

# Evaluación Experimental de Transferencia de Calor en un Radiador de un Motor de Combustión Interna de Encendido por Chispa

Dr. Víctor Daniel Jiménez Macedo<sup>1</sup>, Dr. Crisanto Mendoza Covarrubias<sup>2</sup>, M.I. Hugo Cuauhtemoc Gutierrez Sánchez<sup>3</sup>, Juan Mauricio Trenado Herrera<sup>4</sup>

**Resumen**—En el presente trabajo se realiza un análisis del funcionamiento de un radiador. Se usa un motor de combustión interna de encendido por chispa. El objetivo es realizar la caracterización térmica del radiador por medio de la diferencia de temperatura media logarítmica bajo diferentes condiciones de funcionamiento. De esta forma, se ha instrumentado con termopares la entrada y salida del radiador para medir la temperatura del refrigerante. También, se han instalado termopares para medir la temperatura del flujo de aire que atraviesa el radiador. Asimismo, se ha usado una cámara termográfica para obtener mapas de temperatura de la superficie del radiador. Las mediciones fueron registradas bajo diferentes regímenes de giro de la bomba del refrigerante y del motor de combustión interna, con diferentes posiciones del acelerador. Los principales resultados del presente trabajo es la caracterización térmica de disipación de calor, que se lleva a cabo en el radiador, bajo diferentes condiciones de operación del motor de combustión interna. Donde se observan diferencias promedio del 11 % entre las temperaturas del agua de entrada y salida. Finalmente, una variación porcentual promedio del 8.5 % en la diferencia de temperaturas promedio en el radiador.

**Palabras clave**—Medición experimental, maquinas térmicas, disipación de calor.

## Introducción

En un motor de combustión interna, el sistema de refrigeración es de gran importancia debido a las altas temperaturas que se generan en el interior del cilindro. El motor térmico incluye un sistema de refrigeración por aire o líquida. También se refrigera con el aceite que lubrica las partes constructivas internas.

El proceso estándar de refrigeración líquida inicia una vez el motor empieza su proceso de calentamiento y llega a la temperatura que acciona el termostato. En este instante, la bomba de agua impulsa y hace fluir el líquido refrigerante a través del radiador para ceder el calor al exterior del radiador. El proceso de enfriamiento del refrigerante a través del radiador se mejora al incorporar un tiro forzado por medio de un ventilador. El ventilador puede ser accionado de dos formas; la primera, por la energía mecánica que se extrae del cigüeñal, girando el ventilador con una velocidad angular en función del régimen de giro del motor; la segunda, por un motor eléctrico el cual se alimenta de la energía que proporciona un generador eléctrico o alternador. De manera general, el electroventilador tiene dos velocidades de giro. También, el sistema de refrigeración incorpora un vaso de expansión. Una función del vaso de expansión, es controlar la presión en el interior del circuito, para que no se exceda, por medio de una válvula de alivio. Finalmente, una vez se cede el calor del refrigerante a los alrededores, el refrigerante, ahora a menor temperatura, se introduce a través del circuito de refrigeración líquida para extraer nuevamente el calor del interior del motor.

## Transferencia de calor en el radiador en estudio

En el radiador del motor de combustión interna se lleva a cabo el proceso de transferencia de calor del líquido refrigerante caliente, que sale del interior del motor de combustión interna, cediendo su calor al entorno. De esta forma, en la presente sección se presentan los modelos teóricos que son de amplio uso para analizar los radiadores de vehículos automotor. La caracterización del funcionamiento del radiador está definida por la capacidad que tiene este dispositivo de extraer el calor al líquido refrigerante. En la figura 1 se muestra el motor de combustión interna en estudio y el radiador a caracterizar. El motor es de aspiración natural, de seis cilindros, incorpora una válvula de admisión y una de escape en cada cilindro, y tiene una cilindrada total de 4.1 L.

<sup>1</sup> El Dr. Víctor Daniel Jiménez Macedo es Profesor e Investigador de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [vdjimen@umich.mx](mailto:vdjimen@umich.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El Dr. Crisanto Mendoza Covarrubias es Profesor e Investigador de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [cmendoza@umich.mx](mailto:cmendoza@umich.mx)

<sup>3</sup> El M.I. Hugo Cuauhtemoc Gutierrez Sánchez es Profesor e Investigador de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [hcgshan@umich.mx](mailto:hcgshan@umich.mx)

<sup>4</sup> El Sr. Juan Mauricio Trenado Herrera es Alumno de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. [1597281h@umich.mx](mailto:1597281h@umich.mx)



Figura 1. Motor de combustión interna (izquierda); radiador en banco de pruebas (derecha).

Por otra parte, en la parte derecha de esta misma figura 1 se muestra el radiador que incorpora el motor de combustión interna. El radiador en estudio es un intercambiador de calor de flujo cruzado, ambos fluidos sin mezclar.

El balance térmico en el radiador es el calor cedido por el líquido refrigerante caliente es igual al cedido al aire que pasa por el radiador. De esta forma, la potencia térmica que se trasmite al exterior va a depender del gasto másico, la capacidad calorífica a presión constante y la cantidad reducida de temperatura del líquido refrigerante. En un intercambiador de calor, el fluido caliente cede su energía calorífica al entorno, principalmente de forma unidimensional y, primordialmente, por los mecanismos de convección y conducción. De esta forma, para obtener el coeficiente global de transferencia de calor se usa la siguiente ecuación:

$$U = \frac{\dot{Q}}{A \cdot DTML_{CF,F}} \quad \text{ec. (1)}$$

Donde,  $\dot{Q}$  es el calor expulsado al entorno,  $A$  es el área de transferencia de calor en contacto con el líquido refrigerante y la  $DTML_{CF,F}$  es la diferencia de temperaturas media logarítmica del radiador a contracorriente y toma en cuenta un factor de corrección para intercambiadores de flujo cruzado no mezclado, de esta forma, nos proporciona la diferencia de temperaturas real. La ecuación para determinar la diferencia de temperaturas media logarítmica es:

$$DTML_{CF,F} / F = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad \text{ec. (2)}$$

La ecuación (2) es útil para el diseño térmico del radiador. Donde  $\Delta T_1$  es la diferencia de la temperatura de agua que entra al radiador y la temperatura de aire que sale del radiador.  $\Delta T_2$  es la diferencia entre la temperatura de agua que sale del radiador y la temperatura de aire que entra al radiador. El valor promedio obtenido del factor de corrección fue de 0.9 [-].

### Información experimental

En el presente apartado se muestra la información experimental registrada en banco motor. Para la medición de temperaturas se han usado termopares tipo K. Se instrumentó la entrada y salida del radiador para medir la temperatura del líquido refrigerante y la temperatura de pared externa. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 2.

De esta forma, se muestra en la parte izquierda de esta figura 2, en el eje de la ordenada, las temperaturas del refrigerante, para efectos comparativos, se han adimensionalizado estos valores medidos con una temperatura de referencia. También, el eje de las abscisas muestra el régimen de giro del motor de combustión interna. Se han registrado mediciones a 1000, 1500 y 2000 rpm. Por otra parte, en la parte derecha de esta misma figura, se muestra la temperatura de pared externa, que fue registrada sobre el mismo perímetro sobre la cual se registró la temperatura para el refrigerante. También, para efectos comparativos, se normalizaron estos valores con la misma temperatura de

referencia. Estos valores sirven para cuantificar el calor transferido del refrigerante al exterior, no obstante, estos resultados quedan fuera del alcance del presente estudio.

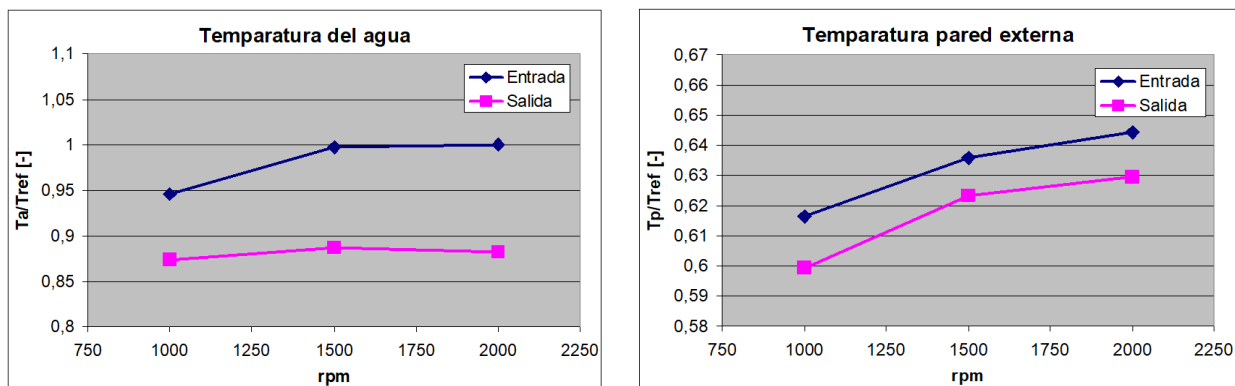


Figura 2. Temperatura del líquido refrigerante adimensional (izquierda); temperatura de pared externa adimensional en banco de pruebas (derecha).

Por otra parte, se ha registrado la velocidad del aire de entrada que pasa por el radiador. Este flujo de aire se hace fluir por medio de un ventilador que se incorpora en el motor térmico para el sistema de refrigeración líquida. El régimen de giro del ventilador, en el presente caso, está en función del régimen de giro del motor de combustión interna. Estos resultados se muestran en la parte izquierda de la figura 3. También, se ha registrado la temperatura de entrada y salida del aire que pasa por medio del radiador. Estos resultados se muestran en la parte derecha de la figura 3.

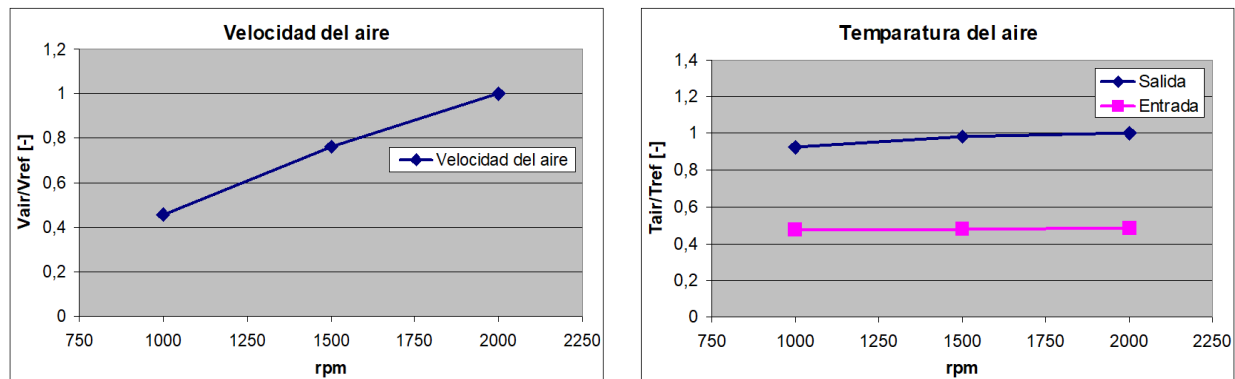


Figura 3. Velocidad del aire adimensional que pasa por el radiador (izquierda); temperatura de entrada y salida del aire adimensional que pasa por el radiador en banco de pruebas (derecha).

En la figura 3 se muestra, en primer lugar, la velocidad del aire que fue registrada con un anemómetro. Para efectos comparativos, se ha tomado una condición de referencia para normalizar la velocidad del aire. Al igual que en la figura 2, se han obtenido resultados a 1000, 1500 y 2000 rpm. Se puede observar que la velocidad del aire aumenta conforme se acelera el motor de combustión interna. Que es razonable por estar asociada la velocidad de giro angular del ventilador con la del cigüeñal. Por otra parte, en la parte derecha de la figura 3 se muestran las temperaturas medidas con un termopar tipo K. También se han normalizado estos resultados para efectos comparativos. Estos ensayos serán usados para los resultados de la siguiente sección, que trata la transferencia de calor en el radiador en estudio.

### Evaluación de transferencia de calor

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación. Por una parte, en la parte izquierda de la figura 4, primeramente, se muestra la transferencia de calor que cede el líquido refrigerante al entorno y, seguidamente, se muestra la diferencia de temperaturas media logarítmica. Por otra parte, en la parte derecha de la figura 4 se muestra el coeficiente global de transferencia de calor.

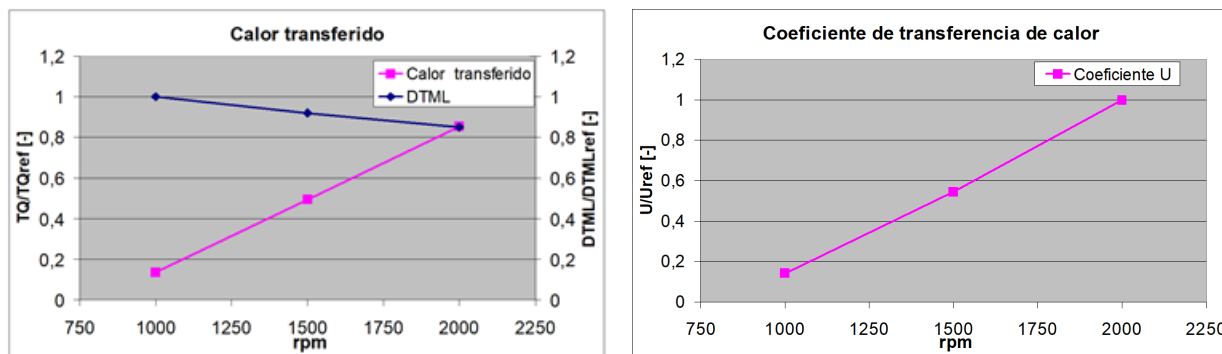


Figura 4. Parte izquierda: (i) Razón de la transferencia de calor de agua caliente hacia el aire adimensional y; (ii) Diferencia de temperatura media logarítmica del radiador adimensional. Parte derecha: Coeficiente global de transferencia de calor adimensional del radiador.

Los resultados que se muestran en la figura 4 fueron normalizados con la misma condición de referencia para efectos de comparativos. También, se puede observar en esta figura que la transferencia de calor aumenta con el régimen de giro del motor. Esta tendencia es razonable debido a que el gradiente de temperaturas del líquido refrigerante aumenta con el régimen de giro; con una diferencia porcentual promedio de los ensayos realizados del 11,3 %, esto se muestra en la figura 2. También, se transfiere más calor al entorno debido a que el gasto másico del líquido refrigerante aumenta con las revoluciones del motor, la bomba del refrigerante esta accionada por medio de una banda en la polea del cigüeñal, obteniéndose incrementos en el gasto másico promedio entre cada condición de experimentada del 100%. La estimación de la diferencia de temperatura promedio que se tienen a lo largo del intercambiador y que se observa en la presente figura, muestra una reducción cuando se acelera el motor térmico. Estos resultados están relacionados con los ensayos que se muestran en la figura 2 y figura 3. Que son razonables por el perfil de temperaturas que hay entre las corrientes de entrada y salida del agua y aire; y que existen en las condiciones de operación exploradas, donde se tienen una reducción promedio del 8.5 % entre una condición de operación y la que le precede. Por otra parte, se muestra que el coeficiente global de transferencia de calor aumenta con el régimen de giro. Que es correcto, ya que el coeficiente global de transferencia es directamente proporcional al gasto másico del líquido refrigerante y a la potencia calorífica e, inversamente proporcional a la diferencia de temperatura promedio del radiador.

