actual modelo penitenciario, el de la Reinserción Social, identificado principalmente por ser un modelo en el que la persona privada de su libertad va a ser reinsertada a la sociedad por medio de 5 ejes rectores: la educación, el trabajo, capacitación para el mismo, la salud y el deporte; donde, a la par, se prioriza el respeto de los derechos humanos. De conformidad a lo anterior, y bajo la fundamentación metodológica cualitativa sustentada en un enfoque analítico documental, esta investigación ha sido útil para identificar hasta qué punto el actual modelo penitenciario ha sido implementado en el estado mexicano y qué tanto ha beneficiado a la reducción de la reincidencia delictiva.

**Palabras clave**—Regeneración social, readaptación social, reinserción social, Derechos humanos y modelos penitenciarios.

## Introducción

El estudio de los modelos penitenciarios se realiza con la finalidad de generar resultados certeros y actualizados acerca de los alcances que ha tenido el más reciente denominado, la reinserción social. En este sentido, es importante que pueda visualizarse en qué medida se ha dejado únicamente de castigar al delincuente (como en modelos anteriores), para dar pie a su reinserción social. Podría asegurarse que el estudio de la realidad penitenciaria, llamémosle: reformas, infraestructura, tratos (del personal penitenciario hacia las personas privadas de la libertad), oportunidades, recursos, servicios, actividades, programas, entre otros, benefician únicamente a la población penitenciaria; sin embargo, la realidad va mucho más allá. La delincuencia y, por lo tanto, el delincuente, no son problemas ajenos a la sociedad, sino que emergen de ella, es por ello que, tanto sus consecuencias como sus beneficios recaen en la sociedad en general. En otras palabras, si se le ofrece un trato digno a una PPL, se le respetan sus derechos humanos, se le brinda educación, se vela por su salud tanto física como mental, se le asignan espacios recreativos y para el deporte, se le enseñan nuevas habilidades y oficios los cuales pueda desempeñar al salir del centro penitenciario y vivir legalmente de ello, entre otras cosas, esa persona al quedar en libertad (porque no debemos olvidar que lo hará), no solo regresará con nuevos conocimientos y oportunidades, sino que sin rencor hacia la sociedad porque fue tratado como un ser humano, aprendió el valor de las demás personas y de las cosas, a socializar con los demás y a vivir alejado del delito; por lo que, ofrecer lo que dice la ley para la reinserción social, como analizar qué tanto se ha cumplido, es beneficioso para la sociedad mexicana en general.

Consideramos que es importante conocer en qué medida se está cumpliendo la ley en este tipo de entorno debido a que viendo el fenómeno desde fuera se puede tener cierta percepción, se puede ver cómo cambian las leyes penitenciarias, implementan programas, se asignan fondos para mejorar dichos espacios, entre otros, sin embargo, es trascendental investigar hasta qué punto estos beneficios son ofrecidos en el Estado mexicano, y de ser implementados, qué tanto ayudan a la reinserción social. A partir de estos criterios, es posible tener una noción lo más acertada y reciente posible acerca de los alcances que ha tenido el modelo penitenciario actual, viéndose reflejado en el porcentaje de reincidencia delictiva; así como enmarcar las carencias que se presentan en los penitenciarios mexicanos los cuales obstaculizan su objetivo principal. Este proceso es factible, porque los datos que interesan pueden ser obtenidos de fuentes oficiales, para posteriormente ser analizados. A pesar de que pueden existir mínimos obstáculos como el hecho de que no todas las encuestas que interesan son realizadas año con año, no se visualiza algún impedimento para la

---

<sup>1</sup> Estudiante de la Licenciatura en Criminología de la Universidad Vizcaya de las Américas, campus Chetumal, Quintana Roo, México [leonzell1997@gmail.com](mailto:leonzell1997@gmail.com)

<sup>2</sup> El Dr. Luis Germán Sánchez Méndez es Profesor Investigador de Carrera de la Licenciatura en Seguridad Pública de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México [luis.sanchez@uqroo.edu.mx](mailto:luis.sanchez@uqroo.edu.mx)

realización de la investigación, ya que es posible tomar en consideración los diversos criterios teóricos que se han determinado para el estudio del proceso penitenciario.

Un factor de trascendencia de esta investigación es el tiempo transcurrido desde la entrada en vigor del actual modelo penitenciario, un poco más de 14 años, sin embargo, se siguen escuchando prácticas, conceptos, tratos, entre otros, de modelos anteriores.

Desafortunadamente, México es un país conocido por su tasa de criminalidad e inseguridad; tal parece que los temas de seguridad solo sirven para ganar votos en campañas políticas pero la percepción social y las estadísticas que vemos a diario nos dicen otra cosa. Es importante velar por las garantías de todas y todos los mexicanos y brindarles una real seguridad. Por ello, es fundamental visibilizar lo que ocurre en dichos recintos para poder generar un análisis lo más acertado posible sin el sesgo de la subjetividad y, de este modo, conocer qué tan comprometido está México en la reinserción social de las personas privadas de su libertad y si el actual modelo es suficiente o no. Los datos serán recabados por medio del análisis de opiniones teóricas de expertos en la materia, mismos que serán utilizados únicamente con el fin de generar conocimiento acerca del tema en cuestión, asimismo se verán beneficiadas aquellas personas quienes opten por leer la presente investigación, ya sea con el fin de conocer acerca del tema o para retomarla, actualizarla o expresar su opinión sobre lo que aquí se expone.

### **Regeneración social**

El tema para desarrollar aquí presente, gira en torno a los tres modelos penitenciarios empleados en el estado mexicano. Como primer punto tenemos el modelo de regeneración social, el cual estuvo presente desde la promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en 1917 hasta 1969. Vale la pena agregar que Uribe, E. (2014) plantea que “quienes se hacían acreedores a una pena privativa de la libertad, eran sujetos desvalidos y carentes de oficio y de educación, y que para corregirla había que imponerle una pena que le llevara a arrepentirse de [sus actos]”.

“Los gobiernos de la Federación y de los Estados organizarán, en sus respectivos territorios, el sistema penal -colonias, penitenciarias o presidios - sobre la base del trabajo como medio de regeneración”. (CPEUM, 1917, art. 18). De este modo, se concibieron las colonias penitenciarias, como las Islas Marías, bajo el postulado de que el “degenerado” debía ser aislado totalmente de la población a consecuencia de su peligrosidad y para inducirlo a una regeneración social efectiva.

Por otro lado, Espinosa I. y Zaragoza J. (2017) sostienen que “se plasmaba la influencia de teorías correccionistas, que destacaban que la personalidad del delincuente subyacía en el fondo del delito. Siendo necesario que la finalidad de la pena fuera corregir al delincuente a través de un tratamiento progresista.” Ambos nos ofrecen una perspectiva acerca del objetivo que tenía el mencionado modelo con anterioridad que, si bien, no se manejaba un trato enfocado en derechos humanos, sí era un primer acercamiento a la humanización de las penas y creación de un sistema de ejecución penal; para dejar de lado la venganza pública.

### **Readaptación social**

Tiempo después, en el año de 1965 hasta el año 2008 estuvo vigente el segundo modelo penitenciario en México, la Readaptación Social. Para ello, Gómez, M. (2016) nos menciona que:

Este modelo tenía como objetivo primordial que las sanciones penales lograran la reforma y readaptación de los condenados, a través de estudios y tratamientos psicológicos, a los cuales debía someterse obligatoriamente la persona con la finalidad de “curarse”. Se consideraba que quien cometía un delito era un sujeto desviado, con problemas mentales y/o psicológicos.

En función de lo planteado, destaca que el delincuente pasó de ser una persona floja sin oficio ni educación a ser alguien inadaptado, un ser con problemas mentales que debía ser sometido a un tratamiento para de este modo modificar su personalidad y pueda regresar a la sociedad; o en caso de no haberse “curado” tendría la tendencia de volver a delinquir

“Las mujeres compurgarán sus penas en lugares separados de los destinados a los hombres para tal efecto” (CPEUM, Reforma de 1965, art. 18). Es a partir de esta reforma que se empieza a visibilizar la situación de las mujeres privadas de su libertad, aunque aún no podemos hablar de derechos con perspectiva de género. Del mismo modo, el maestro Gutiérrez (2020), plantea que durante este modelo penitenciario “se integran dos ejes más, por lo que ahora se contempla al trabajo, la capacitación para el mismo y la educación como medios para lograr la readaptación social del delincuente”. No debemos olvidar que dichos ejes adicionados son con el propósito de modificar la personalidad del individuo y no como una herramienta para prepararse a nivel personal y/o profesional.

## Reinserción Social

Finalmente, en el año 2008 se introdujo en México el Modelo de Reinserción Social respaldado en el artículo 18 constitucional tras la reforma de ese mismo año. Así como expone el maestro Gutiérrez (2020) el actual modelo significó un cambio importante en materia de Derechos Humanos, puesto que, antes de ser personas privadas de su libertad son personas, por lo tanto, sujetas a derechos. Asimismo, se reconoce que el fin último de la pena ya no es el castigo ni la venganza sino la inserción de la persona en la sociedad, una vez obtenida su libertad. Del mismo modo, la reinserción social viene a formar parte de un principio rector del sistema penitenciario definido de la siguiente forma “restitución del pleno ejercicio de las libertades tras el cumplimiento de una sanción o medida ejecutada con respeto a los derechos humanos” (LNEP, art.4).

Por otro lado, Agami, T. (2016) nos habla de lo que significa la reinserción social en términos generales “la reinserción social es entonces el conjunto de leyes, ejes y acciones que fomentan un apto desarrollo de los internos con el objetivo de mantener y reforzar su integridad humana dando como resultado su reinserción en sociedad.” Podemos apreciar cómo en estas últimas definiciones destaca el tema de derechos humanos, lo cual abarca temas como: ofrecer una vida digna, prohibición de tratos crueles y degradantes; y en general, evitar que la pena produzca más aflicción de lo que la pérdida de libertad representa.

Actualmente contamos con 2 ejes rectores adicionales a los que ya teníamos “... para lograr la reinserción social: el respeto a los derechos humanos, el trabajo, la capacitación para el mismo, la educación, la salud y el deporte. Estas bases serán elementos esenciales del Plan de Actividades diseñado para las personas privadas de su libertad en los Centros Penitenciarios.” (LNEP, art. 72), con estos nuevos ejes ya no se espera que el individuo modifique su personalidad, sino que pueda desarrollar nuevas habilidades y conocimientos para implementar una vez obtenida su libertad alejada del delito, mientras goza de buena salud y una estancia digna.

El propósito de este trabajo es interpretar los modelos de regeneración y readaptación social, aplicados en la evolución del sistema penitenciario en México con el fin de considerar si el modelo actual de reinserción social cumple con las expectativas normativas y si ha dejado atrás las prácticas denigrantes al PPL aplicadas en los modelos anteriores en la actividad carcelaria.

Finalmente, debe destacarse, que la intención de esta investigación es lograr que todas las acciones que se realizan dentro del sistema penitenciario se ejecuten con pleno respeto de los derechos humanos y en cumplimiento a la normatividad aplicable.

## Descripción del método

La investigación realizada se determinó bajo el enfoque cualitativo considerando como fundamentación metodológica el proceso documental interpretativo, en virtud de que se hace referencia a los modelos penitenciarios que se han ejecutado en México, respecto a su definición, características, alcances y aplicación, con el fin de interpretar sus resultados y establecer si el actual modelo de reinserción social se desarrolla de manera efectiva y bajo el esquema de respeto a los derechos humanos de los PPL.

## Desarrollo

El propósito de este trabajo es hacer un recorrido histórico para su posterior interpretación de los Modelos Penitenciarios anteriores en México con el fin de considerar si el modelo actual de Reinserción Social cumple con las expectativas normativas y si ha dejado atrás las prácticas denigrantes a las Personas Privadas de la Libertad aplicadas en los modelos anteriores en la actividad carcelaria.

Desde los orígenes de la prisión se ha tenido un objetivo un tanto humanista; en primera instancia se creó para dejar de lado los castigos públicos en los que las personas eran azotadas, humilladas, mutiladas y hasta asesinadas con el fin de generar miedo y sometimiento en la sociedad para que no cometieran aquella conducta que en esa época era reprobable y considerada como delito. En cambio, con las prisiones ya se tenía un lugar privado e íntimo, aunque el objetivo seguía siendo castigar a aquella persona que cometía una conducta reprochada por la sociedad. Los tratos crueles y degradantes no cesaban y las instalaciones eran deplorables e inhumanas. Sin embargo, la pena ya no era algo público sino más privado, generando igualmente pánico en la población al representar dichos espacios como lugares terribles de los que casi nadie sale.

Al respecto, Sandoval, E. (1982) ubica dentro de la transformación de la pena, cuatro fases, de acuerdo con la función declarada de cada momento histórico: Vindicativa, expiacionista o retribucionista, correccionalista y resocializante.

En la primera fase tenemos aquella época en la que no existían leyes, la justicia estaba en manos de los pobladores y, por consiguiente, la sanción. Era un régimen impulsado por la venganza como forma de resarcir el daño, la Ley del Talió es la referencia más importante de esta época. Asimismo, se empiezan a consolidar las prisiones con

el fin de que la persona no escapara de su castigo, y quien era el “jefe” era quien dictaba las sanciones y conductas que debían ser castigadas.

En la fase expiacionista, se tiene a la iglesia como el máximo juez y al trabajo como el objetivo de las prisiones. El delito era considerado como un pecado, por lo que el infractor debía eximir su culpa mediante el dolor y soledad en las cárceles en nombre de la divinidad, para ello, las prisiones tenían una infraestructura bastante limitada, así como el contacto con los demás individuos, con el propósito de hacer a que la persona medite sobre lo que cometió.

Por otra parte, Rubio, H. (2012), nos menciona que en los siglos XV, XVI y XVII se vivió un momento económico y político caracterizados por la expansión colonialista hacia América, África y otros territorios, así como la fase de acumulación primaria de capital previa a la revolución industrial; por lo que el trabajo (forzado) comenzó a ser el medio para alcanzar la redención. La función de la pena vino a tomar un significado, utilitarista; en el que las personas que no encontraban acomodo en el nuevo modo de producción: mujeres, mendigos, los vagos, las prostitutas, y todos aquellos que se negaran a trabajar, eran acogidos por este nuevo sistema penal para trabajar de forma obligatoria, ya sea en las galeras, los presidios, la deportación y los establecimientos correccionales, entre otras.

El loco y el delincuente representaban la parte del hombre que debía ser eliminada del comercio social. Existieron algunas modalidades en las que había cabida para hijos de artesanos y otros habitantes pobres, menores de 25 años, que trataban mal a sus padres o que se negaban a trabajar por pereza; muchachas que habían sido seducidas o en peligro de serlo. (Rubio, H. 2012).

Todos ellos eran encerrados con el único fin de entrar en el mundo burgués en el que el Estado no tenía poder, sino instituciones particulares que no solo se beneficiaban con la mano de obra forzada, sino que también les cobraban concepto de encarcelaje a cada interno. Años más tarde, comenzó a aplicarse la nueva fase, la correccionalista, donde el castigo pasaba a ser, vivir encerrado y aislado de la sociedad en general (la cárcel) por una cantidad de tiempo proporcional al delito/daño causado. De esta manera se originan lo que hoy en día conocemos como centros penitenciarios.

### **Regeneración social**

En México se introdujo por primera vez en 1917 en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos artículo 18, un apartado en el que se hace mención los centros penitenciarios.

... Toda pena de más de dos años de prisión se hará efectiva en colonias penales o presidios que dependerán directamente del gobierno federal y que estarán fuera de las poblaciones, debiendo pagar los estados a la federación los gastos que correspondan por el número de reos que tuvieran en dichos establecimientos. (CPEUM, Art. 18, 1917).

La ley de ese tiempo tenía un gran problema, no se mencionaba el objetivo de dichos lugares. Su objetivo fue determinado por los diputados de ese época quienes resaltaban que los delincuentes debían ser enviados a colonias penales, como las famosas Islas Marías, para que estuvieran apartados de la sociedad debido a la peligrosidad que representaban y gradualmente, dependiendo de su conducta observable, podían tener el beneficio de ver a su familia, característica propia de un sistema progresivo; asimismo, argumentaban que desde un inicio no existirían los maltratos, dato que más tarde la sociedad mexicana se daría cuenta que fue mentira. Los individuos tenían gran terror de ser alojados en las Islas Marías a consecuencia de los rumores y hasta películas que describían lo que pasaba ahí dentro. A pesar de que ya se tenía en mente el propósito de la prisión, los diputados aún no se podían de acuerdo para saber cuál sería el medio para llegar a la “regeneración” del individuo. Comenzó la idea de utilizar el trabajo forzado como medio regenerador, que, a nuestro modo de ver las cosas, no fue una idea original sino más bien una copia de los modelos penitenciarios de otros países quienes utilizaban la mano de obra forzada a consecuencia de la crisis económica que se vivía en ese tiempo.

Por otra parte, en su mayoría, había quienes apoyaban el trabajo como medio regenerativo, cada vez aumentando sus beneficios que ellos notaban, como el hecho de que la persona sentenciada al aprender un oficio podría vivir de ello dignamente una vez en libertad. Nos parece relevante este hecho, puesto que desde el primer modelo penitenciario ya se comenzaban a planificar ideas como la capacitación del trabajo y el tratamiento post penitenciario al preocuparse por su vida fuera de prisión; sin embargo, en el momento en cuestión, aún no estaban bien consolidadas esas bases.

Así también, había quienes abogaban por incluir a la educación como un medio regenerativo, si bien, no pensado para la profesionalización, inculcar cultura o dotar de pensamiento crítico al delincuente, pero sí para que modifique su pensamiento y reconozca que su conducta no fue apropiada. A pesar de las propuestas de distintos diputados: incluir a la educación, a la capacitación para el trabajo y al trabajo como medios regenerativos, el contenido del Artículo 18 constitucional fue reformado y quedó de la siguiente forma:

Art- 18. Sólo por delito que merezca pena corporal habrá lugar a prisión preventiva. El lugar de ésta será distinto y estará completamente separado del que se destinare para la extinción de las penas.

Los Gobiernos de la Federación y de los Estados organizarán, en sus respectivos territorios, el sistema penal – colonias, penitenciarías o presidios- sobre la base del trabajo como medio de regeneración. (DOF, Tomo V, 1917).