### Conclusiones

En el presente trabajo, se ha caracterizado el funcionamiento de un radiador de un motor de combustión interna de encendido por chispa. Primeramente, se presenta el modelo de transferencia de calor empleado. Seguidamente, se detalla un apartado experimental que incluye la metodología usada para las mediciones realizadas en banco de pruebas motor. Las mediciones se han obtenido en tres condiciones de régimen de giro, a 1000, 1500 y 2000 rpm. Para la caracterización térmica del radiador se ha medido la temperatura del agua que pasa por el radiador a la entrada y salida del mismo, donde se muestran diferencias promedio del 11 %. También, fue registrada la velocidad del aire, la temperatura de entrada y salida del aire que cruza el intercambiador de calor. Finalmente, se muestra la evaluación de la transferencia de calor por medio de la tasa de calor transferido, la diferencia de temperaturas media logarítmica y el coeficiente global de transferencia de calor, donde se observan variaciones acorde a los fenómenos de transferencia de calor que se experimentan en el radiador. Finalmente, de forma cuantitativa, se tiene una variación porcentual promedio del 8.5 % en la diferencia de temperaturas promedio en el radiador.

### Agradecimientos

Se agradece al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior, PRODEP, por el apoyo recibido, así mismo se agradece de igual forma a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo CIC-UMSNH.

### Referencias

- Bauer et al. (1997) Heat transfer and mixture vaporization in intake port of spark-ignition engine. SAE 972983. M.I.T. Sloan Automotive Lab.
- Reyes, Miguel. (1994). Modelo de transferencia de calor para colectores de escape de motores alternativos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Jiménez, V.D., Mendoza, C., Solorio, G., Ceja, L.E., Guerrero, R. (2018). Transferencia de calor local en un sistema de escape en un motor de 4.1 L de encendido por chispa. *Academia Journals*, Vol. 10, No. 3, ISSN 1946-5351, Morelia, Michoacán, México.

Jiménez, V.D., Piña, J.J., Trujillo, J.C., Alvares, M. (2019). Construcción, optimización y evaluación experimental de una celda de hidrógeno. CECTI, Morelia, Michoacán, México.

Jiménez, V.D., López, T., Castañeda, J.C. (2019). Simulación Numérica de Comportamiento Térmico en un Radiador de un Motor de Combustión Interna de 4.1 L. *Academia Journals*, Vol. 11, No. 2, ISSN 1946-5351, Morelia, Michoacán, México.

Cengel, Yunus. (2007) *Transferencia de Calor y Masa*. Libro. ISBN-13: 978-970-10-6173-2. McGraw-Hill.

Natkin RJ, Tang X, Whipple KM, Kabat DM. (2002). Stockhausen WF. Ford hydrogen engine laboratory testing facility. SAE Technical Paper No. 2002-01-0241.

Rakopoulos Constantine et Giakoumis Evangelos. (2009). *Diesel Engine Transient operation*, Springer-Verlag London Limited, ISBN 978-1-84882-374-7, DOI 10.1007/978-1-84882-375-4.

# Caracterización de Concretos Ternarios Elaborados con Cemento Portland, Ceniza de Bagazo de Caña y Humo de Sílice

Dr. Víctor Guillermo Jiménez-Quero<sup>1</sup>, P. Ing. Jesús Emanuel Martínez-Isidro<sup>2</sup>,  
M. en C. Samuel Ramírez-Arellanes<sup>3</sup>

**Resumen**— Se evaluaron las propiedades en estado fresco y en estado endurecido de concretos ternarios (CT). Se diseñaron una mezcla control (MC) con 100% de cemento Portland (CP), una mezcla ternaria (T1) con 85% de CP + 5% de humo de sílice (HS) + 10% de ceniza de bagazo de caña (CBC), y una mezcla ternaria (T2) con 75% de CP + 5% de HS + 20% de CBC. Las propiedades en estado fresco se evaluaron con pruebas de acuerdo con la ASTM. Se colaron probetas cilíndricas de 100 x 200 mm para evaluar su resistencia a compresión ( $f_c$ ) (ASTM C39/C39M) y su resistividad eléctrica (RE) (AASHTO T358). Los resultados indican que la combinación de CBC más HS redujo la trabajabilidad y peso volumétrico de las mezclas, mientras que el contenido de aire se incrementó ligeramente. La mezcla T1 superó la  $f_c$  y la RE de la MC en todas las edades de prueba.

**Palabras clave**—material cementante suplementario, trabajabilidad, resistencia a compresión, durabilidad.

## Introducción

El calentamiento global y los cambios drásticos del clima son temas de actualidad en todo el mundo. El aumento de la demanda de fabricación y uso de cemento para elaborar concreto está asociado con la contaminación ambiental y conduce a una emisión masiva de gases de efecto invernadero (T.R. Naik et al. 1995). El uso de materiales cementantes suplementarios (MCS) en las mezclas de concreto puede reducir la emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente (M.S. Imbabi et al. 2012). Los MCS se han utilizado para elaborar concretos binarios y ternarios. Los concretos ternarios (CT) tienen la ventaja de combinar los beneficios de cada uno de los MCS utilizados, al tiempo que reducen sus efectos indeseables, al utilizar cantidades menores de cada material.

La ceniza volante (CV) y el humo de sílice (HS) son los principales MCS (residuos industriales) que se emplean desde hace varios años como sustitutos parciales del cemento portland para producir concretos ternarios con mejores propiedades mecánicas y de durabilidad (M.D.A. Thomas et al. 1990).

Durante la última década, las investigaciones sobre la caracterización y uso de MCS alternativos se están enfocando a una nueva gama de residuos del sector agroindustrial (R. García et al. 2015), que son una fuente inagotable de MCS alternativos, principalmente en países que no cuentan con la producción local de los MCS tradicionales. Estos residuos agroindustriales, sin el tratamiento correcto, están generando serios problemas ambientales, técnicos y sociales, por su acumulación en rellenos sanitarios, disposición en terrenos a cielo abierto y/o quema incontrolada. En la actualidad, entre la amplia gama de residuos agroindustriales, la ceniza de bagazo de caña (CBC) está recibiendo especial atención por investigadores de todo el mundo, ya que, bajo ciertos tratamientos, sus propiedades puzolánicas pueden generar grandes beneficios cuando se utiliza en la elaboración de concreto (A. Bahurudeen et al. 2015), sin embargo, existen escasos reportes sobre su uso en concretos ternarios.

Cordeiro y colaboradores (2012) investigaron el efecto de la CBC en combinación con la ceniza de cáscara de arroz (CCA) sobre las propiedades de concretos tanto en estado fresco como en estado endurecido. En ese estudio, la CBC y CCA se molieron durante 120 minutos (tratamiento que demanda altas cantidades de energía). Después de la molienda, los autores obtuvieron los tamaños de partícula promedio de 2.7  $\mu\text{m}$  para la CBC y 4.3  $\mu\text{m}$  para la CCA. Concluyeron que la combinación de 20% CBC y 20% CCA en la mezcla de concreto causó problemas de trabajabilidad, mientras que la resistencia a la compresión de los concretos fue similar a la de la mezcla de control usando solo cemento Portland. V. Ríos-Parada y colaboradores (2017), reportaron la utilización de 20% de CBC (la cual denominaron sin tratamiento), más 10% de CV en una mezcla de concreto que alcanzó resistencias a compresión similares al control, pero hasta los 120 días de edad. Alireza y Amin (2017) emplearon 10-30% CBC y 3-6% nanosílice en la elaboración de morteros. Para obtener una CBC reactiva, construyeron un horno especial para controlar la temperatura y el tiempo de combustión de la misma. Concluyeron que la adición de CBC en mezclas que contenían

<sup>1</sup> El Dr. Víctor Guillermo Jiménez-Quero es Profesor Investigador del Instituto Politécnico Nacional. [vg.jimenezquero@gmail.com](mailto:vg.jimenezquero@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El P. Ing. Jesús Emanuel Martínez Isidro es pasante de la Carrera de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Oaxaca. [emanuel.matz.em@gmail.com](mailto:emanuel.matz.em@gmail.com)

<sup>3</sup> El M en C. Samuel Ramírez-Arellanes es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Oaxaca. [sraforever\\_1881@hotmail.com](mailto:sraforever_1881@hotmail.com)

nanosílice disminuyó la  $f'c$  a edades de 3 y 7 días, pero mostraron el mejor desempeño a largo plazo (90 días).

Por otra parte, la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) se ha aceptado universalmente como la indicación más importante de la calidad del concreto; la  $f'c$  se ve afectada por muchos factores, como la calidad de las materias primas (cemento, materiales cementantes suplementarios, agregados, agua, etc.), la relación agua-cemento (a/c), la relación entre los agregados gruesos y finos, la adecuada vibración y compactación durante su elaboración, humedad relativa, el curado y la edad de concreto (Babatunde Abiodun Salami et al 2021).

Con respecto a la durabilidad del concreto existen métodos no destructivos para su evaluación y entre los más importantes está el método de resistividad eléctrica. La resistividad eléctrica del concreto (RE) depende de la naturaleza de la fase líquida contenida en su microestructura, que controla el transporte de iones a través de la matriz cementante. En general, una RE baja del concreto se relaciona con una alta probabilidad de corrosión del acero de refuerzo (A.Q. Nguyen et al. 2018). Tomando en cuenta que las investigaciones sobre el efecto de la combinación de CBC sin tratamiento y HS en las propiedades de concretos son escasos, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar en estado fresco y endurecido concretos ternarios elaborados con cemento portland, ceniza de bagazo de caña sin tratamiento y humo de sílice.

### Descripción del Método

#### Material

-El cemento (CP) utilizado fue un cemento comercial CPC 30R de la marca Holcim Apasco®, el cual tiene una densidad relativa de 2.86 y cumple con la norma NMX-C-414-ONNCCCE.

-La ceniza de bagazo de caña de azúcar fue recolectada de un tiradero a cielo abierto en el ingenio azucarero "Constancia", que pertenece al Grupo Beta San Miguel, ubicado en Tezonapa, Veracruz, México. La ceniza se recolectó y se tamizó a través de la malla No. 200 ASTM (75  $\mu$ m) únicamente durante cuatro minutos. Debido a que este método de pos-tratamiento es de baja energía, se decidió denominar a la CBC "sin tratar". La densidad relativa de esta ceniza es de 2.24.

-El humo de sílice (HS) utilizado se adquirió comercialmente y fue de la marca EUCO®, cumple con los requerimientos de la norma ASTM C 1240 y tiene una densidad relativa de 2.16

La composición química de las adiciones minerales y cemento se determinaron mediante espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) con un espectrómetro de rayos X de dispersión de energía Epsilon 3XL, los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Compuesto	CPC	CBC	HS
SiO <sub>2</sub>	23.86	74.35	96.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.77	6.50	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.19	2.73	0.02
CaO	50.76	0.95	0.17
MgO	1.36	0.44	0.09
Na <sub>2</sub> O	0.91	1.06	0.00
K <sub>2</sub> O	0.92	2.05	0.33
TiO <sub>2</sub>	0.25	0.45	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	----	----
MnO	0.06	0.08	0.01
SO <sub>3</sub>	3.89	0.16	0.13
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≥70%	<b>82.55</b>	<b>83.59</b>	<b>96.55</b>
Perdida por ignición a *750°C y a 950°C	6.07	*10.32	*2.38
Áreas de superficie específica (m <sup>2</sup> /g)	3.9	38.0	1200
D <sub>50</sub> ( $\mu$ m)	25.89	46.76	19.15

Cuadro 1. Composición química del cemento y de las adiciones minerales

#### Diseño de mezclas las mezclas de concreto

Se diseñaron seis mezclas, una mezcla control, tres mezclas binarias y dos mezclas ternarias. En Cuadro 2 se presentan los porcentajes de cemento portland y los materiales cementantes suplementarios empleados para la elaboración de las diferentes mezclas de concreto. Para la elaboración de las mezclas de concreto se utilizaron tanto agregado grueso triturado (grava) y agregado fino (arena de río). El tamaño máximo del agregado grueso fue de 19 mm. El peso volumétrico, gravedad específica y adsorción del agregado grueso y el agregado fino fueron

respectivamente los siguientes: 1520 kg/m<sup>3</sup>, 2.58 y 0.9%, y 1590 kg/m<sup>3</sup>, 2.6 y 1.6%. El módulo de finura de la arena fue 2.69. Se emplearon, además, agua bidestilada y un superplastificante (SP) a base de policarboxilato con una densidad de 1.07, pH de 6 y un contenido de sólidos del 30% (PLASTOL Precast Plus), que cumple con los requisitos de ASTM-494.

Tipo de Mezcla	Nomenclatura	CPC (%)	HS (%)	CBC (%)
Control (100% CP)	MC	100	-	-
Binaria 1 (95%CP+05%HS)	B1	95	5	-
Binaria 2 (90%CP+10%CBC)	B2	90	-	10
Binaria 3 (80%CP+20%CBC)	B3	80	-	20
Ternaria 1 (85%CP+5%HS+10%CBC)	T1	85	5	10
Ternaria 2 (75%CP+5%HS+20%CBC)	T2	75	5	20

Cuadro 2. Proporciones de mezclas de mortero (wt.%)

#### Elaboración de mezclas y probetas

Las mezclas se elaboraron utilizando una revolvedora con capacidad de un saco. El concreto en estado fresco se caracterizó mediante una serie de ensayos que incluyeron revenimiento (ASTM C143/C143M), peso volumétrico (ASTM C138/C138M), contenido de aire (ASTM C231/C231M) y temperatura (ASTM C1064/C1064M). Posteriormente, se colaron 15 probetas cilíndricas de 100x200 mm de cada mezcla. Las probetas se desmoldaron a las 24 h y se curaron por inmersión en una solución saturada de Ca(OH)<sub>2</sub> a 23.0 ± 2.0 °C hasta el momento de la prueba (ASTM C31/C31M-09), Figura 1.



Figura 1. Proceso de elaboración de probetas, a) elaboración de la mezcla, b) llenado de moldes, c) vibrado, d) probetas coladas

#### Prueba de resistencia a compresión (*f*<sup>c</sup>)

Las resistencias a compresión de los concretos se evaluaron a los 28, 56 y 90 días de edad; se utilizó una prensa hidráulica marca ELVEC® modelo E659-5. Se emplearon cinco réplicas para cada mezcla y edad de prueba. Las probetas se ensayaron de acuerdo con la norma ASTM C1231/C1231M, Figura 2. La resistencia a la compresión se calculó de acuerdo con la norma ASTM C39/C39M.

#### Prueba de resistividad eléctrica

Para obtener la resistividad eléctrica de estas probetas se utilizó un resistímetro marca Resipod proceq® modelo 38 mm (1.5”), el cual cuenta con una sonda Wenner de cuatro puntos que se calibró antes de cada prueba a 12 y 90 kΩ.cm con la placa de calibración correspondiente. Para realizar las pruebas se siguieron las especificaciones establecidas en la norma AASHTO T358. Se tomaron ocho lecturas alrededor de cada cilindro, Figura 3. Es importante recordar que esta es una prueba no destructiva, por lo que las lecturas de RE se obtuvieron antes de ensayar la probeta a resistencia a compresión.





Figura 3. Prueba de resistividad eléctrica



Figura 2. Prueba de resistencia a compresión

**Comentarios Finales**

*Resumen de resultados*

Los resultados de la evaluación en estado fresco de las mezclas se presentan en el Cuadro 3.

Mezcla	Revenimiento (mm)	SP ml/kg cemento	Peso Volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	Contenido de aire (%)	Temperatura (°C)
C	77	0.00	2409	2.0	24
B1	75	2.00	2395	2.3	23
B2	70	3.25	2380	2.6	23
B3	85	4.60	2360	2.4	24
T1	69	5.55	2374	2.5	24
T2	65	7.35	2344	2.7	23

Cuadro 3. Resultados de las pruebas de resistencia a compresión

Los resultados indican que la adición de CBC a las mezclas provocó mayor demanda de superplastificante para cumplir con el revenimiento de diseño ( $75 \pm 20$  mm.), lo que indica que el uso de la CBC reduce la trabajabilidad de las mezclas; esta reducción se atribuye en primer lugar a la gran variedad de formas, el tamaño y textura rugosa de sus partículas (V.G. Jiménez-Quero et al. 2013). El alto contenido de pérdidas por ignición que, sugiere un alto nivel de partículas de carbón sin quemar, también puede ser el causante de este efecto perjudicial, ya que dichas partículas aumentan la demanda de agua (C. Chandara et al. 2010). La reducción de la trabajabilidad en las mezclas ternarias fue mayor y demandaron mayores cantidades de superplastificante (SP) lo anterior puede atribuirse que el tamaño de las partículas de HS incrementan el área superficial y con ello demanda mayor cantidad de agua (M. Djezzar et al. 2018). Los pesos volumétricos de las mezclas binarias y ternarias fueron menores que los de la mezcla C; esto está directamente relacionado con la densidad de los materiales, ya que la densidad del CP es más alta que la densidad de la CBC y del HS. El contenido de aire de las cuatro mezclas oscila entre el 2 y el 3%, lo que es válido para mezclas de concreto sin aire incluido (Kosmatka et al. 2014). Las temperaturas de las cuatro mezclas fueron muy similares.

Los resultados de las pruebas de resistencia a compresión ( $f'c$ ) se presentan en la Figura 4.

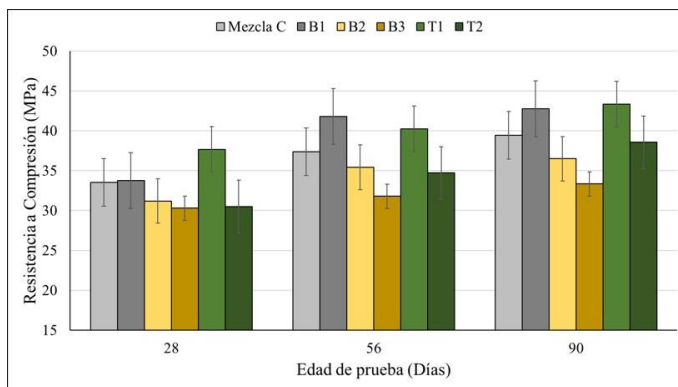


Figura 4. Resistencia a compresión ( $f'c$ ) de mezclas de concretos a diferentes edades

En general, los resultados corroboran que la  $f'c$  de los concretos incrementa gradualmente con la edad (Hemalatha y Ramaswamy, 2017). La mezcla binaria B1 presentó los valores más altos de  $f'c$  en edades posteriores a 28 días, lo anterior se debe a la presencia de gran cantidad (96.53%) sílice amorfa altamente reactiva del HS y al tamaño de sus partículas (Kosmatka et al. 2004).

Las mezclas B2 y B3 demuestran que el reemplazo parcial de CP por CBC afecta la  $f'c$  de las mezclas de concreto en todas las edades de prueba (a mayor cantidad de CBC menor  $f'c$ ), lo anterior puede atribuirse al contenido de carbón (pérdidas por ignición 10.32%) lo cual inhibe o ralentiza las reacciones químicas entre las puzolanas y los productos de hidratación (M. Djezzar et al. 2018).

Con respecto a las mezclas ternarias se puede observar que la mezcla T1 presenta un comportamiento similar a la mezcla binaria B1, este beneficio puede atribuirse a los altos contenidos de sílice amorfa tanto del HS como de la CBC que promovió la reactividad puzolánica más efectiva para formar nuevos productos de C-S-H logrando un efecto sinérgico entre los MCS y generando beneficios en las  $f'c$  en las tres edades de prueba. La mezcla T2 tuvo menor desempeño que la mezcla T1 ya que el porcentaje de CBC en ella fue mayor.

En la Figura 5 se presentan los resultados de las pruebas de resistividad eléctrica (RE)

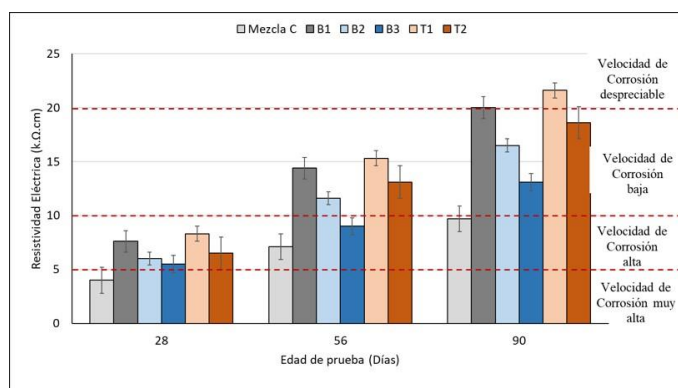


Figura 5. Resistividad eléctrica (RE) de concretos a diferentes edades

De manera similar que, en la prueba anterior, se observa que los valores de RE incrementan con la edad para todas las mezclas. Las mezclas B1 y T1 presentaron los mejores resultados. Algunas investigaciones indican que el incremento de RE se atribuye a cambios microestructurales de la matriz cementante, lo cual se refleja en el refinamiento de la estructura porosa, en la disminución en el volumen de poros y en la conectividad de estos (Polder, 2011). La combinación de HS más CBC tuvo un efecto sinérgico importante reaccionando con el hidróxido de calcio presente en la solución de poros, formando nuevos productos de hidratación similares a los que se generan en la hidratación del CP, entre los que se encuentran el silicato hidratado de calcio ( $C_3S_2H_3$ ) producto sólido y denso que le da resistencia y permeabilidad a la matriz cementante y a los aluminatos hidratados de calcio ( $C_3AH_6$ ) (Moisés Frías et al. 2017). Si existe una alta probabilidad de penetración de agentes agresivos al interior del concreto, habrá también una alta probabilidad de corrosión del acero de refuerzo.

Al clasificar los valores de RE de las mezclas en estudio con los criterios establecidos por la CEB-192 (Report CEB N°192, 1988), a 56 días de edad las mezclas B1, B2, T1 y T2 alcanzaron una velocidad de corrosión baja y a 90 días las mezclas B1 y T1 su ubicaron en una velocidad de corrosión despreciable.

### Conclusiones

Se concluye que con la combinación de HS más CBC reduce la trabajabilidad de las mezclas de concreto, sin embargo, este inconveniente se supera con la adición de superplastificante. La combinación de 5% de HS más 10% CBC permite elaborar concretos ternarios con resistencias a compresión superiores a las del concreto control a 28, 56 y 90 días de edad, además, las lecturas de RE obtenidas a 90 días ubican a este concreto en la categoría de velocidad de corrosión despreciable por lo que se afirma que el concreto es durable. La CBC, utilizada en esta investigación no requiere un pos-tratamiento de alta demanda energética para ser utilizado en combinación con el HS para elaborar concretos ternarios. Con la mezcla de concreto T1 es posible sustituir hasta 15% de CP, lo cual es benéfico también para el medio ambiente.

## Referencias

- A. Bahurudeen, D. Kanraj, V. Gokul Dev, M. Santhanam. "Performance evaluation of sugarcane bagasse ash blended cement in concrete", *Cement Concrete Composites* 59 (2015) 77–88.
- Alireza Joshaghani, Mohammad Amin Moeini. "Evaluating the effects of sugar cane bagasse ash (SCBA) and nanosilica on the mechanical and durability properties of mortar", *Construction and Building Materials* (2017)152, 818–831.
- A.Q. Nguyen, G. Klysz, F. Deby, J.P. Balayssac. "Assessment of the electrochemical state of steel reinforcement in water saturated concrete by resistivity measurement", *Construction and Building Materials* 171 (2018) 455–466
- Babatunde Abiodun Salami, Teslim Olayiwola, Tajudeen A. Oyehan, Ishaq A. Raji. "Data-driven model for ternary-blend concrete compressive strength prediction using machine learning approach", *Construction and Building Materials* 301 (2021) 124152
- C. Chandara, E. Sakai, K.A.M. Azizli, Z.A. Ahmad, S.F.A. Hashim. (2010). "The effect of unburned carbon in palm oil fuel ash on fluidity of cement pastes containing superplasticizer", *Construction and Building Materials* 24, 1590–1593.
- G.C. Cordeiro, R.D. Toledo Filho, L.M. Tavares, E.M.R. Fairbairn, "Experimental characterization of binary and ternary blended-cement concretes containing ultrafine residual rice husk and sugar cane bagasse ashes", *Construction and Building Materials* 29 (2012) 641–646.
- G.V. Ramana, Malsani Potharaju, V. Mahure, Murari Ratnam. "Study on long term strength development and durability of multi blended concretes containing fly ash and silica fume", *International Journal on Emerging Technologies Adv. Eng.* 3 (1) (2013) 599–608.
- Hemalatha, T., & Ramaswamy, A. "A review on fly ash characteristics–Towards promoting high volume utilization in developing sustainable concrete", *Journal of cleaner production* (2017) pp. 147, 546-559.
- Kosmatka S. H., Kerkhoff B., Panarese C. W., Tanesi J. 2004. Portland Cement Association. Diseño y control de mezclas de concreto. Méx. D.F. P.p. 500.
- M.D.A. Thomas, M.H. Shehata, S.G. Shashiprakash, D.S. Hopkins, K. Cail. "Use of ternary cementitious systems containing silica fume and fly ash in concrete", *Cement and Concrete Research* 29 (1999) 1207–1214
- M. Djezzar, K. Ezziane, A. Kadri, E.-H. Kadri. (2018). "Modeling of ultimate value and kinetic of compressive strength and hydration heat of concrete made with different replacement rates of silica fume and w/b ratios", *Advanced Concrete Construction* 6 ,297–309.
- Moisés Frías, Olga Rodríguez, Ma Isabel Sanchez de Rojas, Ernesto Villar-Cociña, Michelle S. Rodríguez, Holmer Savastano Junior. "Advances on the development of ternary cements elaborated with biomass ashes coming from different activation process" *Construction and Building Materials* 136 (2017) 73–80
- M.S. Imbabi, C. Carrigan, S. McKenna. "Trends and developments in green cement and concrete technology", *International Journal of Sustainable Built Environment* 1 (1) (2012) 194–216.
- Polder R.B. "Chloride diffusion and resistivity testing of five concrete mixes for marine environment". Proc. RILEM. International Workshop on Chloride Penetration into Concrete (1995). pp. 255-233.
- R. García, C. Pizarro, A. Álvarez, A.G. Lavín, J.L. Bueno. "Study of biomass combustion wastes", *Fuel* 148 (2015) 152–159.
- Report. N°192. 1988. Diagnosis and Assessment of Concrete Structures - State-of-Art
- T.R. Naik, S.S. Singh, M.M. Hossain. "Properties of high-performance concrete systems incorporating large amounts of high-lime fly ash", *Construction and Building Materials* 9 (4) (1995) 195–204.
- V.G. Jiménez-Quero, F.M. León-Martínez, P. Montes-García, C. Gaona-Tiburcio, J.G. Chacón-Nava. (2013). "Influence of sugar-cane bagasse ash and fly ash on the rheological behavior of cement pastes and mortars", *Construction and Building Materials* 40, 691–701.
- V. Ríos-Parada, V.G. Jiménez-Quero, P.L. Valdez-Tamez, P. Montes-García. "Characterization and use of an untreated Mexican sugarcane bagasse ash as supplementary material for the preparation of ternary concretes", *Construction and Building Materials* (2017). 157, 83–95.

# Evaluación de la Pérdida de Masa del Acero Embebido en Morteros Binarios

Dr. Víctor Guillermo Jiménez-Quero<sup>1</sup>, M. en C. Margarito Ortiz-Guzmán<sup>2</sup>,  
Dr. Juan Manuel Espinoza-Cuadra<sup>3</sup>

**Resumen**— Se evaluó la pérdida de masa por corrosión en varillas de acero embebidas en probetas de morteros elaborados con cemento portland (CP), ceniza volante (CV) y ceniza de bagazo de caña (CBC). Se elaboraron cuatro mezclas de morteros binarios en los cuales se sustituyó parcialmente el CP por 10% y 20% de cada una de las cenizas. De cada mezcla se colaron 18 probetas cúbicas; 15 de ellas se emplearon para determinar su resistencia a compresión ( $f'c$ ). A las 3 restantes se le embebió una varilla de acero al carbón 3/8" de diámetro y se expusieron en ambiente corrosivo. Después de 168 semanas, se extrajeron las varillas y se les determinó su pérdida de masa. Los resultados indican que los morteros con 90% de CP + 10% de CBC superaron la  $f'c$  del control y las varillas embebidas en ellos tuvieron el menor porcentaje de pérdida de masa que las demás.

**Palabras clave**—corrosión, agrietamiento, adiciones minerales, durabilidad.

## Introducción

Las estructuras de concreto reforzado (ECR) frecuentemente se ven afectadas por problemas de durabilidad causados por su exposición a condiciones ambientales agresivas. La corrosión del acero de refuerzo altera el comportamiento estructural de elementos que integra la estructura, provocando una posible falla frágil y el colapso de la misma (F. Di Carlo et al. 2017). La corrosión del acero de refuerzo es la principal causa de los problemas de desempeño deficiente y de durabilidad de las ECR; provoca agrietamiento y exfoliación del concreto, pérdida de la unión entre el acero y el concreto y una reducción de la sección transversal de la barra de refuerzo (Weipeng et al. 2021).

Existen diferentes causas de corrosión del acero refuerzo en el concreto; dos las más importantes son: la carbonatación y el ataque por cloruros. La carbonatación es un fenómeno que produce corrosión uniforme con menor impacto en las propiedades mecánicas, que generalmente se traduce en la reducción de la sección transversal de las barras de refuerzo con la consiguiente disminución de la capacidad de carga de los componentes de las ECR (J. Cairns et al. 2005). El ingreso de los cloruros, por el contrario, provoca a una corrosión por picaduras, es decir, agujeros en la superficie profundos y localizados que causan un deterioro relevante de la ductilidad y la reducción de diámetros de las varillas de refuerzo, reducción que ocurre incluso antes del desarrollo de grietas longitudinales a lo largo del elemento de concreto que lo protege (A. Dasar et al. 2017).

El proceso de corrosión natural es un proceso muy lento y para evaluarse en esta condición se requiere un tiempo de exposición muy prolongado. Para evaluar la corrosión del acero de refuerzo, los investigadores generalmente emplean métodos de corrosión acelerada para investigar uno o más de los factores (relación agua/cemento, composición del cemento, grietas, humedad relativa, temperatura y/o espesor de recubrimiento) que influyen en el comportamiento de la corrosión en probetas de concreto reforzado (Weipeng et al. 2021).

Para reducir o retardar la corrosión, se recomienda utilizar mayores espesores de recubrimiento del acero y/o mejorar la calidad del concreto o mortero, pues estos materiales constituyen una barrera física contra el ingreso de iones de cloro y otros agentes agresivos (Muazzam et al. 2020). Se ha reportado que el uso de adiciones minerales en mezclas de mortero y concreto incrementan su durabilidad al mismo tiempo que reducen el uso del cemento portland (S. Arunachalam et al. 2021).

En este trabajo se evaluó la pérdida de masa por corrosión en varillas de acero embebidas en probetas de morteros elaborados con cemento portland (CP) y dos adiciones minerales: ceniza volante (CV) y ceniza de bagazo de caña (CBC). Con las diferentes mezclas se elaboraron probetas cúbicas (sin acero) para evaluar su resistencia a compresión ( $f'c$ ) y probetas con una varilla de acero al carbón de 3/8" de diámetro en su interior, para evaluar su

<sup>1</sup> El Dr. Víctor Guillermo Jiménez-Quero es Profesor Investigador del Instituto Politécnico Nacional. [vg.jimenezquero@gmail.com](mailto:vg.jimenezquero@gmail.com) (**autor correspondiente**)

<sup>2</sup> El M. en C. Margarito Ortiz-Guzmán es Investigador del Instituto Politécnico Nacional. [margarito\\_og@yahoo.com](mailto:margarito_og@yahoo.com)

<sup>3</sup> El Dr. Juan Manuel Espinoza-Cuadra es Profesor Investigador de la Universidad Tecnológica de la Mixteca [juanespinoza@mixteco.utm.mx](mailto:juanespinoza@mixteco.utm.mx)

pérdida de masa por corrosión (PMC). Para acelerar el proceso de corrosión, las probetas reforzadas con acero se expusieron a un ambiente corrosivo acelerado.