Dejando, en este primer modelo penitenciario, el objetivo de “regenerar” personas, lo que se traducía como, hacer trabajar a los individuos de forma coercitiva; y, por ende, al trabajo como único eje reinsertor.

### **Readaptación social.**

Fue cuestión de casi 50 años para que finalmente el modelo penitenciario de la regeneración social tuviera su fin, habiendo fracasado en su práctica y, por tanto, en su objetivo. Al respecto, debe decirse que no se aplicó una debida separación entre procesados y sentenciados, sin menoscabo que la infraestructura de los recintos no era adecuada para que los reos pudieran trabajar y al mismo tiempo obstaculiza la vigilancia y control de los internos. Posteriormente, la readaptación social del individuo vino a formar parte del modelo penitenciario en México, el cual estuvo vigente en los años 1965 a 2008. En este punto de la historia, la psicología y criminología clínica se encontraban en auge, puesto que se creía que la persona que delinquía era por algún tipo de enfermedad mental, lo que, en sus tratamientos penitenciarios, los estudios y tratamientos psicológicos eran de esperarse; todo esto con la finalidad de “curar” al delincuente, de modificar su pensamiento y personalidad con el objetivo de evitar su reincidencia delictiva. A partir de este momento se dejó de lado la prisión como fin último de la pena, así como el desarrollo de ideas como el caso de utilizar la cárcel como retribución o como medio de expiación para convertirse ahora en una responsabilidad social, donde el fin ya no es tener a la persona simplemente encerrada sino lograr su readaptación social teniendo en cuenta su nivel de temibilidad. Para ello, eran necesarios tratamientos y exámenes médicos, psicológicos, trabajo social, entre otros, para llevar un control individualizado de cada persona.

Los cambios de este nuevo modelo penitenciario se vieron reflejados más que en la práctica, en la reforma del Artículo 18 constitucional donde finalmente se tomaron en cuenta los otros dos ejes reincertores que se venían discutiendo desde un comienzo, la educación y capacitación para el trabajo, quedando de la siguiente manera:

Los Gobiernos de la Federación y de los Estados organizarán el sistema penal, en sus respectivas jurisdicciones sobre la base del trabajo, la capacitación para el mismo y la educación como medios para la readaptación social del delincuente. Las mujeres compurgarán sus penas en lugares separados de los destinados a los hombres para tal efecto (CPEUM. Art.18. 1965).

Es durante este periodo donde se comienza a visibilizar la situación de las mujeres privadas de su libertad al incluir estancias separadas a la de los hombres y servicios con perspectiva de género; sin embargo, así como afirma Gutiérrez, J. (2020), “la garantía de derechos humanos de las mujeres en prisión continúa siendo materia pendiente”. A nuestro modo de ver las cosas, la vulneración de derechos de mujeres privadas de su libertad sigue sucediendo a consecuencia de la cultura en México, donde se sigue creyendo (como en años anteriores) que la mujer no delinque, pero la realidad es otra, si bien, en un porcentaje mucho menor, pero sí existe población penitenciaria femenina (siendo el 5.7% de la población penitenciaria según el INEGI, 2021) quienes aún tienen que vivir bajo los escasos insumos de salud que requieren su sexo, un trato por parte del personal penitenciario sin perspectiva de género, infraestructura inadecuada para mujeres con hijas y/o hijos, trabajos estereotipados dentro del penal, entre otros.

La evolución en cuanto a los modelos penitenciarios fue significativa por lo menos en las normas, ya que, no solo los derechos de las mujeres privadas de su libertad se estaban volviendo un tema importante, sino también los derechos humanos de cada uno de los internos; se buscaba un fin que ya no consistía únicamente en el castigo. En este sentido, se implementaron estrategias para que las personas, al quedar en libertad, pudieran vivir apartadas del delito como la capacitación para el trabajo y la educación. México, comenzó a formar parte de Tratados tendientes a respetar los derechos de los reclusos como: las Reglas de Bangkok, las Reglas Mínimas para el Tratamiento de los Reclusos (Reglas Nelson Mandela), Reglas de Tokio, entre otras. Sin embargo, la aplicación de dichos instrumentos aún estaba lejos de aplicarse de forma efectiva, seguían siendo materia pendiente.

### **Reinserción social**

Finalmente, en cuanto al último y actual modelo penitenciario aplicado en México tenemos la Reinserción Social, que, de manera general, se entiende como aquel modelo enfocado principalmente en el respeto y apego a los Derechos Humanos. Se trata de un Modelo que tiene por objetivo reinsertar a la sociedad de manera efectiva a la persona privada de su libertad, por medio de 5 ejes rectores: la salud, la educación, el deporte, el trabajo y la capacitación para el mismo.

Asimismo, los 5 ejes rectores mencionados con anterioridad deben estar enfocados en la reinserción social del individuo así como preservar su dignidad humana, es decir, su estancia en el penal no debe ser más aflictiva de lo que significa perder su libertad y a la misma vez, ocupar su tiempo en reclusión de manera positiva aprendiendo y desarrollando nuevas habilidades, conocimientos y oficios que les ayuden a vivir alejados del delito, así como gozar

de buena salud tanto física como psicológica. Para el presente estudio hemos considerado dos documentos oficiales, el Censo Nacional de Sistema Penitenciario Federal y Estatales 2021 (CNSIPEE, 2022) y la Encuesta Nacional de Población Privada de la Libertad 2021 (ENPOL, 2021), que nos presentan datos actualizados de suma importancia para el objetivo de esta investigación, relacionados a la reinserción social de las personas privadas de su libertad, como las instalaciones penitenciarias, los tratos que se presentan por parte del personal, los derechos que se les respetan, o en su caso, violentan, entre otros.

En principio tenemos al Censo Nacional de Sistema Penitenciario Nacional y Estatales 2021, en el que al finalizar el año 2020 se registró un total de 15 penitenciarios federales, 251 estatales y 53 centros especializados para adolescentes en conflicto con la ley. Dicho esto, tanto en penitenciarios estatales como federales, se tienen en existencia los siguientes espacios relacionados a la reinserción social: área de visita familiar 305, canchas deportivas 303, consultorios médicos 300, talleres de oficios 290, áreas de visita conyugal 283, comedores 272, aulas escolares 264, bibliotecas 254, consultorios de atención psicológica y/o psiquiátrica 210, esparcimiento y recreación 198, camas hospitalarias 193, para culto religioso 191, gimnasios 107, salas de desintoxicación 60 y hospitales 56. 185 centros penitenciarios estatales y federales, reportaron contar con una unidad especializada en la recepción y atención de quejas presentadas por las PPL's, de las cuales en su mayoría estaban orientadas a la atención médica, así como su situación jurídica, traslado y alimentación; sin embargo, aunque en menor número, existen quejas relacionadas con la reinserción social, como tortura y maltratos, sanciones disciplinarias, condiciones insalubres, acoso, entre otras inconformidades preocupantes que obstaculizan la reinserción social efectiva de las personas.

Así también, se tiene registro de 392 menores de 6 años viviendo con sus madres privadas de la libertad en centros penitenciarios tanto estatales como federales, lo que es una cantidad alarmante debido a la falta de servicios, ya sea ropa, educación, alimento, entre otros acorde a su edad. Del mismo modo, 356 mujeres se encontraban embarazadas y/o en periodo de lactancia. De igual manera, los bienes que se proporcionaron de forma gratuita tanto en federales como estatales fueron: ropa 171, jabón 157, cepillo de dientes 146, cobijas 144, pasta de dientes 143, papel higiénico 138, toallas femeninas 106, toallas 77 y calzado 72. Mientras que, la actividad deportiva más practicada es la pelota como: fútbol, voleibol y baloncesto con un 49 %. Mientras que las menos populares fueron el baile y el combate con un 2.1% en ambos casos.

En segundo lugar, tenemos la Encuesta Nacional de Población Privada de la Libertad 2021, la cual es la segunda edición de este programa estadístico. Cabe mencionar que para esta encuesta se visitaron 203 Centros Penitenciarios federales y estatales de los 32 estados de la República Mexicana. Iniciaremos mencionando las condiciones en las que se encuentran las personas privadas de la libertad a nivel de salud. Se estima que el 9.3% de la población privada de su libertad ha sido diagnosticada con presión arterial alta. Sin embargo, no todos reciben un tratamiento médico para su condición, sino que únicamente al 69.6% se le beneficia por parte del Centro Penitenciario. Aparte de la hipertensión, se registraron las siguientes enfermedades: diabetes, hepatitis, COVID-19 2, bronquitis o neumonía, tuberculosis, VIH (SIDA), cáncer y otros, en este apartado se engloban trastornos mentales, enfermedades infecciosas y parasitarias, endocrinas, del sistema circulatorio entre otras. De las enfermedades mencionadas con anterioridad, un inmenso número de PPL's no consumen o no reciben su tratamiento para la enfermedad que presentan por distintas razones, las 3 principales son: porque terminaron el tratamiento, consideran que no lo necesitan y porque el penitenciario no se los proporciona. Como si fuera poco, se estima que a un 26.4% de la población penitenciaria no le fue practicado un examen médico a su llegada al penal; asimismo, únicamente a un 41.7% de la población le han realizado periódicamente revisiones médicas y a un 77.8% se le han proporcionado vacunas. En cuanto a las necesidades propias de la población de mujeres privadas de su libertad se reportó que únicamente a un 41% de ellas se le ha practicado el examen de Papanicolau y a un 30.6% para detectar cáncer de mama. Al mismo tiempo, el 11.7% de ellas manifestó haber estado embarazada alguna vez durante su internamiento en el Centro Penitenciario de las cuales el 19.9% tuvieron un aborto. Aquí vale la pena mencionar que el 17.5% de las embarazadas no acudieron al médico principalmente porque los médicos del penitenciario se negaron a atenderlas siendo el 22% de los casos. Después de ello, predominaron los casos por falta de equipo necesario con un 15.8% y ausencia de médicos 14.7%.