### Descripción del Método

#### Material

Para elaborar las mezclas de mortero se utilizaron, además del cemento portland (CP), dos adiciones minerales: ceniza volante (CV) y ceniza de bagazo de caña (CBC). La CV marca Admix Tech® es una adición mineral disponible en el mercado, se adquirió comercialmente y no recibió ningún tratamiento para su uso. La CBC es una adición mineral producto de desecho de la industria azucarera, se obtuvo del ingenio azucarero Constancia, ubicado en Tezonapa, Veracruz, México. La CBC se colectó directamente de un relleno sanitario y el único tratamiento que recibió fue tamizado por medio del tamiz ASTM No. 200 (75  $\mu\text{m}$ ) durante cuatro minutos. El cemento utilizado fue cemento Portland compuesto de calidad comercial CPC30R, que cumple con la norma NMX-C-414-ONNCCE. Las densidades de la CV, la CBC y el CP fueron de 2.27, 2.24 y 2.94g /cm<sup>3</sup> respectivamente. La composición química de las adiciones minerales y cemento se determinaron mediante espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) con un espectrómetro de rayos X de dispersión de energía Epsilon 3XL, los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Elemento/Compuesto	CP	CV	CBC
Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.77	20.58	13.62
Óxido de Calcio (CaO)	50.76	4.83	2.36
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.19	2.78	5.52
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	23.86	61.10	59.56
Pérdidas por Ignición 950°C y a *750°C	8.4	2.60*	9.00*

Cuadro 1. Composición química del cemento y de las adiciones minerales

#### Diseño de mezclas las mezclas de mortero

El diseño de los morteros se realizó de acuerdo con la norma ASTM C 311; esta norma indica que las mezclas deben elaborarse con 2.75 partes de arena por una parte de cemento, una relación agua/cemento de 0.485 la cual puede modificarse para lograr una fluidez de 110  $\pm$  5 %. Con base en lo anterior y en los resultados de las pruebas preliminares, se decidió utilizar para los morteros binarios, una parte de material cementante (CP más CV y CP más CBC) por 2.75 partes de arena estándar graduada. Para asegurar que la fluidez de la mezcla de mortero control (M0) cumpliera con la fluidez establecido por la norma, la relación de agua/material cementante se fijó en 0.56. Las dosificaciones de las mezclas se muestran en el Cuadro 2.

Mezcla	CP	CV	CBC
M0	100	0	0
M1	90	10	0
M2	80	20	0
M3	90	0	10
M4	80	0	20

Cuadro 2. Proporciones de mezclas de mortero (wt.%)

#### Elaboración de probetas

Las mezclas de mortero, control y binarias, se prepararon en condiciones de laboratorio. Las mezclas en estado fresco se caracterizaron mediante pruebas de fluidez (ASTM C1437), contenido de aire (ASTM C23/C231M-09b), peso volumétrico (ASTM C138 / C138M) y temperatura (ASTM C1064 / C1064M). De cada mezcla se colaron 18 probetas cúbicas de 50 mm por lado; 15 de ellas (sin acero) se utilizaron para evaluar su resistencia a compresión (f'c) las probetas fueron curadas por inmersión en una solución de hidróxido de calcio hasta el momento de su ensayo; a las 3 probetas restantes se les embebió una varilla de acero al carbón 3/8" de diámetro y después de 28 días de curado se expusieron a un ambiente corrosivo artificial durante seis semanas. Cada varilla se identificó y su masa inicial se registró (mi), antes de colocarlas en las probetas de mortero, Figura 1.

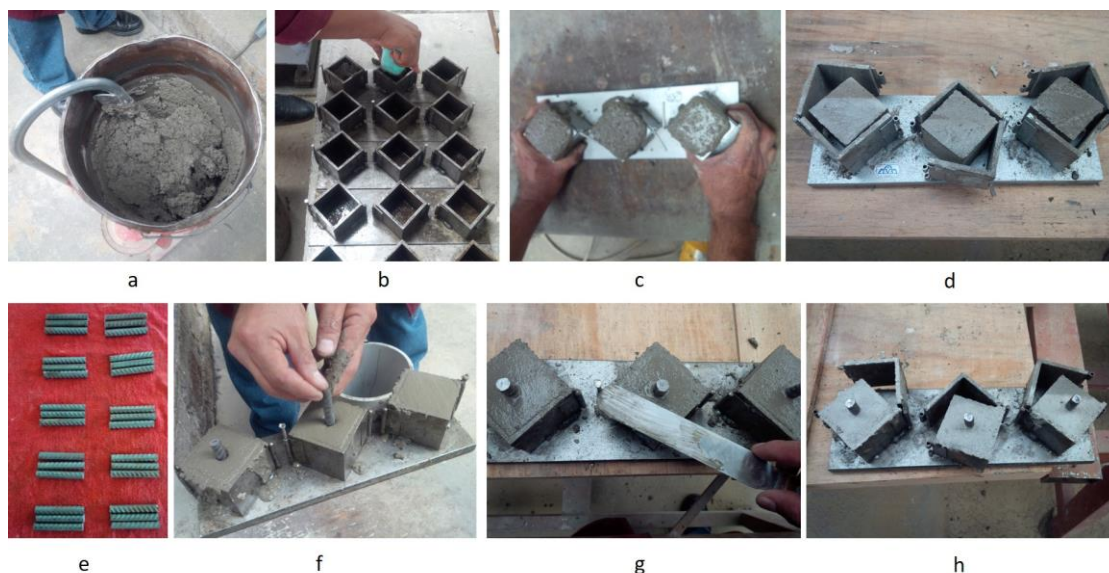


Figura 1. Proceso de elaboración de probetas, a) elaboración de la mezcla, b) llenado de moldes, c) vibrado, d) desmolde de probetas para pruebas de resistencia a compresión, e) varillas de refuerzo, f) colocación de varilla, g) acabado y h) desmolde de probetas para pruebas de corrosión

#### *Prueba de resistencia a compresión ( $f^c$ )*

Las resistencias a compresión de los morteros se evaluaron a los 28, 56 y 100 días de edad; se utilizó una prensa hidráulica marca ELVEC® modelo E659-5. Se emplearon cinco réplicas para cada mezcla y edad de prueba. Las probetas se ensayaron de acuerdo con la norma ASTM C109.

#### *Ambiente corrosivo acelerado*

Las pruebas para evaluar la corrosión en laboratorio son pruebas importantes para entender el comportamiento de los metales en diferentes ambientes corrosivos. Acelerar el proceso de corrosión por rocío de agua salada o alterar las condiciones climáticas, sin aplicar corriente, puede reproducir muy probablemente el proceso de transporte natural de iones (Weipeng et al. 2021). El ambiente corrosivo acelerado creado en este proyecto consistió en ciclos de inmersión en una solución de 3.5% de NaCl durante tres días, seguido de un periodo de secado en un horno eléctrico a 115°C durante cuatro días, (duración total seis semanas) Figura 2.

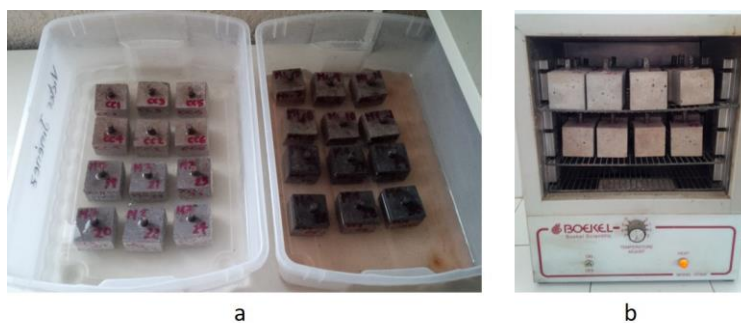


Figura 2. Ambiente corrosivo acelerado, a) inmersión en solución de NaCl y b) secado en horno

#### *Monitoreo de la corrosión*

El monitoreo del daño por corrosión se realizó empleando dos métodos: el método de media celda (ASTM C 876) el cual proporciona sólo una evaluación cualitativa del riesgo (probabilidad) de corrosión del refuerzo de acero embebido en el concreto, y el método de inspección visual con el cual es posible identificar y registrar el tiempo de

aparición de la primera fisura; este método se utiliza como medida de la resistencia relativa del material contra el ataque de cloruros y la corrosión del refuerzo (Chindaprasirt y Rukzon 2008).

#### *Cálculo de la pérdida de masa*

La pérdida de masa por corrosión de un material está en función del daño causado por la exposición en ambientes agresivos. La evaluación de la corrosión mediante el método de pérdida de masa se considera más rápido y satisfactorio para hacer una selección preliminar de los mejores materiales en estudio para una determinada aplicación (Roberge, 2000).

Después de la exposición en el ambiente corrosivo acelerado, las probetas se almacenaron en condiciones ambientales durante 168 semanas. Al término de este periodo se extrajeron las varillas y se limpiaron de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM G1-03. Durante el procedimiento se utilizó también una varilla sin corrosión para determinar la pérdida de masa causada por el proceso mecánico de limpieza empleado y hacer la corrección correspondiente en cada varilla. Después de la limpieza la masa de cada barra se determinó su masa utilizando una balanza analítica marca Controls®, Figura 3.

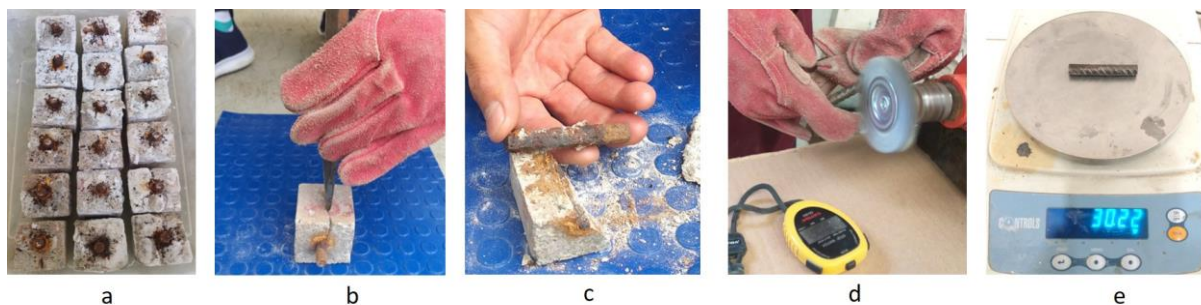


Figura 3. Procedimiento para calcular de la pérdida de masa, a) probetas agrietadas, b) extracción de varillas, c) varilla corroída, d) limpieza y e) registro de masa

La pérdida de masa real (PMC) de cada varilla por corrosión fue determinada utilizando la siguiente ecuación:

$$PMC = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

Donde  $m_i$  es la masa inicial de la varilla sin corrosión (g) y  $m_f$  es la masa (corregida) de la varilla después de la exposición y limpieza (g)

### **Comentarios Finales**

#### *Resumen de resultados*

Todas las mezclas alcanzaron un valor de fluidez de  $110 \pm 5\%$  mm y cumplieron con la norma. Las mezclas M3 y M4 presentaron mayor contenido de aire porque tienen más partículas porosas que las mezclas M1 y M2 (Chusilp et al. 2009). Los pesos volumétricos de las mezclas se redujeron al incrementar la cantidad de adición mineral empleada. Esta reducción se debe a las densidades bajas de las adiciones minerales utilizadas. Las temperaturas de las mezclas se mantuvieron prácticamente sin cambios.

La Figura 4 muestra los resultados de la prueba de resistencia a la compresión. Se observa un incremento de la resistencia con la edad para todas las mezclas. El efecto benéfico de utilizar la CBC fue evidente en la mezcla de mortero M3, ya que en ella se obtuvieron los valores más altos de resistencia a la compresión. La principal causa del aumento de la resistencia a la compresión en las mezclas de mortero que contienen CBC es la reacción entre el sílice amorfo ( $\text{SiO}_2$ ), alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y (ferrita)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  presentes en ella con la Portlandita [ $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{-CH}$ ] durante la hidratación del cemento, generando reacciones puzolánicas para formar silicato cálcico y aluminato hidratos (M. Keramatikerman et al. 2019).

Los resultados de las pruebas de potenciales de corrosión Ecorr permitieron identificar la “probabilidad” de corrosión en todas las mezclas a partir de la segunda semana de exposición al ambiente corrosivo acelerado, y la técnica de inspección visual permitió identificar y registrar el tiempo real de aparición de la primera fisura. En las probetas elaboradas con la mezcla M0, la primera fisura fue visible al final de la semana 3; en las probetas de la mezcla M1, la fisura fue visible al final de la semana 4, y la primera fisura de la probeta elaborada con la mezcla M2 ocurrió

al final de la semana 6. Las probetas que no mostraron daño visible al final del período de exposición al ambiente corrosivo fueron las elaboradas con las mezclas M3 y M4. La Figura 5 muestra el deterioro de las probetas al final de la exposición al ambiente corrosivo y al final del experimento.

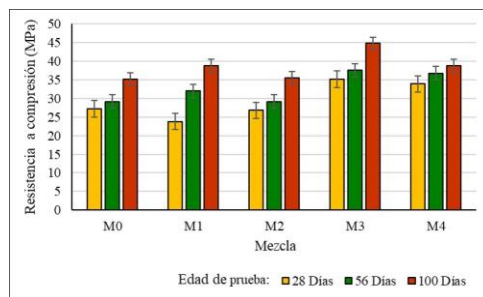


Figura 4. Resultados de las pruebas de resistencia a compresión

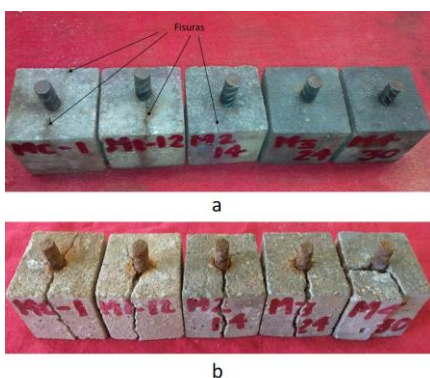


Figura 5. Daños por corrosión en probetas, a) después de 6 semanas y b) después de 168 semanas

Los resultados de la pérdida de masa se presentan en el Cuadro número 3

Mezcla	Número de Varilla	Masa Inicial (mi) g	Masa Final sin corrección	Masa Final corregida (mf) g	Pérdida de masa (%)	Desviación estándar	Pérdida de masa Promedio (%)
M0	4	31.38	28.99	29.10	7.27	0.54	6.80
	5	32.40	30.05	30.16	6.91		
	6	31.58	29.51	29.62	6.21		
M1	10	31.58	29.66	29.77	5.73	0.52	5.37
	11	31.56	29.68	29.79	5.61		
	12	32.08	30.44	30.55	4.77		
M2	16	31.52	29.35	29.46	6.54	0.20	6.39
	17	31.51	29.46	29.57	6.16		
	18	31.78	29.61	29.72	6.48		
M3	22	32.03	30.25	30.36	5.21	0.56	5.02
	23	31.49	30.00	30.11	4.38		
	24	31.51	29.68	29.79	5.46		
M4	28	32.04	30.22	30.33	5.34	0.27	5.56
	29	31.40	29.57	29.68	5.48		
	30	31.90	29.92	30.03	5.86		

Cuadro 3. Pérdida de peso de las varillas embebidas en las diferentes mezclas de mortero

Se observa que las varillas embebidas en la mezcla M3 presentaron la menor pérdida por corrosión, este resultado benéfico puede deberse, en primer lugar, como una consecuencia de la atracción electrostática entre las partículas (sin quemar) de la CBC cargadas positivamente y los iones de cloruro cargados negativamente (M.A.



Maldonado-García et al. 2019); y en segundo lugar, al mejoramientos de la microestructura de estos morteros como resultado de la formación de Silicato Hidratado de calcio (C-S-H) durante la hidratación del CP como durante reacción puzolánica de la CBC. Se sabe que el C-S-H afecta directamente la microestructura de los concretos, reduciendo su porosidad (G. Fajardo et al. 2009) y consecuentemente se reduce la penetración de cloruros en las matrices cementantes.