En lo que toca a la educación, la gran cifra del 77.7% de la población privada de su libertad no se inscribió a un programa educativo, las razones más comunes son: por falta de tiempo, no quiere, falta de documentos, falta de dinero, prefieren trabajar, por COVID-19 y porque no hay programas adecuados a su nivel de estudios. Por lo que se refiere a las actividades realizadas por los internos dentro del penal, en su mayoría (95.9%) realiza actividades de culto religioso. Al lado de ello, el 71.2% de la población realiza actividades laborales, en las que destacan las artesanales, servicios personales, carpintería y maquila. De las personas que trabajaron dentro del penal, el 15.8% no reciben beneficio monetario sino beneficios como: comida, cartas de buena conducta, reducción de condena, entre otros. En el rubro de estancias dignas las áreas que menos tienen en los Centro Penitenciarios son: sanitarios, para aseo personal y para obtener agua potable. Por otro lado, en cuanto a bienes y servicios proporcionados por el Penitenciario el 66.8% de la población manifestó estar satisfecha con los mismos. Los 3 servicios con mayor porcentaje de satisfacción son:

médicos (siendo el más alto con 84.1%), psicológicos y dentales; por otro lado, los que aún escasean son; el calzado (14.4%), artículos de limpieza personal y de aseo general. Para los hijos de las mujeres privadas de su libertad los bienes y servicios menos proporcionados fueron: en primer lugar, baños exclusivos (6.6%), material educativo, calzado y ropa.

De las visitas íntimas, en general, únicamente el 17.2% de la población las recibe y de ellos el 72.1% de una a dos veces por semana. En el caso de las mujeres el 11.6% recibe visitas íntimas mientras que los hombres el 17.5%. Desafortunadamente, al hablar sobre temas relacionados a los tratos inhumanos, crueles y degradantes, seguimos observando cifras de casos en los que suceden dichas acciones después de la detención. El vergonzoso porcentaje de violencia psicológica a nivel nacional es del 64.5%. Los actos de violencia más practicados fueron: aislamiento, insultos, amenaza de levantar cargos falsos y le desvistieron. Con todo y lo anterior, el 48.6% de las personas privadas de su libertad mencionaron haber sufrido algún tipo de agresión física antes de llegar al Ministerio Público; siendo las patadas o puñetazos los más ocurridos con un 38.4%, seguidos del ahorcamiento, ataduras, aplastamiento, golpes con objetos, ahogamiento, descargas eléctricas, lesiones en órganos sexuales, agresión sexual; por último, en menor medida las quemaduras con un 3.1%. Mientras que, al llegar al Ministerio Público, el 28% de la población refirió haber sufrido lesiones físicas principalmente: patadas, le impidieron respirar, ataduras y ahogamiento.

Una vez estando presente con el Ministerio Público, únicamente la mitad de la población privada de la libertad fue interrogada por la autoridad mencionada con anterioridad y de esos interrogatorios hubo situaciones en las que la persona fue golpeada para aceptar hechos falsos (42.1%), fue engañado para aceptar hechos falsos (34.5%), fue golpeado para inculpar a alguien más (22.3%), fue engañado para inculpar a alguien más (16.7%). Así como también, quienes decidieron declararse culpables el 20% lo hizo por ser agredido físicamente. Otro de los derechos comúnmente violentados a las personas PPL's es el tiempo que deben permanecer en prisión preventiva, sabemos que el tiempo máximo es de 2 años; sin embargo, un 39.2% de la población lleva más de 2 años sin recibir sentencia.

La discriminación es un acto que afecta a la integración de la persona y que se comete en gran medida en los Centros Penitenciarios, los motivos más comunes son: por delito que cometió, edad, situación económica, rasgos físicos, religión y color de piel. Y quienes suelen ser los actores que originan este tipo de actos son los mismos internos. Del mismo modo, la corrupción es una actividad que no ha dejado de presentarse en los penitenciarios, los internos aceptan este tipo de actos con el fin de obtener ciertos bienes, beneficios, servicios o permisos, por ejemplo: pase de lista, aparatos electrónicos, cambiar de celda, agua potable, medicamentos, cama, colchoneta y/o cobijas, entre otros. Y a quienes suelen pagar por estos beneficios en su inmensa mayoría (88.9%) son a los custodios.

En temas relacionados a la reincidencia delictiva encontramos que en el año 2021 el 20.5% de la población penitenciaria fue llevada a juicio de manera previa a su reclusión actual de los cuales el 17.4% estuvo recluida por lo menos una vez antes de su situación actual. Al respecto conviene decir que, a nivel nacional, el delito que más cometió la población privada de su libertad antes de su actual reclusión fue el robo con un 57.5%.

Finalmente, las expectativas de reinserción social que tienen las personas privadas de la libertad una vez terminada su condena, más de la mitad (53.9%) considera poder hacerlo a nivel laboral, seguido de las amistades que baja significativamente la cifra a un 28.7%, con sus familiares 27.8% y en el entorno educativo únicamente el 22.8%. Adviértase que, a nivel nacional un 4.5% de la población privada de su libertad consideraron volver a cometer alguna conducta delictiva al salir del Centro Penitenciario.

### Comentarios finales

El presente análisis determina, en nuestra opinión, que a pesar de existir una clara y enorme evolución en cuanto a la normatividad de los tres Modelos Penitenciarios que han sido implementados en el Estado mexicano, no se logra discernir tal cambio en la implementación de dichos modelos, siendo más específicos, entre el Modelo de Readaptación Social y el actual, la Reinserción Social.

Para nosotros, la Regeneración Social en lo único que se apejó a su normativa fue en utilizar el encierro como forma de castigo, debido a que desde un inicio podemos destacar que en las prisiones de aquella época se violentaban exageradamente los derechos humanos, si bien, aún no se visibilizaban de la misma forma en que se hacen hoy en día, sí argumentaban que no existirían los azotes, torturas, humillaciones, entre otros tratos inhumanos y degradantes, sin embargo, la realidad era bastante diferente. Del mismo modo, su único eje rector, el trabajo, no podía ser ejercido de manera satisfactoria a consecuencia de la falta de instalaciones equipadas para tales fines.

Por otro lado, en la Readaptación Social, podemos seguir observando fallas en cuanto a la aplicación de la norma. Los temas del respeto a los Derechos Humanos siguieron siendo un punto débil para estas instituciones; sin embargo, en cuanto a su normatividad sí hubo un cambio bastante drástico desde el fin de la pena hasta incluir derechos enfocados a determinada población, como las mujeres privadas de la libertad. La educación y capacitación para el trabajo fueron un parteaguas para el desarrollo moral de los internos, al ir enfocados únicamente en cambiar su

personalidad que, si bien, no había espacios ni personal suficientes, sí fueron un avance en la vida intracarcelaria, tanto en su convivencia como en su mentalidad.

Finalmente, con la Reinserción Social podemos darnos cuenta la complejidad que generó el no haber enfatizado el respeto a los Derechos Humanos a nivel práctico, ya que, fueron violentados desde los inicios hasta la actualidad. No podemos argumentar cosa alguna en cuanto a la normatividad; ya que, México tiene una basta cantidad de Tratados firmados con otros países, tiene a la Constitución Política, normas internas y se supone que capacitación constante al personal penitenciario pero la historia sigue siendo la misma, salvajismo por parte de las autoridades y/o mismos internos desde el arresto hasta su vida en prisión.

Otro punto son los ejes rectores, que a nivel teórico sus objetivos son perfectos, pero desafortunadamente no son aplicados de forma eficiente, se incluyeron dos más cuando en modelos anteriores no podían con los que se tenían; debemos recordar que la salud, la educación, el crecimiento cultural y desarrollo de habilidades, los Derechos Humanos, no son cuestiones que se puedan otorgar de forma parcial, no podemos brindarle a una persona un 70% de salud, sus derechos no son cuestionables. Si queremos un verdadero cambio en la prevención terciaria del delito primero debemos cumplir con lo que firmamos como Estado.

### Conclusiones

Para finalizar, después del análisis que se ha realizado en esta investigación, podemos concluir que:

- En México no se han dejado de realizar violaciones a Derechos Humanos, durante la trayectoria de los Modelos Penitenciarios fue el común denominador de todos, ya no es la falta de normatividad sino el seguir implementando personal penitenciario (aunque ocurren estos actos desde antes) con poca o nula preparación, ética y profesionalismo.
- No existe Reinserción Social efectiva al existir más del 20% de reincidencia delictiva consecuencia de la incompleta aplicación de todos los ejes rectores.
- Los derechos de las mujeres privadas de su libertad son un tema incompleto, no debemos olvidar que en estos casos no estamos dañando únicamente a la mujer sino también a las infancias que viven en reclusión junto a sus madres.