### Conclusiones

La adición de 10% de ceniza de bagazo de caña, a las mezclas de mortero, incrementa su resistencia a compresión en 29.41%, 28.76% y 27.27% a 28, 56 y 100 días respectivamente en comparación a las resistencias a compresión obtenidas en el mortero control.

Los morteros binarios elaborados con 90% de cemento portland más 10% de ceniza de bagazo de caña son más resistentes al ingreso de iones cloruro, por lo tanto, la pérdida de masa en varillas de acero embebidas en ellos es menor que en varillas embebidas en morteros elaborados sin esta adición mineral.

### Referencias

- A. Dasar, H. Hamada, Y. Sagawa, D. Yamamoto. "Deterioration progress and performance reduction of 40-year-old reinforced concrete beams in natural corrosion environments", *Construction and Building Materials* 149 (2017) 690–704.
- Chindaprasirt P. and Rukzon S. "Strength, porosity and corrosion resistance of ternary blend Portland cement, rice husk ash and fly ash mortar", *Construction and Building Materials* 22 (2008) 1601–6.
- Chusilp N., Jaturapitakkul C. and Kiattikomol K. "Utilization of bagasse ash as a pozzolanic material in concrete", *Construction and Building Materials* 23 (2009) 3352–8
- F. Di Carlo, A. Meda, Z. Rinaldi. "Numerical evaluation of the corrosion influence on the cyclic behaviour of RC columns", *Eng. Struct.* 153 (2017) 264–278.
- G. Fajardo, P. Valdez, J. Pacheco. "Corrosion of steel rebar embedded in natural pozzolan-based mortars exposed to chlorides", *Construction and Building Materials* 23 (2009) 768-774
- J. Cairns, G.A. Plizzari, Y. Du, D.W. Law, C. Franzoni, "Mechanical properties of corrosion-damaged reinforcement", *ACI Materials Journal* 102 (4) (2005) 256–264.
- M.A. Maldonado-García, U.I. Hernández-Toledo, P. Montes-García, P.L. Valdez-Tamez, "Long-term corrosion risk of thin cement composites containing untreated sugarcane bagasse ash", *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31 (2019), 04019020
- M. Keramatikerman, A. Chegenizadeh, S. Terzagh. "Review on effect of sugarcane bagasse ash as an additive in construction industry", *Ejge* 24 (2019) 453–470.
- Muazzam G. Sohail, Ramazan Kahrama, Nasser A. Alnuaimi, Bora Gencturk, Wael Alnahhal, Mina Dawood, Abdeldjelil Belarbi. "Electrochemical behavior of mild and corrosion resistant concrete reinforcing steels", *Construction and Building Materials* 232 (2020) 117205.
- Roberge, P.R. (2000) *Handbook of Corrosion Engineering*. Vol. 1128, McGraw-Hill, New York.
- S. Arunachalam, S. Anandakumar, R. Ranjani, "Corrosion resistant properties of concrete using various supplementary cementitious materials", *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.033>
- Weipeng Feng, Anel Tarakbay, Shazim Ali Memon, Waiching Tang, Hongzhi Cui. "Methods of accelerating chloride-induced corrosion in steel-reinforced concrete: A comparative review", *Construction and Building Materials* 289 (2021) 123165

# El Maestro en la Formación Profesional del Músico: Un Merecido Homenaje

Dr.C. Mara Lioba Juan Carvajal <sup>1</sup>, Dr.C. María Vdovina<sup>2</sup>,

**Resumen**— La formación del profesional de música en los tiempos actuales constituye un reto para docentes y estudiantes dado el desarrollo científico-tecnológico alcanzado por la sociedad. El proceso pedagógico integra en una unidad indisoluble la teoría y la práctica de conjunto con lo afectivo, lo cognitivo y lo axiológico. En este sentido, cobra un significado especial la mirada hacia músicos reconocidos, violistas en particular, que han dejado su huella en el arte interpretativo, compositivo y metodológico revolucionando la enseñanza con su quehacer cotidiano; y es ello precisamente lo que motiva a reflexionar sobre el significado de los aportes de maestros que contribuyeron a la formación profesional de violistas, en particular como homenaje a nuestros propios maestros.

**Palabras clave**— formación profesional, violista, músico, docentes.

## Introducción

Para un público no asiduo a la música clásica o con poca participación en conciertos sinfónicos o de cámara como actividades lúdicas generales, la similitud visual del violín y la viola puede ser una de las causas del desconocimiento de la existencia de la viola como un instrumento musical diferente al violín. A simple vista, la idéntica estructura en su construcción, en la forma de llevar el arco sobre las cuerdas, y de sostener el instrumento, conducen a tal confusión; pero la inexperiencia sobre sus diferencias, pudiera ser también consecuencia del desarrollo tardío de la viola respecto a otros instrumentos de la familia de las cuerdas frotadas, así como del rol que esta jugó en obras musicales de épocas anteriores, donde se solapaba su potencial tímbrico-sonoro en el engranaje armónico del conjunto instrumental.

No obstante, pasaron varios siglos donde la viola se mantuvo en un plano relativamente secundario, y, en el ámbito de la enseñanza musical, era un instrumento que no se estudiaba como el piano (nos referimos a sus antecesores de la familia del clave), el violín o el violonchelo, instrumentos de la preferencia de la alta sociedad en las cortes europeas. En aquel entonces, la viola la tocaban los propios compositores (que en aquellos tiempos eran a su vez intérpretes) o los violinistas. En consecuencia, los instrumentos que fueron construidos por excepcionales luthiers fueron recortados y adaptados a la comodidad de los violinistas. Hoy por hoy, reconocemos que hay ciertas diferencias sustanciales entre ambos instrumentos, lo que implica también diferente tratamiento y atención a la calidad sonora y la técnica de las manos.

En el devenir histórico-cultural, durante los siglos XVII y XVIII hubo evidentemente una transformación o modernización de los instrumentos musicales, así como el nacimiento de otros, considerando, sobre todo, el papel que venía desempeñando la iglesia en el quehacer musical, y teniendo en cuenta el desarrollo de las sociedades. Posteriormente, con la revolución industrial y la entrada a la modernidad, la secularización y el desarrollo del individuo, se provoca la necesidad de nuevos y más modernos medios expresivos. Consecuentemente, el camino hacia el romanticismo como estética del arte en el siglo XIX abre otros horizontes a las potencialidades sonoras del instrumento; en este caso, aún dentro de los ensambles musicales, la viola adopta un lenguaje diferente de expresión interior.

Las tendencias acústico-sonoras en el ámbito musical toman un rumbo diferente a la entrada del siglo XX. Muchas son las causas que determinan los cambios en la visión de la filosofía y el arte, sus formas de expresión, su manera de comunicar, los diversos y novedosos lenguajes, signos y significados, todo lo cual es resultado de los cambios sociales, políticos y económicos que se suscitaron desde la entrada de la modernidad, los grandes descubrimientos científicos y el desarrollo de sociedades precapitalistas, incluyendo el impacto mundial de las guerras sucedidas en la primera mitad del siglo XX y la clara división en ese entonces del mundo en dos potentes sistemas políticos e ideológicos, todo lo cual impactó en el arte de manera radical y trascendente.

Las tendencias estéticas del arte encontraron disímiles formas de manifestación, dando paso a lo multiplural y lo multiestético, lo cual trascendió a la música, y creó la necesidad de darle un nuevo sentido a la comunicación

<sup>1</sup> Dr.C. Mara Lioba Juan Carvajal es Profesora de Música en la Unidad Académica de Artes de la Universidad Autónoma de Zacatecas [maralioba@hotmail.com](mailto:maralioba@hotmail.com) . (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Dr.C. María Vdovina es Profesora de Música en la Unidad Académica de Artes de la Universidad Autónoma de Zacatecas [mvdovina@hotmail.com](mailto:mvdovina@hotmail.com)

como lenguaje trascendental.

La renovación de ese lenguaje comunicativo fue contraproducente al arte en muchos sentidos; las corrientes artísticas y musicales de finales del siglo XIX y la primera mitad del XX provocaron muchos conflictos en la percepción del arte, logrando aislar, de manera directa, la participación de un auditorio que requería de un mayor conocimiento de la realidad circundante. En síntesis, se puede entender que muchas corrientes de lenguajes novedosos se vieron sobre pasadas por su limitada facilidad comunicativa con el público heterogéneo que convivía con la modernidad, la contemporaneidad, la vanguardia y otras propuestas estéticas. De ahí la necesidad de una retórica al lenguaje tradicional, aunque con nuevas formas de decir, nuevas técnicas y nuevos colores.

En este panorama, la viola es desarrollada tanto en el tratamiento orquestal, de cámara o en los conciertos solistas y obras solas con un lenguaje novedoso desde el punto de vista expresivo. La viola posee un sonido bello y caprichoso, obtenerlo es mucho más que interpretar la notación y ejecutar la obra; es revelar la subjetividad y sensibilidad del violista, y estimular su capacidad creativa. He aquí donde el papel del docente especialista en la formación del instrumentista juega un papel primordial. Las experiencias del docente a partir de la existencia de escuelas pedagógicas, consideran ante todo los aportes y experiencias de los grandes maestros que han dejado su huella en el arte interpretativo, compositivo y metodológico; tarea en la que el docente debe trabajar desde las primeras actividades durante la formación profesional.

La viola en la academia surge en el siglo XIX. Desde entonces, comienzan a independizarse, desde el punto de vista educativo y metodológico, el violín y la viola. “Aunque ya existían algunos métodos de apoyo para el aprendizaje de la viola como el de “La escuela para el contrabajo y la viola”, de Michel Corrette (1709-1795), la escuela de Antonio B. Bruni (1751-1821), y los 41 caprichos de Bartolomeo Campagnoli (1751-1827), podemos considerar que la época del nacimiento de la pedagogía violística ha empezado a partir de los tiempos de Alessandro Rolla (1757-1841), quien fuera maestro de Niccolò Paganini...” (Vdovina, 2009, pp. 83-84).

Entre las primeras escuelas especializadas en el desarrollo del instrumento destacan: la cátedra de viola en el Conservatorio de París, desde 1894, con el violista Teofil Laforge (1860-1918) quien contribuyó a la revisión y actualización de obras del violín para el desarrollo técnico de la viola; la academia inglesa, con los violistas Lionel Tertis (1876-1975), autor de los libros *Ya no existe cenicienta* (1953) y *Mi viola y yo* (1974), (Poniatovsky, 1984 y Riley, 1991-1993) y William Primrose (1904-1982), quien puso la viola en un alto nivel internacional. Especial mención tendrá aquí, más adelante la escuela ruso-soviética de la que resalta el nombre de Vadim Borisovsky (1900-1972).

La formación del violista debe iniciar desde edades tempranas, con ello nos beneficiamos del desarrollo físico y psíquico del estudiante, con el fin de trabajar la técnica del instrumento aprovechando la flexibilidad natural que ofrece el cuerpo humano. Desde este momento se crean hábitos de estudio, se desarrollan las capacidades creativas y de autovaloración, la disciplina, y la vocación profesional.

La vocación musical -aunque se inicia en el seno familiar o social-, crece con el ejemplo del maestro en sus clases; por lo general, la enseñanza del instrumento se desarrolla en sesiones individuales, es decir, un alumno frente al maestro. Lograr el aprovechamiento del tiempo en busca de la interpretación con calidad constituye un proceso complicado en el que se integran también las problemáticas culturales y sociales del momento histórico. Esto indica un desafío para el docente que en cada intercambio procura que la formación musical integre el saber, las habilidades, los sentimientos, y los valores; y, como resultado, se enorgullece de los avances de sus estudiantes.

Los maestros forman a lo largo de la historia grandes intérpretes; no es posible nombrar a todos en tan corto espacio, por ello, nos proponemos reflexionar sobre el significado de los aportes de maestros de viola que contribuyeron a la formación profesional del violista, a través de un pequeño reconocimiento-homenaje a nuestros guías.

### **Desarrollo**

Aunque se han encontrado tratados que anuncian el término formación en épocas tan lejanas como el siglo XIX, en la actualidad este es empleado con regularidad. Áreas diversas comparten su uso con la pedagogía; en su conjunto, el término aparece relacionado con la alineación u ordenamiento, pero en realidad, en cada área adquiere un significado diferente.

Coincidimos con González (2016) al expresar la escasez de estudios sobre el término que alcanza un sustento teórico o metodológico; y con las consideraciones que ofrece al revelar los aspectos que deben considerarse cuando “formación” se asume como una categoría desde una visión pedagógica. En este caso, se distingue el vínculo de la formación con una cultura, una identidad y con condiciones socio-históricas.

(...) debería incluir la voluntad de formarlo para discernir los signos de su tiempo de forma reflexiva, crítica y comprometida. (...) es consustancial a la existencia humana (...) Tiene carácter prospectivo porque proyecta un imaginario de la transformación de la persona (...) tiene en consideración al hombre como un ser en evolución y en constante transformación; es un proceso de estructuración no de acumulación. No puede reducirse a la instrumentación, a un acto, ni a una suma de actos, ni a un título, ni a un programa, ni siquiera a un reconocimiento: La formación es una categoría compleja que integra todo eso pero que no puede obviar al sujeto con posibilidades de decisión y de autovaloración para implicarse o no en su propia transformación. (González, 2016, pp.166-167)

La formación implica para el docente una actitud consecuente y comprometida con el momento histórico en que vive y la atención a las necesidades y motivaciones del estudiante. Está presente durante toda la vida y se orienta hacia la transformación y auto-transformación consciente para solucionar situaciones cada vez más complejas.

El vocablo formación también se emplea cuando nos referimos a las acciones para alcanzar un nivel profesional. Al respecto, en la literatura se encuentran criterios de medidas o posesión de conocimientos especializados en un área del conocimiento, o sobre el desarrollo de habilidades que determinan cierto grado de especialización, de independencia técnica y sustento teórico Grazzoni (1978, como se citó en González, 2016) expresa que la profesión "(...) es un conjunto de conocimientos teóricos y prácticas aplicadas a una estructura o actividades con funciones determinadas. La profesión, según este autor, implica un grado avanzado de especialización, de independencia técnica y de fundamentación teórica" (p.162).

Por lo general el análisis sobre la formación profesional versa sobre la influencia de algo externo, de un modo de actuación en un área determinada del saber. En su mayoría se aprecia cierto distanciamiento con la posición del sujeto que actúa y participa desde los espacios en que vive; sin embargo, en la formación profesional del músico se evidencia la integralidad de los aspectos internos (relativos al sujeto) y externos (orientado a la influencia que se ejerce sobre el sujeto) durante el proceso; en este último, la acción sistemática del docente es primordial.

La formación profesional del músico abarca una diversidad de carreras que se desarrollan en todos los niveles educacionales, y diferentes campos como la composición, la ejecución, la pedagogía o la musicología, los que se encuentran en constante interacción con la sociedad.

La industria de la música a escala internacional ofrece un amplísimo abanico de oportunidades laborales. A continuación mencionamos sólo algunas de las muchas posibilidades: solista, músico orquestal, compositor, director de orquesta, maestro, investigador, crítico musical, agente artístico, ingeniero de grabación, productor y editor, así como trabajos en acústica, musicoterapia, biblioteconomía, problemas médicos de los músicos, administración, gestión cultural, laudería (diseño, construcción y reparación de instrumentos de cuerda), etc. La mayoría de los profesionales musicales inician con el estudio de algún instrumento. Unos se especializan en la ejecución musical, pero muchos otros canalizan su talento y vocación a distintas áreas. (Barrón, 2009, p.20)

En cualquiera de los casos, la carrera del músico tiene un recorrido largo y difícil, el estudiante debe consagrarse al estudio con disciplina, determinación, vocación y amor. El maestro debe lograr un equilibrio en el trabajo para evitar sobrecargas que conllevan al cansancio y desinterés; no obstante, buscará estimular y exigir la práctica individual para lograr los objetivos propuestos.

Alcanzar una buena interpretación implica recrear con lógica y coherencia la maestría y el conocimiento, asumir la responsabilidad con el momento histórico, ejecutar con fidelidad las obras de sus antepasados y contemporáneos siendo consecuente con la personalidad del músico, pues cada individuo tiene un modo de percibir y devolver la obra.

(..) Podemos ver, sentir y percibir a través de nosotros mismos, es decir, somos reflejos de un momento histórico dado, y de una visión única e irreplicable de nuestro espacio temporal. Es así como contemplamos el universo, y es a través de él que interpretamos y sentimos. (Vdovina, 2010, pp. 61-62)

Otros elementos que intervienen en la formación profesional del músico son los sentimientos y valores; estos últimos responden a la experiencia del individuo y al sistema de relaciones que establece con sus contemporáneos, los amigos, la familia, el entorno, la actividad que realice y el rol que desempeñe en ella (Baxter, 2003). Los valores median en la conducta e ideas del estudiante. Ello indica que no puede existir un divorcio entre lo cognitivo, lo afectivo y lo volitivo, hay que pensar en las tres aristas cuando seleccionamos el programa que debe ejecutar el estudiante teniendo en cuenta sus características personales. La identificación con la profesión incluye motivos, compromiso, afiliación, y pertinencia.

Es preciso considerar que la identificación con la profesión es dinámica y que evoluciona, la intención es que

se incrementa con el transcurso del tiempo, pero depende de muchos factores, entre ellos, el sistema de relaciones que establezca el estudiante con su entorno. “Lo que es bueno en un tiempo se desvirtuará en el futuro; aquello que resulta conveniente, y hasta deseable, para un conjunto social definido no es tenido así por un colectivo diferente” (Sánchez, 2015, p.57); por ello, los maestros de música se enfocan en el trabajo directo con el estudiante a fin de lograr sentimientos de pertinencia, estado de satisfacción y autovaloración positiva desde el punto de vista profesional. “Inmersos en la búsqueda de soluciones para afrontar los problemas concretos que afectan la adecuada cobertura docente, no podemos permanecer ajenos a las realidades que configuran una contemporaneidad de la que formamos parte” (Pogolotti, 2018).

La formación profesional del violista se dificulta, entre otros aspectos por el tamaño de la viola y la necesidad de iniciar la carrera desde edades tempranas; por lo general, el niño empieza estudiando el violín, instrumento semejante pero de menor tamaño (la similitud entre ambos referente a las posiciones y a la obtención del sonido básico, permite esta flexibilidad); en este período se forman habilidades en el manejo del arco, la posición de la mano izquierda y de los dedos sobre las cuerdas, así como ciertas destrezas físicas que le permiten paulatinamente el incremento del tiempo de estudio.

Una vez terminada esta etapa inicial, se realiza la captación para la formación como violista, este trabajo es sensible y paciente, al joven se le explican los aspectos técnicos y sensitivos a transformar partiendo siempre de lo emocional-auditivo. Para ello, se aprovecha el potencial tecnológico en poder de los estudiantes o la presencia física de reconocidos intérpretes, lo que ofrece la posibilidad de sentir y experimentar el sonido propio de la viola.

En el arte, el interés, el amor a su instrumento es uno de los atractivos básicos. El pianista adora a su piano, el violinista a su violín y el arpista a su arpa. En un joven adolescente se puede despertar el interés por la viola y el amor a este instrumento, tomando en cuenta que en esta etapa de la adolescencia, él se estimula y fácil y el buen maestro, enamorado de su trabajo y de su instrumento, puede encaminarlo exitosamente. (Vdovina, 2009, p.89)

Por lo general, cuando se designa a un músico con el calificativo de maestro, se está indicando la influencia positiva que ejerció o ejerce sobre un grupo de estudiantes o profesionales durante su formación; esta puede verse desde el punto de vista interpretativo, compositivo o como docente. En cualquier caso, ello enuncia el respeto hacia una figura cuyo accionar ha dejado huellas que tienen un significado para la formación de nuevos profesionales de la música.

Para el análisis que conlleva al reconocimiento de maestros de la viola, se tomó como punto de partida el aporte educativo que han realizado; esto es, el conocimiento, producto o hecho resultante de la experiencia o actividad práctica del docente, que contribuye a la transformación y se orientan a la interpretación, reflexión y reconstrucción de la labor educativa, significativo para la comunidad educativa, para los estudiantes, las instituciones u otros profesionales y agentes sociales (Deler, 2012).

Si bien son varias las escuelas que partiendo de las iniciales ya mencionadas, han dejado, al día de hoy una fuerte tendencia al reconocimiento de la viola a nivel mundial como un instrumento sólido, atractivo y sugerente en el desarrollo compositivo e interpretativo, en este trabajo, por su brevedad, haremos referencia a esa escuela que nos formó de manera directa, y que es uno de los ejemplos distintivos del proceso pedagógico e interpretativo de la viola en el mundo contemporáneo. De esta manera, estamos también reconociendo y agradeciendo la formación profesional de las violistas que inscriben este trabajo.

Vadim V. Borisovsky fue el precursor, iniciador y formador de la escuela ruso-soviética de la pedagogía de la viola. Su labor se enfocó en numerosas ramas que se compactan en: la creación de un catálogo suficientemente amplio y rico en estilos, técnicas y tendencias, por lo que además se avocó no sólo a la recopilación de lo existente, sino que, como compositor y arreglista hizo crecer el repertorio de la viola a nivel mundial con una calidad excepcional. Paralelamente se ocupó de la formación de jóvenes instrumentistas que junto a él desarrollaran una importante labor de divulgación del instrumento en todas las variantes: como solistas, como músicos de conjuntos o ensambles de cámara y en las orquestas sinfónicas, por ejemplo. Dio seguimiento a la formación pedagógica de sus alumnos a fin de crear escuelas en diversos estados de la exURSS y otros países, con el propósito de incrementar la educación básica, media y profesional de la enseñanza de la viola, incluso jugó un rol determinante en el desarrollo de la laudería contemporánea, pues muchos luthiers de nueva formación empezaron a construir y especializarse en hacer violas con el mismo interés que anteriormente hacían fundamentalmente los violines y violonchelos (Juan-Carvajal y Vdovina, 2018).

De las manos de Borisovsky salieron centenares de instrumentistas y pedagogos de prestigio, entre ellos: Rudolf Barshai (1924-2010) director de la Orquesta de Cámara de Moscú fundada en 1956, y Fyodor Druzhinin (1932-2007), quien fuera a su vez maestro de las violistas Viera Borísova y María Vdovina.

Fyodor Druzhinin, violista y compositor soviético asumió importantes responsabilidades en apoyo a su maestro. Fue significativa la labor encaminada a la difusión del instrumento y al proceso pedagógico en el

Conservatorio de Moscú; también su contribución a la creación de obras para viola, así como su trabajo como miembro del cuarteto Beethoven. Entre sus obras escritas para este instrumento se encuentran: Sonata para viola (1961), Variaciones para viola sola (1968), Fantasía para viola y orquesta (1980) y Sinfonía a Due para dos violas (1986).

Del trabajo publicado en 2015 sobre la historia de la escuela rusa de viola, referenciamos aquí dos opiniones de sus alumnas: María Vdovina expresó que “Fiodor Serafimovich, en su clase, siempre fue un poeta hablando de la música”; por su parte Viera Borísova manifestó que su labor era, según él decía: “transmitir el virus de la música, y ciertamente, no había quien saliera de su clase sin experimentar esta benigna ‘fiebre’ de pasión hacia el arte musical” (Juan-Carvajal y Vdovina, 2015, p.74).

Viera Borísova (1954) violista ruso-americana, ha sido una excelente intérprete y docente de trayectoria cuya influencia, al igual que la de la escuela ruso-soviética, ha traspasado océanos y continentes. Su trabajo incluye experiencias en la docencia y como intérprete solista y de cámara en Moscú, Rusia, donde se formó (1972-1982), en la Habana, Cuba (1982-1992); fue además integrante en las diversas orquestas como la Orquesta Sinfónica Nacional de Rusia (92-93) Sinfónica de Córdoba, (93-94) y la de Cámara y la Sinfónica de Tenerife (94-95), además de como profesora del Conservatorio Superior de Música de Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, (España). De ahí se traslada a radicar a los Estados Unidos, donde ha compartido la enseñanza privada a nivel internacional, a la vez que ha participado en diversos ensambles, orquestas e instituciones de formación pedagógica y musical como: la Universidad Internacional de la Florida (95-96) y la Orquesta Filarmónica de la Florida, entre otras. Heredera de su escuela y su maestro Druzhinin, Viera Borísova es un ejemplo de entrega y devoción hacia la música lo cual transmite en cada una de sus interpretaciones, en la calidad humana, el sentido expresivo, el manejo de los colores y la intensidad vibrante de las emociones que la música puede sugerir, todo lo cual se conjuga con su sensibilidad en el tratamiento individual de la personalidad artística de sus discípulos, la exigencia técnica y de un bagaje cultural amplio y rico que permita todo tipo de interpretación estilística con calidad y disfrute, con convicción y entrega. Como docente, ha formado a numerosos intérpretes entre los que se encuentra una de las autoras de este trabajo.

Las enseñanzas de estos maestros se multiplican en el intercambio diario de conocimientos, en la trasmisión de experiencias, en el accionar frecuente frente al estudiante, en la búsqueda de la pieza, estudio u obra que mejor se adapte a las características personales del estudiante, en la continuidad de la práctica, en el ejercicio demostrativo, en la vergüenza, la responsabilidad y la ética para exigir del estudiante mejores resultados, en la comunicación y en la gestión del proceso formativo desarrollador y de calidad.

Recientemente, en el año 2017, se grabó el CD doble “Música contemporánea para viola”, en la que participaron como intérpretes de diversas obras contemporáneas para viola o ensambles de viola las violistas María Vdovina, Viera Borísova, Mara Lioba y el violinista y violista Alexander Vdovín. Coincidentemente, el mejor homenaje a esta escuela ha sido la interpretación de obras soviéticas entre las que destaca La Sinfonía a Due para dos violas de Fyodor S. Druzhinin y que interpretaran justamente sus alumnas Viera Borísova y María Vdovina.

### Comentarios Finales

La formación del violista debe iniciar desde edades tempranas con lo que se aprovecha el desarrollo físico y psíquico del estudiante para trabajar los elementos técnicos, los motivos y la vocación por la música, la que se refuerza con el ejemplo del maestro en las clases de instrumento.

La formación profesional del músico demanda del estímulo, de la exigencia, y del logro de un equilibrio entre las horas de trabajo y el esfuerzo que se exige al estudiante. Integra lo cognitivo, lo afectivo y lo volitivo, orientada hacia la identificación con los modos de actuación teniendo presente motivos, compromiso, afiliación y pertinencia.

El profesor de música ejerce una influencia positiva sobre un grupo de estudiantes o profesionales durante su formación; esta puede verse desde el punto de vista interpretativo, compositivo o como docente. Cuando se ha reconocido como *maestro*, representa que ha dejado huellas significativas en los estudiantes.

Un merecido homenaje a nuestros maestros es el reconocimiento a aquellos que constituyen ejemplos distintivos del proceso pedagógico e interpretativo de la viola en el mundo contemporáneo.

### Referencias

Barrón, J. (2009). La carrera del violinista: aspectos fundamentales. En: Barrón, Jorge (Coord). *Violín, viola, violocello y piano. Procesos de enseñanza-aprendizaje*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, pp.19-68.

Baxter, E. (2003). *¿Cuándo y cómo educar en valores?* La Habana: Pueblo y Educación.

Deler, G. (2012). *Estudios de educadores destacados del siglo XX en La Habana*. La Habana, Cuba: Asociación de Pedagogos de Cuba.

González, B.M. (2016). La categoría formación. En: Ortiz, T. y Sanz, T. (Coord.) *Visión pedagógica de la formación universitaria actual*. La Habana: Editorial UH, pp.153-169

Juan-Carvajal, M.L. y Vdovina, M (2015). Referencias para una historia de la escuela rusa de viola. De Borisovsky a Bashmet. En: Juan-Carvajal, M.L. y Flores, L.G. (Coord.). *Propuestas para una contextualización de las artes*. México: Editorial Pandora, Guadalajara, México.

Juan-Carvajal, M.L. y Vdovina, M. (2018). Características distintivas de Borisovsky pedagogo y artista a través de sus arreglos y transcripciones (II). En: Barrón, Jorge (Coord). *Violín, viola, violocello y piano. Procesos de enseñanza-aprendizaje II*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas,

Pogolotti, G. (25 de diciembre de 2018). Repensar la Pedagogía. *Juventud Rebelde*. Recuperado de: [digital@juventudrebelde.cu](mailto:digital@juventudrebelde.cu).

Sánchez, M.J. (2015). "Esencia versus existencia" en la cultura musical de las sociedades. En: Sánchez, M.J. y Juan\_Carvajal, M.L. (Coords.) *Alia Música*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas y Colombia: Ediciones Universidad Simón Bolívar.

Poniatovsky, S. (1984). *Historia del arte violístico*. Moscú: Editorial Música.

Riley, M.W. (1991-1993). *The history of the viola, vols. I y II*, Edición Braun-Brumfield, Ann Arbor Michigan.

Vdovina, M. (2009). La viola, una atractiva opción dentro de los instrumentos de cuerda. En: Barrón, Jorge (Coord). *Violín, viola, violocello y piano. Procesos de enseñanza-aprendizaje*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, pp.69-99.

Vdovina, M. (2010). La interpretación como proceso de creación. En Castillo, G. (Coord.). *Colorama musical: nuevos problemas, nuevas perspectivas*. México: Editorial Plaza y Valdés, S.A., pp.57-81.

# LSQ: propuesta de una Metodología de Integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools

## COMPETITIVIDAD GLOBAL

<sup>1</sup>Asel Juárez-Vite, José Ramón Corona-Armenta y Oscar Montaña-Arango

**Resumen:** La integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools en las empresas del sector automotriz en la región, presentan una problemática al trabajarlas de una manera integrada y metodológica, además del conocimiento de las mismas, esto no solo teórico, sino también práctico, para poder ejecutarlas lo realizan con equipos multidisciplinarios aislados que ocasionalmente presentan acciones repetidas. El objetivo del presente trabajo es diseñar una metodología que las integre, dando como resultado un sistema de productividad global más eficiente enfocado a los requisitos del cliente y la mejora continua. Se realizó una matriz de requisitos que permiten visualizarlas etapas que conllevarán a trabajar la integración, mediante 5 fases para su despliegue, además de presentar 5 niveles para mantener un desarrollo y crecimiento constante.

**Palabras Clave:** Lean, Seis Sigma, Coretools, sistemas integrados, Matriz, Productividad

**Abstract:** The integration of Lean Manufacturing, six Sigma and Coretools in the companies of the automotive sector in the region, present a problem when working them in an integrated and methodological way, in addition to the knowledge of them, this not only theoretical, but also practical, to be able to executing them is done with isolated multidisciplinary teams that occasionally present repeated actions. The objective of this work is to design a methodology that integrates them, resulting in a more efficient global productivity system focused on customer requirements and continuous improvement. A matrix of requirements was made that allows visualizing the stages that will lead to work on the integration, through 5 phases for its deployment, in addition to presenting 5 levels to maintain constant development and growth.