### Referencias

- Agami, T. (2016) Fracaso en los medios para alcanzar la Reinserción Social: Santa Martha Acatitla, Cuadernos del Centro de Investigación en Economía Creativa (CIEC), (39), agosto, México: Centro de Diseño, Cine y Televisión.
- CNSIPEE. (14 de 03 de 2022). Obtenido de INEGI: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cnsipee/2021/doc/cnsipee\\_2021\\_resultados.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cnsipee/2021/doc/cnsipee_2021_resultados.pdf)
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Art. 18. 1917 (México).
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Art. 18. Reforma de 1965 (México).
- Diario Oficial, Órgano del Gobierno Provisional de la República Mexicana, 5 de febrero de 1917, Tomo V, 4ª Época, Número 30.
- Espinosa, I. y Zaragoza J. (2017) Criminología penitenciaria. De la regeneración a la restauración: cien años de penitenciarismo mexicano. Dialnet. Recuperado el 07 de junio del 2022 en; <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6028966>
- ENPOL. (12 de 2021). Obtenido de INEGI: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enpol/2021/doc/enpol2021\\_presentacion\\_nacional.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enpol/2021/doc/enpol2021_presentacion_nacional.pdf)
- Gómez Pérez, M. "Los derechos humanos en las cárceles y centros de reclusión penitenciaria en México", Mirada Legislativa, núm. 98, febrero de 2016, p. 6. Recuperado el 09 de junio del 2022. Disponible en: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/2040>
- Gutiérrez, J. (2020). ¿Cómo litigar ejecución penal con un enfoque de derechos humanos? Ciudad de México.
- Ley Nacional de Ejecución Penal (LNEP) Art. 4. y 72. México
- Rubio, H. La Prisión. Ciencia Jurídica. Universidad de Guanajuato 2012 p. 11-14.
- Sandoval, E. Penología, Parte General. Universidad de Colombia 1982 p. 41.
- Uribe Pérez, Everardo Saúl, El control de constitucionalidad y convencionalidad en los beneficios de la libertad preparatoria y remisión parcial de la pena, México, Facultad Latinoamericana De Ciencias Sociales, 2014.

### Notas Biográficas

**Celina Palacios Pérez de León** es egresada de la Licenciatura en Criminología de la Universidad Vizcaya de las Américas, campus Chetumal, Quintana Roo.

El **Dr. Luis Germán Sánchez Méndez** es Profesor Investigador de la Licenciatura en Seguridad Pública de la Universidad de Quintana Roo, es Licenciado en Derecho, Maestro en Ciencias de la Educación y Doctor en Desarrollo Humano. Ha publicado libros y artículos relacionados con la seguridad pública vista desde la percepción social y sobre paradigmas que efficientan la labor policial.

# El Problema de Consumo e Inversión Utilizando una Función de Utilidad Potencia a través de un Proceso de Decisión de Markov con Horizonte Aleatorio y Soporte Finito

M.C. Octavio Paredes Pérez<sup>1</sup>, Dr. Víctor Hugo Vázquez Guevara<sup>2</sup> y Dr. Hugo Adán Cruz Suárez<sup>3</sup>

**Resumen**— Este trabajo está dedicado a un problema en particular al que se le conoce de consumo e inversión, en este problema existe un inversor con cierto capital o riqueza inicial, la cual tiene la posibilidad de decidir cuánto de dicho capital consumir y cuánto se invertir en una serie de tiempos sucesivos. El objetivo principal será el de encontrar una regla de asignación para dicho capital con el fin de maximizar los criterios de desempeño, tal dilema será logrado por la técnica de programación dinámica empleada en los procesos de decisión de Markov.

**Palabras clave**—programación dinámica, horizonte aleatorio, función de utilidad potencia, consumo inversión.

## Introducción

Los procesos de decisión de Markov (MDP) proporcionan un sistema muy útil para crear e implementar un proceso de toma de decisiones cuyos resultados son parcialmente aleatorios. Los MDP son procesos estocásticos útiles para abordar una amplia gama de problemas de optimización de naturaleza continua o discreta (Hernández-Lerma & Lasserre, 1996)(en este trabajo, sólo se considerará el marco discreto). En toda la secuela; en cada etapa el proceso se encuentra en algún estado y el decisor puede elegir cualquier acción que esté disponible para dicho estado. El proceso responde en la siguiente etapa moviéndose aleatoriamente a un nuevo estado y dando al decisor una recompensa. El problema central de los MDP es encontrar una "política óptima", es decir, una función que especifique algún mecanismo para seleccionar las acciones de forma óptima en cada etapa. Los MDP pueden resolverse mediante programación dinámica. Por ejemplo, en (Bertsekas & Shreve, 1996) se da un tratamiento exhaustivo y teórico de los fundamentos matemáticos del control estocástico óptimo de sistemas de tiempo discreto, mientras que en (Hernández-Lerma O. e., 1999) el interés se limita principalmente a los MDP con un espacio de Borel de estados y unos costes posiblemente ilimitados. En (Hinderer, 1970) se explica que la teoría del método de programación dinámica estocástica es fácilmente aplicable a muchos problemas prácticos, incluso para modelos no estacionarios.

En dicho trabajo se tendrá en cuenta la posibilidad de que factores externos obliguen a terminar el proceso antes de lo previsto. Para ello, es necesario considerar el horizonte como una variable aleatoria, que puede ser independiente del espacio estado-acción (Cruz Suárez, Ilhuicatzí Roldán, & Montes de Oca, 2013). Esta idea ha sido explorada; por ejemplo, en (Vázquez Guevara, Cruz Suárez, & Velasco Luna, 2017), donde se encuentra la estrategia de selección óptima para el paradigma del Bandido Armado con horizonte aleatorio y factores de descuento posiblemente aleatorios. En el escenario anterior, se considerará un inversor con un determinado capital inicial que, en cada una de las veces que lo desee, puede reinvertir en activos de riesgo, consumir o invertir en un bono sin riesgo. El objetivo es concebir una estrategia de consumo e inversión para maximizar la suma esperada de una utilidad proveniente; exclusivamente, del capital gastado en cada etapa. Por lo tanto, en este trabajo a través de la teoría de MDP con un horizonte aleatorio finito, se establecerá una política óptima de consumo e inversión. Una forma de hacerlo es aplicar una función de utilidad cóncava a la riqueza en cierto tiempo, que en este trabajo será el de la función potencia (Andrey, 2021). La concavidad implica una utilidad marginal decreciente, que corresponde a la aversión al riesgo. El término aversión al riesgo se refiere a la preferencia por las realizaciones estocásticas con una desviación limitada del valor esperado. En el control óptimo con aversión al riesgo, se puede preferir una política con mayor coste en lo esperado, pero con menores desviaciones que otra con menor coste, pero posiblemente con mayores desviaciones. Este trabajo se organiza de la siguiente manera: primero se analizan las ideas fundamentales en torno a los MDP con horizonte aleatorio conjuntamente con una equivalencia entre los criterios de rendimiento de un MDP con horizonte aleatorio finito y el asociado a un MDP con horizonte determinista. Luego se aborda un escenario de consumo e inversión con horizonte aleatorio junto con un experimento numérico. Adicionalmente, se expone la principal contribución de este texto: el hallazgo de la política óptima para el problema de consumo e inversión con horizonte

<sup>1</sup> Octavio Paredes Pérez alumno de doctorado de la facultad de Físico Matemáticas de la Buap. [octavio.paredespe@alumno.buap.mx](mailto:octavio.paredespe@alumno.buap.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Víctor Hugo Vázquez Guevara es profesor investigador de la facultad de Físico Matemáticas de la Buap. [vvazquez@fcfm.buap.mx](mailto:vvazquez@fcfm.buap.mx)

<sup>3</sup> Hugo Adán Cruz Suárez es profesor investigador de la facultad de Físico Matemáticas de la Buap. [hcs@fcfm.buap.mx](mailto:hcs@fcfm.buap.mx)

aleatorio finito y función de utilidad potencia.

### Procesos de decisión de Markov con horizonte aleatorio

Se definirá el tema principal de este trabajo que será la herramienta para resolver el problema de consumo e inversión descrito más adelante. El horizonte se considerará como una variable aleatoria. En dicho contexto, se proporcionará la siguiente definición ver (Bäurle & Rieder, 2011):

**Definición 1** *Un modelo de Decisión de Markov con Factor de descuento variable y Horizonte aleatorio  $\tau$ , consiste del conjunto  $(E, A, D, Q, r_n, g, \alpha_n, \tau)$  con  $n = 0, 1, \dots, N - 1$ , en donde*

- $E$  es un espacio de Borel, llamado espacio de estados, dotado con la  $\sigma$ -álgebra  $\mathcal{E}$
- $A$  es un espacio de Borel, llamado espacio de acciones, equipado con la  $\sigma$ -álgebra  $\mathcal{A}$
- $D \subseteq E \times A$  es un subconjunto medible de  $E \times A$  que denota al conjunto de posibles combinaciones estado-acción. Se asumirá que  $D$  contiene el gráfico de una función medible  $f: E \rightarrow A$ . Para  $x \in E$ , el conjunto  $D(x) := \{a \in A | (x, a) \in D\}$  es llamado el conjunto de acciones admisibles.
- $r_n: D \rightarrow \mathbb{R}$  es una función medible, da la recompensa de una etapa del sistema en la etapa  $n$ .
- $g: E \rightarrow \mathbb{R}$  también es medible y tal que  $g(x)$  proporciona la recompensa terminal si el estado final es  $x$ .
- $\tau$ , el horizonte aleatorio con soporte en  $\{0, 1, \dots, N\}$ , con  $\rho_n := \mathbb{P}(\tau = n)$ .
- $Q$  es un kernel de transición estocástico de  $E$  dado  $D$ . La cantidad  $Q(B|x, a)$  es la probabilidad de que el siguiente estado esté en  $B$  si el estado actual es  $x$  y la acción  $a$  es tomada.

Más adelante, se considerará que el kernel de transición  $Q$  está caracterizado por un espacio de perturbaciones  $Z$  suministrado con la  $\sigma$ -álgebra  $\mathcal{Z}$ , el kernel estocástico  $Q^Z$  tal que para  $B \in \mathcal{Z}$  y  $(x, a) \in D$  se tiene que  $Q^Z(B|x, a)$  denota la probabilidad que  $Z$  esté en  $B$  si el estado actual es  $x$  y la acción tomada es  $a$  y una función medible  $T: D \times Z \rightarrow E$  es conocida como la función de transición, tal que  $T(x, a, z)$  da el siguiente estado del sistema cuando la acción  $a$  es tomada y la perturbación  $z$  ocurre como sigue:  $Q(B|x, a) := Q^Z(\{z \in Z | T(x, a, z) \in B\} | x, a)$ ,  $B \in \mathcal{E}$ .

Las decisiones serán modeladas a través de funciones medibles de  $E$  a  $A$  como puede ser observado en la siguiente definición.

#### Definition 2

- Una función medible  $f: E \rightarrow A$ , tal que  $f(x) \in D(x)$  para algún  $x \in E$ , es llamada regla de decisión. Se denotará por  $F$  al conjunto de todas las reglas de decisión.
- Una sucesión de reglas de decisión  $\pi = (f_0, f_1, \dots, f_{N-1})$  con  $f_n \in F$  es llamada política o estrategia.

El siguiente supuesto permite brindar condiciones suficientes para establecer la existencia de políticas óptimas.

#### Supuesto 1

- La función de recompensa por etapa  $r_n(x, a)$  es semicontinua inferiormente, no negativa e inf-compacta sobre  $D(x)$ .
- La ley de transición  $Q$  es fuertemente continua.
- Existe una política  $\pi$  tal que  $V(\pi, x) < \infty$ , para cada  $x \in E$ .

El conjunto de todas las políticas que satisfacen el Supuesto 1 será denotado por  $\Pi$ .

En la literatura se pueden encontrar con diferentes referencias donde se discuten problemas de control en tiempo discreto con un horizonte aleatorio, por ejemplo: (Cruz Suárez, Ilhuicatzí Roldán, & Montes de Oca, 2013), (Iida & Mori, 1996), (Paredes Pérez, Vázquez Guevara, & Cruz Suárez, 2022) y (Vázquez Guevara, Cruz Suárez, & Velasco Luna, 2017). Por tanto, sea una variable aleatoria discreta asociada a algún espacio de probabilidad  $(\Omega', \mathcal{F}', \mathbb{P})$ . Supongamos que la función de masa es conocida y está dada por  $\rho_n := \mathbb{P}(\tau = n)$ , con  $n = 0, 1, 2, \dots, N$ , donde  $N$  es un número natural o  $N = \infty$ . Se considerará ahora un modelo de decisión de Markov  $(E, A, D, Q, r_n, g)$  y se definirá el siguiente criterio de rendimiento:

$$V^\tau(\pi, x) := \mathbb{E}[\sum_{n=0}^{\tau-1} r_n(X_n, a_n) + g(X_\tau)], \quad (1)$$

donde  $\pi \in \Pi$ ,  $x \in E$  y  $\mathbb{E}$  denota el valor esperado con respecto a la distribución conjunta del proceso  $\{(x_n, a_n)\}$  y  $\tau$ . A fin de introducir el correspondiente problema de control óptimo, se definirá el criterio de optimización:

$$V^{\tau(x)} := \sup_{\pi \in \Pi} V^\tau(\pi, x), \quad x \in E. \quad (2)$$

Por lo tanto, el problema de control óptimo con horizonte aleatorio consiste en encontrar una política  $\pi^* \in \Pi$  tal que  $V^\tau(\pi^*, x) = V^{\tau(x)}$ ,  $\forall x \in E$ . El siguiente supuesto será considerado para simplificar el criterio de rendimiento con horizonte aleatorio (Cruz Suárez, Ilhuicatzí Roldán, & Montes de Oca, 2013).

**Supuesto 2** *Para cada  $x \in E$  y  $\pi \in \Pi$  el proceso inducido  $\{(X_n, a_n) | n = 0, 1, 2, \dots\}$  es independiente de  $\tau$ . Así, bajo el Supuesto 2 y la ecuación (1), el criterio de recompensa se reduce a:*

$$V^\tau(\pi, x) = \mathbb{E}[\sum_{n=0}^{N-1} \mathbb{P}_n r_n(X_n, a_n) + \mathbb{P}_N g(X_N)], x \in E, \pi \in \Pi. \quad (3)$$

Donde para cada  $n = 0, 1, 2, \dots, N$ ,  $\mathbb{P}_n := P[\tau \geq n]$ . Así, el problema de control con horizonte aleatorio  $\tau$  es equivalente al problema de control óptimo con horizonte  $N + 1$ .

### Problema de consumo e inversión

Un inversionista es considerado con riqueza o capital inicial  $x > 0$  y en el comienzo de cada  $N$  periodos (implícitamente un horizonte aleatorio  $\tau$  es considerado con soporte en  $\{0, 1, 2, \dots, N\}$  es contemplado) el puede decidir qué parte de esta riqueza consumir y qué parte invertir en el Mercado Financiero (Madura, 2010). La cantidad  $c_n$  consumida en el tiempo  $n$  es evaluada por la función de utilidad  $U_c(c_n)$ . El resto de la riqueza es invertida en los activos riesgosos y en un bono libre de riesgo, la riqueza terminal  $X_N$  se evalúa por medio de una función de utilidad  $U_p(X_N)$ . ¿Cómo debe el inversor consumir e invertir su riqueza para maximizar la suma descontada de sus beneficios esperados?. El proceso de la riqueza evoluciona como sigue:  $X_{n+1} = (1 + i_{n+1})(X_n - c_n + a_n \cdot R_{n+1})$ , donde  $(c, a) = (c_n, a_n)$  es una estrategia de consumo e inversión, i.e.  $(a_n)$  y  $(c_n)$  son  $(\mathcal{F}_n)$  adaptados con  $0 \leq c_n \leq X_n$ ,  $i_n$  la tasa de interés y  $R_n$  el riesgo relativo de la inversión. El problema puede ser resuelto mediante un Modelo de Decisión de Markov con las siguientes componentes:

- $E := [0, \infty)$  donde  $x \in E$  denota la riqueza,
- $A := \mathbb{R}_+ \times \mathbb{R}^d$  donde  $a \in \mathbb{R}^d$  es la cantidad de dinero invertida en el activo riesgoso y  $c \in \mathbb{R}_+$  es la riqueza consumida,
- $D(x) := \{(c, a) \in A \mid 0 \leq c \leq x \text{ y } (1 + i_{n+1})(x - c + a \cdot R_{n+1}) \geq 0, \mathbb{P} - c. s. \}$  es el conjunto de acciones admisibles para cada  $x \geq 0$ ,
- $Z := [-1, \infty)^d$  donde  $z \in Z$  denota el riesgo relativo,
- $T(x, c, a, z) := (1 + i_{n+1})(x - c + a \cdot z)$ , la función de transición,
- $Q^Z(\cdot \mid x, c, a) :=$  la función de distribución de  $R_{n+1}$  (independiente de  $(x, c, a)$ ),
- $r(x, c, a) := U_c(c)$ , la función de recompensa,
- $g(x) := U_p(x)$ , la función de recompensa terminal,
- $\tau$ , el horizonte aleatorio con soporte sobre  $\{0, 1, \dots, N\}$ .

El criterio de recompensa está definida por:  $V(x) = \sup_{\pi \in \Pi} \mathbb{E}_x^\pi [\sum_{n=1}^\tau r_n(c_n(X_n)) + g(X_\tau)]$ , donde el supremo es tomado sobre todas las políticas  $\pi = (f_0, \dots, f_{N-1})$  con  $f_n(x) = (c_n(x), a_n(x))$ . Se darán las condiciones suficientes para proponer la solución del problema de consumo e inversión con horizonte aleatorio y que tiene soporte finito. La demostración del siguiente resultado está basada en la referencia (Cruz Suárez, Ilhuicatzí Roldán, & Montes de Oca, 2013).

**Teorema 1** Para el problema de Consumo e Inversión multiperódico definanse las siguientes funciones  $V_0, V_1, \dots, V_N$ , sobre  $E$ :

$$\begin{aligned} V_{N+1}(x) &\equiv 0, \\ V_N(x) &= \mathbb{P}_N(x) U_p(x), \\ V_n(x) &= \sup_{(c,a) \in D(x)} \{ \mathbb{P}_n U_c(c) + \mathbb{E} V_{n+1}((1 + i_{n+1})(x - c + a \cdot R_{n+1})) \}. \end{aligned}$$

Entonces, existen maximizadores  $f_n^*$  de  $V_{n+1}$  y la estrategia  $(f_0^*, \dots, f_{N-1}^*)$  es óptima para el problema de consumo e inversión con horizonte aleatorio  $\tau$  y que tiene soporte finito.