**Keywords:** Lean, Six Sigma, Coretools, integrated systems, Matrix, productivity.

### Introducción

En el actual escenario global, los principales retos que enfrenta el sector industrial, para poder ser competitivo, son: el ambiente de negocios, la estrategia empresarial, la innovación y transformación, la gestión de riesgos y los cumplimientos regulatorios. La industria, en todo el mundo, vive presionada de los requerimientos de sus clientes y de otras partes interesadas para la ejecución de sus operaciones de manera responsable y mejora de su desempeño. Por lo tanto, mejorar el desarrollo de las operaciones y reducir costos, así como trabajar de una manera integrada, es un imperativo empresarial: La mejora continua del proceso a través de un equipo multifuncional enfocado, reduce la variación en el proceso (Yadav, Mathiyazhagan & Kumar, 2019), así como, en la reducción de costos, eliminando actividades que no agregan valor (Yang, T., Kuo, Y., Su, C. and Hou, C. 2015), sin dejar de lado que al combinar todos sus elementos con los componentes del negocio, le permiten lograr su propósito (Olaru, M., Maier, D., Nicoara, D., & Maier, A. 2014). El principal problema que enfrentan las organizaciones en la actualidad es trabajar de una manera conjunta los esfuerzos por cumplir los requisitos del cliente y la mejora continua. Recientemente muchas empresas han descubierto que trabajar metodologías como Lean Manufacturing y Seis Sigma contribuyen a la mejora continua, lo anterior lo ven reflejado en sus operaciones, adicionalmente en los requisitos específicos del cliente en el diseño y desarrollo de sus productos han utilizado y en algunos sectores son de carácter obligatorio la metodología de Coretools. Actualmente las organizaciones que han implementado estas metodologías, visualizan de una manera puntual los beneficios de cada una de ellas por su forma de operación sistemática. Mas sin embargo se ven afectados ocasionalmente en los costos, por trabajarse de una manera aislada cada una de ellas.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Área Académica de Ingeniería y Arquitectura

Área Académica de Ingeniería y Arquitectura Universidad Autónoma del Estado Hidalgo

Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Colonia Carboneras, Ciudad del Conocimiento, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184, México.

Email: [ju100906@uaeh.edu.com](mailto:ju100906@uaeh.edu.com), Tel 771 71 72000 extensión 4001.



La posible integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools permitiría que un sólo equipo ejecutara estas funciones y no se presentaran iniciativas aisladas y repetidas en la organización. Sumándole a esto que la mejora continua podría nacer desde los requerimientos del cliente y los beneficios se vería reflejados en los procesos y la satisfacción del cliente. En contraste con estas metodologías, hasta la fecha se han publicado muy pocos artículos basados sólo en la integración de Lean, Seis Sigma y Coretools. Entre los artículos revisados, no se encontró alguno relacionada con la integración de las 3 metodologías. Por lo tanto, a partir de esta falta de conocimiento de un modelo integrado específico, revisamos la literatura para recopilar sistemáticamente y analizar críticamente algunas de las investigaciones relevantes en el campo de Lean, Seis Sigma y Coretools, para proporcionar las bases para un modelo que las integre.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. La sección 2 presenta la revisión de la literatura. La sección 3 describe la metodología que se utilizó. La sección 4 presenta la descripción del modelo. Finalmente, conclusiones en la Sección 5.

### Marco de referencia

Una manera de poder identificar el modelo integrado propuesto y situarlo, es a través de los elementos de referencia sobre la cuestión a tratar, partiendo de seis temas de investigación relevantes, que representan los principales campos que se han abordado en los últimos años en el dominio de las metodologías de mejora continua y Coretools. En esta revisión se consideraron artículos que se han enfocado en: (1) Lean Manufacturing, (2) Seis Sigma, (3) Ingeniería de calidad (Coretools), (4) Lean-SixSigma, (5) SixSigma-Coretools y (6) Lean Manufacturing-Coretools. A continuación, se discutirán estos temas.

1. Cuando se menciona el termino Lean Manufacturing su principal referencia histórica data del sistema de producción de Toyota, (Roser, 2017). James Womak (2003) en su libro *Lean Thinking* define a Lean como: el camino para especificar valor, crear valor en la línea de producción a través de acciones ejecutadas en la mejor secuencia, conducir estas acciones sin interrupción cuando alguien las demande y desarrollar las actividades más y más eficientemente. En la revisión de la literatura se encontraron publicaciones donde señalan que para una implementación exitosa de Lean Manufacturing juega un papel importante el apoyo de la gerencia en el impulso que proporciona, además de una mejor comunicación en la organización, (Worley, J.M, & Doolen, T.L 2006). En esta misma línea un tema fundamental es identificar y clasificar los principales criterios para la implementación en el sector manufacturero (Sharma, V., Dixit Mohd, A. and Qadri, A. 2016). En la investigación de Ruiz-de-Arbulo-Lopez, P. (2013) evidencia los posibles errores de la contabilidad de costos. Además de presentar la necesidad y validez de un sistema acorde a la producción Lean. Marodin, G., Germán, A., Luz G., Netland T. (2018) sugieren que las empresas pueden sacar más provecho de sus implementaciones Lean si persiguen una implementación sistemática tanto de Lean Production Development como de Lean Manufacturing, en lugar de seguir el enfoque aislado más común. El alcance de la metodología se ve reflejado en varios campos como lo es en temas ambientales, Garza-Reyes, J., Kumar, V. Chaikittisilp, s. & Hua, K. (2018). Proporciona información interesante sobre los efectos de Lean Manufacturing en el desempeño ambiental y muestra un efecto sobre el uso de materiales y la liberación de contaminantes. Maasouman, M. and Demirli, K. (2015) desarrollan un modelo de madurez Lean a nivel operativo, visual y basado en datos. Algunos ejemplos de la aplicación de esta metodología en la manufactura de bobinas de aire acondicionado presentando resultados exitosos, Das, B., Venkatadri, U. and Pankajkumar P. (2013) en este mismo contexto de igual forma se ha implementado en un sistema de fabricación de redes de pesca. Utilizando un diseño experimental y una herramienta de optimización de simulación. Por ultimo Barbosa, G., Carvalho, J. and Filho, E. (2014) desarrollan una aplicación específica en proyectos de procesos de fabricación aeroespacial que apuntan a la automatización de la producción.

2. Seis Sigma, es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. La variación es uno de los enfoques que se abordan en Seis Sigma Rojas y Pérez (2019) revisando la literatura, el alcance de Seis Sigma no se ha limitado solo a la industria manufacturera, sino que ha incursionado en el campo de la medicina, Shah, Herstein, Flynn-O'Brien, Oh, Xue, & Flanagan (2018) en un estudio implementó un proceso de traspaso estandarizado que incluye una lista de verificación y una nota de traspaso electrónica dentro de una unidad de cuidados postanestesia. Niñerola, A., Sánchez-Rebull, M. & Hernández-Lara A. (2020) presentan en una revisión de la literatura la aplicación de Seis Sigma en el sector de la salud que tiene por objetivo lograr reducciones de tiempo, costos y errores, para la mejora de la calidad y la satisfacción de los pacientes. Esta revisión busca que los profesionales de la salud conozcan los beneficios que Seis Sigma puede generar en los procesos que se desarrollan en un centro de salud, hospital u otras organizaciones del sector. En el campo de análisis clínicos, Randell, E. Garry, S., Lee, N., Beresford, A., Spencer, M., Kennell, M., Moores, Z. and Parry, P. (2018) presentan un estudio en el área

de química clínica e inmunoensayo, con la intención de mejorar un sistema de verificación automática (AV) encontrando mejor tiempo de respuesta, tiempo reducido para la verificación manual y sin un compromiso evidente de la calidad o detección de errores. En el área de radiología se entrenaron en un conjunto de herramientas para liderar proyectos de mejora del rendimiento, Rawson, J., Kannan,

A. and Furman, F. (2016). Tradicionalmente esta metodología se ha utilizado en gran parte en el sector manufactura por ejemplo en la industria del vidrio automotriz con la intención de encontrar causas raíz y resolver problemas, Narottam, Y., Mathiyazhagan, K. & Kumar, K. (2019). En el sector de la construcción, Noriega, S., Valles A., Torres-Argüelles, V., Martínez, E. & Hernández A. (2016) enfocó sus esfuerzos para mejorar los procesos de los materiales de construcción, esto con el fin de incrementar su eficiencia en una planta de bloques de hormigón. Tampoco es ajena el tema ambiental, Sagnak M, & Kazancoglu Y. (2016) analizan la integración del enfoque green Lean y luego se identifican las limitaciones, posteriormente, mediante el enfoque Seis Sigma superan estas limitaciones y evalúan su desempeño. Se pueden generar aplicaciones muy específicas en la industria como el desarrollar un índice de calidad difusa para medir procesos, Chen, K., Wang, C., Hua, K., & Chiu, S. (2019). Por ultimo un acercamiento hacia los sistemas integrados, Wataru, K. Murata, Y. and Nakajima, T. (2010) en una investigación desarrollan un entorno de varios sistemas enfocados a tratar problemas al área de informática.

3. Los Coretools son un conjunto de herramientas desarrolladas originalmente en la industria automotriz para diseñar, desarrollar, medir, registrar, analizar y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan las necesidades y expectativas del cliente, Rodríguez (2019). Estas herramientas al ser especializadas y enfocadas en el diseño y desarrollo de los productos en la industria automotriz, se encontraron algunas investigaciones centradas en diseño colaborativo y ensamblaje modular para la integración de la cadena de suministro basados en el APQP (planificación de calidad de producción avanzada), Trappey, A. & Hsiao, D. (2008). Dentro del set de herramientas de esta metodología el AMEF (análisis de modo y efecto de falla) es fundamental y una de las investigaciones se centra en una evaluación del desempeño grupal versus el desempeño individual, (Guerrero, H. and Bradley, J. 2013).

4. Lean Seis Sigma es la combinación mejorada de dos metodologías científicas llamadas Lean y Seis Sigma que, de forma separada, buscan la maximización de la productividad. Sin embargo, unidas bajo una misma metodología, no sólo se orientan a reducir costes, sino también a maximizar la eficiencia en los procesos y, por lo tanto, a que las empresas que la implementen sean más competitivas en sus respectivos mercados. García, (2015). Esta integración de las metodologías se ha utilizado en diversos campos, en la revisión que se realizó, dentro del sector de la salud, Hultman, C., Kim, S., Lee, C., Wu, C., Dodge, B., Hultman, C., Roach, S., and Halvorson, E. (2016) la enfocaron para disminuir el tiempo preoperatorio hasta el corte y el tiempo operatorio total, mediante la reducción de la variabilidad y la mejora de la eficiencia. Esta metodología no es ajena a los problemas actuales, Sodhi, H. (2020) en su investigación propone que las industrias manufactureras deben implementar herramientas y técnicas Lean Six Sigma para recuperarse de las secuelas del coronavirus, tomando en cuenta que el impacto del coronavirus se ha convertido en un gran problema no solo para la salud física de los seres humanos sino también para la salud económica de la mayoría de los países del mundo. Dentro del marco ambiental algunas de las investigaciones se han centrado en eliminar residuos y mejorar el desempeño de la industria sin causar muchos impactos negativos en el medio ambiente, Talapatra, S. & Gaine, A. (2019), Singh M. & Kaswan, Rathi, R. (2019). De igual forma se encontró información acerca de algunas integraciones adicionales con temas de sustentabilidad, Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A. & Benhida, K. (2016), Parmar, P. & Desai, T. (2020).

5. En la integración de Seis Sigma-Coretools algunas de las aplicaciones normalmente se detectan en la industria en iniciativas aisladas, Xu, Z., Lee, S., Albani, D., Dobbins, D., Ellis, R., Biswas, T., Machtay, M. & Podder, T. (2019) encontraron que la herramienta de AMEF permitió identificar los factores que causaron el retraso en el proceso de pretratamiento de la radioterapia. Esta misma herramienta también se ha utilizado en el sector de la construcción e identificó los factores de retraso que pueden ocurrir en la estructura marco de proyectos de edificios altos de formalibre y prioridades analizadas para la gestión de retrasos, Lee, D., Lim, H., Lee, D., Cho, H. & Kang, K. (2019). Por último, la integración de estas metodologías, Altuntas, S. & Kansu, S. (2019) en su investigación busca un enfoque innovador e integrado basado en SERVQUAL, QFD (Despliegue de la función de calidad) y AMEF para la mejora de la calidad del servicio.

6. En la investigación realizada no se encontraron publicaciones enfocadas a la integración de Lean Manufacturing-Coretools.

7. La integración de Lean Manufacturing- Seis Sigma-Coretools en la revisión de la literatura no se encontraron investigaciones realizadas. En este apartado es donde se pretende proponer esta investigación.

Para resumir esta revisión de la literatura se presenta la Tabla 1 donde se puede visualizar los artículos analizados en esta sección. De los artículos presentados se puede identificar que existe muy poca información de la

integración de las herramientas, solo se presenta en Lean Seis Sigma, Seis Sigma-Coretools y algunas integrando temas de sustentabilidad. En contraste con investigaciones anteriores la integración más cercana es la de Lean Manufacturing, Seis Sigma y TOC (teoría de restricciones). El modelo que proponemos está enfocado a contribuir en la literatura existente con la diferencia que nos enfocamos a la integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma e ingeniería de calidad (Coretools). Esta investigación es una necesidad de la industria automotriz como un requerimiento de sus clientes y la permanencia en el mercado por el constante incremento de las materias primas atendiendo la necesidad económica en las organizaciones. Desde la perspectiva de la mejora continua la generación de iniciativas, permitirán obtener ahorros substanciales en la empresa con lo que se pudieran atender esas necesidades económicas.

Tabla 1  
Revisión de la literatura.

	Diagnóstico	Planificación	Sistemáticos	Enfoque de procesos	Integración
<b>1.- Lean Manufacturing</b>					
Worley, J.M. & Doolen, T.L. (2006).	✓		✓		
Ruiz-de-Arbuló-Lopez, P. (2013).	✓		✓	✓	
Marodin, G., Germain, A., Luz G., Netland T. (2018).	✓		✓	✓	
Garza-Reyes, J., Kumar, V. Chaikititsilp, S. & Hua, K. (2018).	✓		✓	✓	
Sharma, V., Dixit Mohd, A. and Qadri, A. (2016)		✓	✓	✓	
Maasouman, M., and Demirli, K. (2015)			✓	✓	
Das, B., Venkataradi, U. and Pankajkumar P. (2013)			✓	✓	
Yang, T., Kuo, Y., Su, C. and Hou, C. (2015)			✓	✓	
Barbosa, G., Carvalho, J. and Filho, E. (2014)			✓	✓	
<b>2.- Seis Sigma</b>					
Shah, Herstein, Flynn-O'Brien, Oh, Xue, & Flanagan (2018)	✓	✓	✓	✓	
Narottam, Y., Mathiyazhagan, K. & Kumar, K. (2019)	✓		✓	✓	
Chen, K., Wang, C., Hua, K., & Chiu, S. (2019)		✓	✓	✓	
Ninerola, A., Sánchez-Rebull, M. & Hernández-Lara A. (2020)					✓
Sagnak M, Kazancoglu Y. (2016)			✓	✓	
Yadav, Mathiyazhagan & Kumar (2019)		✓	✓	✓	
Wataru, K. Murata, Y. and Nakajima, T. (2010)			✓	✓	
Randell, E. Garry, S., Lee, N., Beresford, A., Spencer, M., Kennell, M., Moores, Z. and Parry, P. (2018)			✓	✓	
Rawson, J., Kannan, A. and Furman, F. (2016)			✓	✓	
Norega, S., Valles A., Torres-Arguëlles, V., Martínez, E. & Hernández A. (2016)			✓	✓	
<b>3.- Ingeniería de calidad (coretools)</b>					
Trappey, A. & Hsiao, D. (2008)		✓		✓	
Guerrero, H. and Bradley, J. (2013)				✓	
<b>4.- Lean-Sixsigma</b>					
Sodhi, H. (2020)		✓	✓	✓	✓
Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A. & Benhida, K. (2016)	✓	✓		✓	✓
Singh M. & Kaswan, Rathi, R. (2019)			✓	✓	✓
Parmar, P. & Desai, T. (2020)			✓	✓	✓
Talapatra, S. & Gaine, A. (2019)			✓	✓	✓
Hultman, C., Kim, S., Lee, C., Wu, C., Dodge, B., Hultman, C., Roach, S., and Halvorson, E. (2016)			✓	✓	✓
<b>5.- Sixsigma-CoreTools</b>					
Xu, Z., Lee, S., Albani, D., Dobbins, D., Ellis, R., Biswas, T., Machay, M. & Poddar, T. (2019)			✓	✓	✓
Lee, D., Lim, H., Lee, D., Cho, H. & Kang, K. (2019)		✓	✓	✓	✓
Aluntias, S. & Kamsu, S. (2019)			✓	✓	✓
<b>6.- Lean Manufacturing- Coretools</b>					
<b>7.- Lean Manufacturing- Six Sigma- CoreTools (LSQ Modelo propuesto)</b>					
	✓	✓	✓	✓	✓

## 2.1. Problemática

En la actualidad las empresas que tienen la intención de participar en la cadena de suministro de la industria automotriz, se enfrentan a diferentes estándares y sanciones que les demanda este tipo de industria, de lo anterior se puede resaltar las sanciones que son impuestas por incumplimiento de los parámetros de calidad y entrega de los productos suministrados. De igual forma estas empresas enfrentan un constante ajuste de precios y variación en la demanda de productos que los mantiene en una incertidumbre día a día. Al panorama anterior se suma la competencia con empresas extranjeras, esta competencia no solo es en los precios que proporcionan, sino la calidad de los productos que ofrecen, respaldados por una gran infraestructura que permite que los ajustes en precios puedan permitirles entrar en cualquier licitación que presentan las empresas de este sector.