### Función de utilidad potencia

La función de utilidad de potencia tiene la propiedad de la aversión al riesgo relativo constante (Andrey, 2021), ambas funciones de utilidad  $U_c(c)$  y  $U_p(x)$  son de la forma:  $\gamma^{-1} x^\gamma$ ,  $0 < \gamma < 1$  y  $x \in [0, \infty)$ . (6)

Se tiene que  $E = [0, \infty)$ , ya que será mas conveniente a la hora de trabajar con fracciones de dinero invertido en lugar de grandes cantidades, se definirá al conjunto de fracciones admisibles por:  $A(x) := \{\alpha \in \mathbb{R}^d \mid 1 + \alpha \cdot R_{n+1} \geq 0, \mathbb{P} - c. s. \}$ . Entonces se obtendrá el siguiente resultado que ayudará a resolver el problema de interés.

**Teorema 2** Se asumirá que ambas funciones de utilidad  $U_c(c)$  y  $U_p(x)$  son funciones de utilidad potencia con la forma de (6) con  $0 < \gamma < 1$ ,  $x \in [0, \infty)$ . Entonces se cumple que:

$$\begin{aligned} V_{N+1}(x) &:= 0, \\ V_N(x) &:= \mathbb{P}_N \frac{1}{\gamma} x^\gamma = k_N x^\gamma, \\ V_n(x) &= k_n x^\gamma, \quad n \in \{0, 1, \dots, N-1\}, \end{aligned}$$

$\forall x \in E$ , donde  $v_n$  y  $k_n$  tienen la siguiente forma respectivamente,  $v_n = \sup_{\alpha \in A} \mathbb{E}(1 + \alpha \cdot R_{n+1})^\gamma$ ,

$$k_n = \mathbb{P}_n \frac{1}{\gamma} \left( \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma + k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma \left( \frac{\gamma^{-\delta} \mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta}{\mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma v_n.$$

Por lo tanto, se tendrá que el consumo óptimo en la etapa  $n$ , es  $c_n = \zeta_n x$ , donde  $\zeta_n = \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta + \gamma^{-\delta}}$ , con  $\zeta \in [0,1]$  si  $\mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta \geq 0$  y la inversión óptima en la etapa  $n$  es  $a_n^* = \alpha (1 - \zeta_n) x$ , donde  $\alpha$  es la solución óptima de  $v_n$ .

**Demostración.** Como la función potencia es una función de utilidad, entonces se cumple el Supuesto 1. Así, se tiene que:

$$\begin{aligned} V_{N-1}(x) &= \sup_{(c,a) \in D(x)} \{ \mathbb{P}_{N-1} U_c(c) + \mathbb{E} V_N[(1 + i_N)(x - c + a \cdot R_N)] \} \\ &= \sup_{(c,a) \in D(x)} \left\{ \mathbb{P}_{N-1} \frac{1}{\gamma} c^\gamma + k_N (1 + i_N)^\gamma \mathbb{E}[(x - c + a \cdot R_N)^\gamma] \right\}. \end{aligned}$$

Para simplificar el problema se hará uso de la siguiente transformación,  $c_N = \zeta_N x$  y  $a_N = (1 - \zeta_N) x$ , se tendrá que:

$$\begin{aligned} V_{N-1}(x) &= \sup_{0 \leq \zeta \leq 1} \left\{ \mathbb{P}_{N-1} \frac{1}{\gamma} (\zeta x)^\gamma + k_N (1 + i_N)^\gamma x^\gamma (1 - \zeta)^\gamma \mathbb{E}_{\alpha \in \mathbb{R}^d} [(1 + \alpha \cdot R_N)^\gamma] \right\} \\ &= x^\gamma \sup_{0 \leq \zeta \leq 1} \left\{ \mathbb{P}_{N-1} \frac{1}{\gamma} \zeta^\gamma + k_N (1 + i_N)^\gamma (1 - \zeta)^\gamma v_{N-1} \right\}. \end{aligned}$$

Se tendrá que utilizar la siguiente notación para mayor comodidad,  $\ell(\zeta)$  como

$$\ell(\zeta) = \mathbb{P}_{N-1} \frac{1}{\gamma} \zeta^\gamma + k_N (1 + i_N)^\gamma (1 - \zeta)^\gamma v_{N-1}$$

por lo tanto, su valor máximo a través de técnicas de optimización estándar es  $\zeta_{N-1} = \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_{N-1}^{-\delta} (k_N (1 + i_N)^\gamma v_{N-1})^\delta + \gamma^{-\delta}}$ , donde  $\zeta_{N-1} \in [0,1]$ . Además, la inversión óptima es  $a_{N-1}^* = \alpha (1 - \zeta_{N-1}) x$ , donde  $\alpha$  es la solución de  $v_{N-1}$ .

Substituyendo el valor de  $\zeta$  en  $V_{N-1}(x)$  se tendrá:

$$\begin{aligned} V_{N-1}(x) &= x^\gamma \left[ \mathbb{P}_{N-1} \frac{1}{\gamma} \left( \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_{N-1}^{-\delta} (k_N (1 + i_N)^\gamma v_{N-1})^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma + k_N (1 + i_N)^\gamma \left( \frac{\gamma^{-\delta} \mathbb{P}_{N-1}^{-\delta} (k_N (1 + i_N)^\gamma v_{N-1})^\delta}{\mathbb{P}_{N-1}^{-\delta} (k_N (1 + i_N)^\gamma v_{N-1})^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma v_n \right] \\ &= x^\gamma k_{N-1}. \end{aligned}$$

Si repetimos el mismo procedimiento hasta la etapa  $n$ , se tendrá que  $V_n(x)$  es de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} V_n(x) &= x^\gamma \left[ \mathbb{P}_n \frac{1}{\gamma} \left( \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma + k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma \left( \frac{\gamma^{-\delta} \mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta}{\mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma v_n \right] \\ &= x^\gamma k_n. \end{aligned}$$

Por lo que el consumo óptimo es  $\zeta_n = \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_n^{-\delta} (k_{n+1} (1 + i_{n+1})^\gamma v_n)^\delta + \gamma^{-\delta}}$  con  $\zeta_n \in [0,1]$  y la inversión óptima es  $a_n^* = \alpha (1 - \zeta_n) x$ , donde  $\alpha$  es la solución de  $v_n$ .

De lo anterior podemos concluir que para la función  $V_0$  tendrá la siguiente forma:

$$\begin{aligned} V_0(x) &= x^\gamma \left[ \mathbb{P}_0 \frac{1}{\gamma} \left( \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_0^{-\delta} (k_1 (1 + i_1)^\gamma v_0)^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma + k_1 (1 + i_1)^\gamma \left( \frac{\gamma^{-\delta} \mathbb{P}_0^{-\delta} (k_1 (1 + i_1)^\gamma v_0)^\delta}{\mathbb{P}_0^{-\delta} (k_1 (1 + i_1)^\gamma v_0)^\delta + \gamma^{-\delta}} \right)^\gamma v_0 \right] \\ &= x^\gamma k_0. \end{aligned}$$

Así, el consumo óptimo es  $\zeta_0 = \frac{\gamma^{-\delta}}{\mathbb{P}_0^{-\delta} (k_1 (1 + i_1)^\gamma v_0)^\delta + \gamma^{-\delta}}$  con  $\zeta_0 \in [0,1]$  y la inversión óptima es  $a_0^* = \alpha (1 - \zeta_0) x$ , donde  $\alpha$  es la solución de  $v_0$ .

### Ejemplo numérico

En este apartado se ilustrará lo obtenido anteriormente, para esto se considerará dos activos riesgosos ( $d=1$ ) del mercado financiero y la distribución del vector aleatorio de riesgo relativo ( $R_n$ ) pueden ser aproximados por un modelo binomial o de Cox-Ross-Rubinstein. Se supondrá que el proceso consta a los más de  $n = 10$  etapas, con  $\gamma = 0.7$  y tasa de interés  $i = 0.05$ . Luego se tiene que  $v_n$  tiene la siguiente forma:  $v_n := \sup_{\alpha \in A} \mathbb{E}[(1 + \alpha \cdot R_{n+1})^\gamma]$ . Donde el espacio de acciones está definido por  $A := \{ \alpha \in \mathbb{R}^d \mid 1 + \alpha \cdot R_{n+1} > 0, P - c. s. \}$ . Como se está suponiendo que el proceso

de riesgo relativo es un modelo binomial y se tiene una función de utilidad potencia, entonces se obtendrá lo siguiente:  
 $v_n = \sup_{\alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_1} (1 + i + \alpha(u - 1 - i))^Y p + (1 + i + \alpha(d - 1 - i))^Y (1 - p)$ , con  $\alpha_0 := \frac{1+i}{1+i-u} < 0$  y  $\alpha_1 := \frac{1+i}{1+i-d} > 0$ .

Se tiene que  $\delta := (1 - \gamma)^{-1}$ . La solución óptima tiene la siguiente forma:

$$\alpha^* := \frac{(1+i)}{((1+i-d)(u-1-i))} \cdot \frac{(u-1-i)^\delta p^\delta - (1+i-d)^\delta (1-p)^\delta}{(u-1-i)^\delta \gamma p^\delta + (1+i-d)^\delta \gamma (1-p)^\delta}$$

Cuyos valores de los parámetros son:  $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$ ,  $d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$  y  $p = \frac{(1+i-d)}{u-d}$ . Antes de aplicar la dinámica del proceso de riqueza es posible encontrar los valores correspondientes de  $v_n = 1.0347$ , de su valor óptimo  $\alpha = 3.9547 \times 10^{-15}$ , con los siguientes datos (variación del tiempo, coeficientes de ascenso y descenso y volatilidad del precio del activo):  $\Delta t = 1$ ,  $u = 1.1618$ ,  $d = 0.8607$ ,  $\sigma = 0.15$  y  $p = 0.6286$ . Ahora se supondrá que la distribución del horizonte  $\tau$  es una función uniforme discreta. Dadas las simplificaciones consideradas anteriormente, es posible encontrar valores constantes de los  $k_n$  (que ayudarán en la construcción de los consumos óptimos) observados en la Tabla 1. Esto es posible ya que estos parámetros no dependen del capital inicial ni del proceso de riqueza.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$k_n$	0.2092	0.2092	0.2092	0.2092	0.2092	0.2091	0.2083	0.2028	0.1823	0.1429

**Tabla 1. Valores de los  $k_n$**

A continuación, se llevará a cabo la realización del proceso de riqueza: A partir de ahora, se tiene que el capital inicial adquiere relevancia, de ahí que las Tablas 2-5 expongan la evolución de la inversión óptima, consumos óptimos, así como una trayectoria de los  $(X_n)$  con capital inicial igual a \$100, \$500, \$750 y \$1, 000, además de los valores de las recompensas máximas por etapas. Se observa un comportamiento decreciente en el proceso de riqueza acompañado de junto con el consumo y la inversión óptima, puesto que, a menor capital, menor inversión y menor consumo, Pero de forma creciente para las recompensas óptimas por etapa.

n	\$100	\$500	\$750	\$1000
0	0.3233	0.1616	0.2424	0.3233
1	0.2775	0.1387	0.2081	0.2775
2	0.2381	0.1191	0.1786	0.2381
3	0.2044	0.1022	0.1533	0.2044
4	0.1754	0.0877	0.1316	0.1754
5	0.1505	0.0753	0.1129	0.1505
6	0.1288	0.0644	0.0966	0.1288
7	0.1084	0.0542	0.0813	0.1084
8	0.0841	0.0421	0.0631	0.0841
9	0.0492	0.0246	0.0369	0.0492

**Tabla 2. Valores óptimos de la inversión**

n	\$100	\$500	\$750	\$1000
0	100	500	750	1000
1	85.8292	429.1459	643.7188	858.3
2	73.6665	368.3324	552.4985	736.7
3	63.2273	316.1365	474.2047	632.3
4	54.2672	271.3362	407.0044	542.7
5	46.5755	232.8773	349.3159	465.8
6	39.9627	199.8133	299.7199	399.6
7	34.2067	171.0334	256.5501	342.1
8	28.7843	143.9217	215.8826	287.8
9	22.3319	111.6595	167.4892	223.3

**Tabla 4. Evolución del capital**

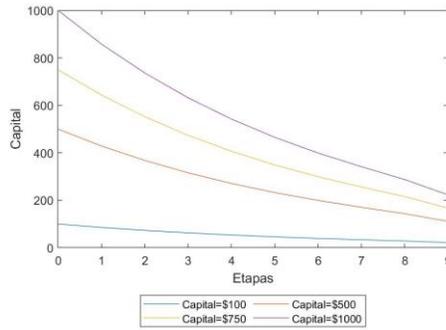
n	\$100	\$500	\$750	\$1000
0	18.2579	91.2896	136.9345	182.5793
1	15.6706	78.3532	117.5297	156.7063
2	13.4500	67.2500	100.8750	134.5000
3	11.5442	57.7210	86.5815	115.4420
4	9.9097	49.5484	74.3225	99.0967
5	8.5158	42.5789	63.8683	85.1578
6	7.3849	36.9243	55.3865	73.8487
7	6.7930	33.9651	50.9476	67.9302
8	7.5159	37.5794	56.3691	75.1588
9	9.9002	49.5012	74.2518	99.0024

**Tabla 3. Valores óptimos del consumo**

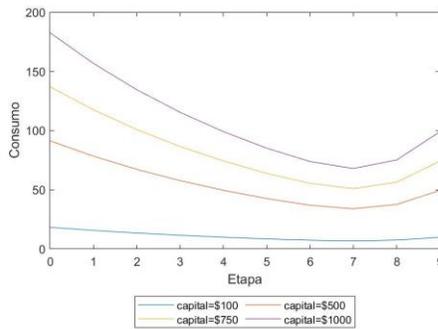
n	\$100	\$500	\$750	\$1000
0	1.2565	3.8764	5.1486	6.2972
1	1.9150	5.9082	7.8472	9.5978
2	2.4037	7.4159	9.8498	12.0472
3	2.7528	8.4927	11.2801	13.7965
4	3.0762	9.4907	12.6056	15.4177
5	3.4252	10.5673	14.0355	17.1667
6	3.8121	11.7610	15.6210	19.1058
7	4.2425	13.0889	17.3847	21.2630
8	4.7215	14.5666	19.3474	23.6635
9	5.2545	16.2112	21.5317	26.3351

**Tabla 5. Recompensas por etapa**

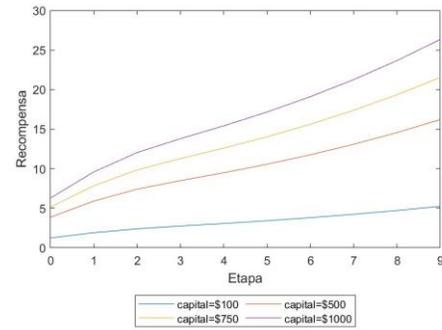
De la misma manera, las Ilustraciones 1-4 muestran las mismas observaciones, pero permiten comparar las trayectorias del número de etapas  $n$  con respecto al capital  $X_n$ , inversión óptima  $a_n$ , consumos óptimos  $c_n$  y las recompensas máximas por etapa  $V_n$ .



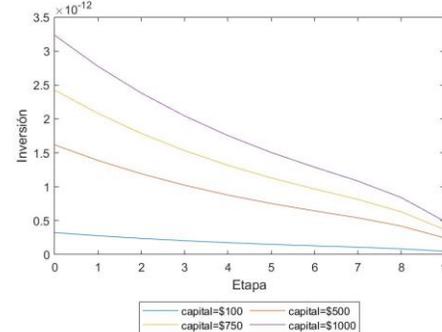
**Ilustración 2. Evolución del capital**



**Ilustración 4. Consumos óptimos**



**Ilustración 1. Recompensas máximas por etapas**



**Ilustración 3. Inversiones óptimas**

### Conclusiones

En este trabajo se estudió el problema de consumo e inversión mediante un proceso de decisión de Markov con horizonte aleatorio y el cual tiene soporte finito. En este marco, el consumo y la inversión óptimas se obtuvieron mediante el enfoque de la programación dinámica, evaluando dichos consumos a través de la función de utilidad potencia.

### Referencias

- Andrey, S. (2021). Optimal portfolio with power utility of absolute and relative wealth. [doi.org/10.48550/arXiv.2105.08139](https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.08139).
- Bäurle, N., & Rieder, U. (2011). *Markov Decision Processes with Applications to Finance*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Bertsekas, D., & Shreve, S. E. (1996). *Stochastic Optimal Control: The Discrete-Time Case*. Belmont, Massachusetts: Athena Scientific.
- Cruz Suárez, H., Ilhuicatzí Roldán, R., & Montes de Oca, R. (2013). Markov Decision Processes on Borel Spaces with Total cost and Random Horizon. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 329-346.
- Hernández-Lerma, O. e. (1999). *Further Topics on Discrete-Time Markov Control Processes*. New York: Springer-Verlag.
- Hernández-Lerma, O., & Laserra, J. B. (1996). *Discrete-Time Markov Control Processes*. New York: Springer-Verlag.
- Hinderer, K. (1970). *Foundations of Non-Stationary Dynamic Programming with Discrete-Time Parameter*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Iida, T., & Mori, M. (1996). Markov Decision Processes with Random Horizon. *Journal of Oper. Res.*, 592-603.
- Madura, J. (2010). *Mercados e Instituciones Financieras*. South Western: Cengage Learning.
- Paredes Pérez, O., Vázquez Guevara, V. H., & Cruz Suárez, H. A. (2022). Aconsumption and Investment Problem via a Markov Decision Processes Approach with Random Horizon. *Advances in Operations Research*.
- Puterman, M. (2005). *Markov Decision Processes. Discrete Stochastic Dynamic Programming*. Wiley-Interscience.
- Vázquez Guevara, V. H., Cruz Suárez, H., & Velasco Luna, F. (2017). Optimal Assignment of Sellers in a Store with a Random Number of Clients via the Armed Bandit Model. *RAIRO-Oper. Res.*, 1119-1132.