Existen diversas herramientas que permiten a las empresas manejar este tipo de problemáticas y responder a las constantes demandas que este sector les exige. Un acercamiento a las empresas que se manifiestan como una competencia directa con ellos, provenientes de países como Estados Unidos de América, Japón, Alemania, Francia, etc. Manejan metodologías que les hace permanecer en este sector. De lo anterior por mencionar algunas, son los sistemas automatizados, herramientas de mejora y productividad como Lean Manufacturing, Seis Sigma, PMI, ingeniería de calidad.

Al tener la intención de integrar estas herramientas en las empresas de este sector en la región, una de las principales problemáticas que se encuentran es el poder trabajarlas de una manera integrada y metodológica, además del conocimiento de las mismas, esto no solo teórico, sino también práctico, enfrentando problemas en su implementación, seguimiento y mantenimiento de las mismas en la organización, dado lo anterior actualmente las empresas de este sector para poder ejecutarlas lo realiza con equipos multidisciplinarios aislados que ocasionalmente presentan acciones repetidas. Para lo anterior se presenta LSQ (una metodología que integra 3 sets de herramientas Lean Manufacturing, Seis Sigma e ingeniería de calidad) que permitirá poder trabajar de una manera integrada y sistemática estas metodologías generando valor y ganancias a la organización.

## 2.2. Justificación.

Al tener la intención de integrar estas herramientas en las empresas de este sector en la región, una de las principales problemáticas que se encuentran es el poder trabajarlas de una manera integrada y metodológica, además del conocimiento de las mismas, esto no solo teórico, sino también práctico, enfrentando problemas en su implementación, seguimiento y mantenimiento de las mismas en la organización, dado lo anterior actualmente las empresas de este sector para poder ejecutarlas lo realiza con equipos multidisciplinarios aislados que ocasionalmente presentan acciones repetidas.

Para lo anterior se presenta LSQ (una metodología que integra 3 sets de herramientas Lean Manufacturing, Seis Sigma e ingeniería de calidad) que permitirá poder trabajar de una manera integrada y sistemática estas metodologías generando valor y ganancias a la organización.

El trabajar de una manera integrada estas metodologías, permitirá que los requisitos del cliente y los procesos de mejora continua estén alineados, controlados y mejorados y no se trabajen de una manera aislada. El modelo propuesto LSQ mediante la matriz de requisitos establece las pautas para operar de una manera conjunta las metodologías. LSQ va dirigido principalmente a las empresas del sector automotriz, que representa un eje fundamental en el sector manufactura, teniendo en cuenta la importancia que presenta el cumplimiento de los requisitos del cliente y la mejora continua, trabajar de una manera integrada constituye un proceso fundamental para enfocar los resultados a un objetivo específico, ya que permite predecir mayores probabilidades de éxito si se trabaja de una manera conjunta. Este modelo permite operar de una manera sistemática y con un crecimiento constante, debido a que presenta 5 niveles a los que se pueden aspirar las empresas que lo implementen. Además, puede ser utilizado como una herramienta de gestión para los líderes de las diversas áreas de la organización.

### Metodología

El presente modelo parte de realizar estudios previos enfocados a identificar el estado del que parte el proyecto, para lo anterior se realiza un diagnóstico de la organización con la intención de analizar su entorno interno y externo, a continuación, se validan los objetivos establecidos en la organización con el análisis del entorno y se identifican los resultados del diagnóstico ubicándolo en la matriz LSQ (Lean Sigma Quality), igualmente se realiza el despliegue de los objetivos utilizando la herramienta Hoshin Kanry apoyada con las fases siguientes: A continuación en la Fase 1 Definición del proyecto, se identifican las necesidades del cliente interno y externo, por otra parte, se traza el mapa del estado actual de la organización mediante la herramienta VSM (Value Stream Map) y se comparan los requisitos del cliente y el estado actual con la intención de identificar la brecha que existe entre estos 2. Continuando con la metodología la Fase 2 Identificación de estrategias, busca trazar el estado ideal, y generar los proyectos necesarios para alcanzarlo estableciendo las herramientas de las metodologías necesarias para alcanzar el

estado ideal. En la Fase 3 Análisis y medición, se identifican los riesgos del nuevo proceso y se establecen indicadores, además de determinar las herramientas estadísticas necesarias. De la misma forma la Fase 4 Implementación, determina la secuencia y programación para implementación de los proyectos finalizando con la evaluación de las herramientas implementadas. Posteriormente la Fase 5 Control seguimiento y mejora, se establece el plan de control del nuevo proceso y se evalúa la perspectiva del cliente interno y externo. Por último, la validación del modelo se realiza mediante una auditoría de los requisitos de la matriz en el nivel 1, para esta fase solo se evaluarán los requisitos de las herramientas utilizadas para alcanzar el estado ideal de la organización. Seguidamente se presentan los resultados a la dirección y se evalúa la hipótesis planteada estableciendo las conclusiones. Esta secuencia de pasos se puede visualizar en la Figura 1 Metodología LSQ.

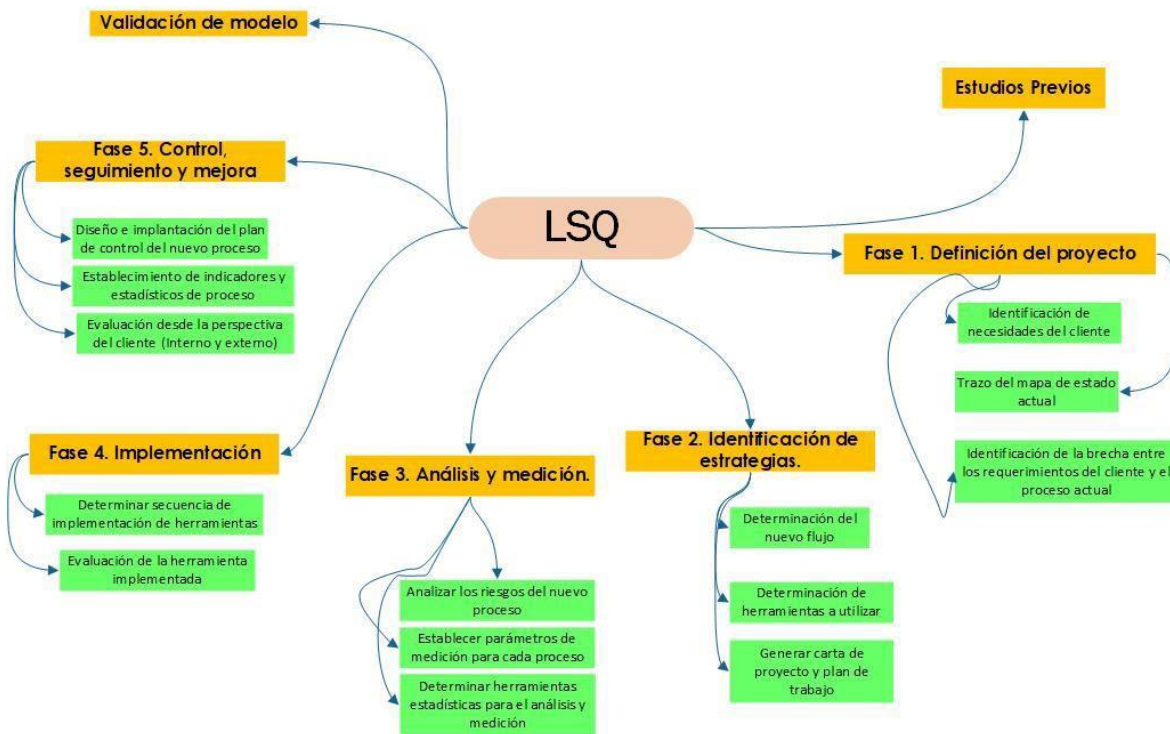


Figura 1: Metodología LSQ.

Este modelo es secuencial, es decir, que se aspira a una maduración del mismo siguiendolos niveles y requisitos de la matriz LSQ.

### Descripción del modelo

La presente investigación se enfoca en un modelo en el que se integran las metodologíasLean Manufacturing, six Sigma e ingeniería de calidad Coretools denominado LSQ.

Como parte inicial del sistema LSQ se pretende evaluar a la organización con un diagnóstico, en el que se podrá entender en qué estado se encuentra la organización e identificar la compatibilidad y cumplimiento de los requisitos de la matriz.

El modelo LSQ opera desde una matriz de requisitos que permiten visualizar las etapas que permitirán trabajar la integración, además de presentar 5 niveles para mantener un desarrollo y crecimiento constante, donde se pretende trabajar desde una perspectiva global de la organización. Este modelo contiene 5 fases denominadas: Definición del proyecto, Identificación de estrategias, Análisis y medición, Implementación y por último, Control, seguimiento y mejora. Las cuales contienen una serie de requisitos que integran cada una de estas fases. En los 5 niveles que se presentan, tienen la intención de fomentar un crecimiento de cada requisito con la intención de madurar el sistema, los niveles se despliegan como: N1 Entiende, N2, Utiliza, N3 lineamientos determinados, N4 afectación del desempeño y N5. Utilización cotidiana.

En cada una de las fases se integran las herramientas de Lean Manufacturing, Seis Sigma e ingeniería de calidad (Coretools) los requisitos están integrados por los pasos necesarios para la implementación de las

herramientas que se utilizarán.

En la figura 2 se muestra la matriz de requisitos LSQ:

*Matriz de requisitos del Modelo LSQ*

		0	No	REQUERIMIENTO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	
<b>se 1. Definición del proyecto</b>	<b>DIAGNOSTICO.</b>	HOSHIN KANRI	2.1	Equipo de colaboradores	La organización entiende el termino de equipos de trabajo.	La organización utiliza equipos de trabajo en sus procesos.	La organización tiene determinados los lineamientos para realizar equipos de trabajo.	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de equipos de trabajo en todos los niveles.	La organización utiliza equipos de trabajo como un modo de vida cotidiano.	
			2.2	Determinar los objetivos clave	La organización entiende el termino de objetivos clave.	La organización utiliza objetivos clave en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar los objetivos clave de operaciones.	trabajo afecta el desempeño del establecimiento de los objetivos clave de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza los objetivos clave de operaciones como un modo de vida cotidiano.	
			2.3	Establecer Iniciativas principales.	La organización entiende el termino de Inicativas principales.	La organización utiliza Inicativas principales en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Inicativas principales de operaciones.	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de Inicativas principales de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Inicativas principales de operaciones como un modo de vida cotidiano.	
			2.4	Determinar Acciones Tácticas	La organización entiende el termino de Acciones Tácticas.	La organización utiliza Acciones Tácticas en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Acciones Tácticas de operaciones.	La organización realiza Acciones Tácticas de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Acciones Tácticas de operaciones como un modo de vida cotidiano.	
			2.5	Establecer Métricas Clave	La organización entiende el termino de Métricas Clave.	La organización utiliza Métricas Clave en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Métricas Clave de operaciones.	La organización realiza Métricas Clave de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Métricas Clave de operaciones como un modo de vida cotidiano.	
			2.6	Determinar la interacción	La organización entiende el termino de interacción.	La organización utiliza la interacción en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar la interacción de operaciones.	La organización realiza interacción de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza interacción de operaciones como un modo de vida cotidiano.	
			2.7	Determinar Recursos (Quién)	La organización entiende el termino de Asignación de recursos humanos.	La organización utiliza Asignación de recursos humanos en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Asignación de recursos humanos en sus procesos.	La organización realiza Asignación de recursos humanos de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Asignación de recursos humanos de operaciones como un modo de vida cotidiano.	
	Modelo Kanri	VSM	11	Identificación del cliente	La organización entiende el termino cliente	La organización utiliza el termino cliente	La organización tiene determinados el termino cliente	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño del termino cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano el termino cliente	
			VOC	12	Necesidades específicas del cliente Mejora/Nuevos productos	La organización entiende las necesidades específicas del cliente	La organización utiliza las necesidades específicas del cliente	La organización tiene determinadas las necesidades específicas del cliente	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de las necesidades específicas del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano las necesidades específicas del cliente
				13	Concepciones y en la mejora del producto	La organización entiende la concepción y la mejora de producto del cliente	La organización utiliza la concepción y la mejora de producto del cliente	La organización tiene determinados la concepción y la mejora de producto del cliente	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de la concepción y la mejora de producto del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano la concepción y la mejora de producto del cliente
		Modelo Kanri	Modelo Kanri	14	Requerimientos normales	La organización entiende los requerimientos normales del cliente	La organización utiliza los requerimientos normales del cliente	La organización tiene determinados los requerimientos normales del cliente	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de los requerimientos normales del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano los requerimientos normales del cliente
				15	Requerimientos esperados. Mejora/Nuevos productos	La organización entiende los requerimientos esperados del cliente	La organización utiliza los requerimientos esperados del cliente	La organización tiene determinados los requerimientos esperados del cliente	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de los requerimientos esperados del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano los requerimientos esperados del cliente
				2.1	Requerimientos Sorpresa	La organización entiende los requerimientos sorpresa del cliente	La organización utiliza los requerimientos sorpresa del cliente	La organización tiene determinados los requerimientos sorpresa del cliente	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de los requerimientos sorpresa del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano los requerimientos sorpresa del cliente
				2.2	Trazo de procesos e información. Mejora/Nuevos productos	La organización entiende los trazos de proceso e información	La organización utiliza los trazos de proceso e información	La organización tiene determinados los trazos de proceso e información	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de los trazos de proceso e información	La organización ve como un modo de vida cotidiano los trazos de proceso e información
		Modelo Kanri	VSM	2.3	Ir a dónde se está efectuando el trabajo	La organización entiende lo que es ir a dónde se está efectuando el trabajo	La organización utiliza lo que es ir a dónde se está efectuando el trabajo	La organización tiene determinados lo que es ir a dónde se está efectuando el trabajo	La organización identifica cómo su trabajo afecta el desempeño de lo que es ir a dónde se está efectuando el trabajo	La organización ve como un modo de vida cotidiano lo que es ir a dónde se está efectuando el trabajo

Figura 2: Matriz de requisitos del Modelo LSQ.

### Prospectiva de la investigación

La implicación de este modelo, permitirá la integración e interacción de las áreas de mejora continua con SQA quienes en la ejecución del modelo estarán participando en su implementación en algunos proyectos predefinidos.

La presente investigación se pretende realizar en una empresa de manufactura del sector privado, su giro principal es el automotriz, se encuentra ubicada en el municipio de Ciudad Sahagún, Hidalgo. Esta empresa se dedica a ensamblar autobuses urbanos, comercializados en el interior de la República, la empresa actualmente cuenta con 300 trabajadores operativos distribuidos en 6 áreas de ensamble. Las principales habilidades técnicas que se desarrollan son: Soldadura, Pintura, Pegado, Torque y Crimpado, todas ejecutadas de manera manual. Estas habilidades se le conoce al interior de la empresa como, procesos especiales, la razón de esto es porque son críticos en el ensamble totalde los autobuses.

La empresa cuenta con un área interna de Mejora Continua que pertenece al departamento de calidad, por consiguiente, es la responsable de identificar e implementar las mejoras que se detectan. El proceso de ingeniería de calidad lo realiza un área específica denominada SQA que cuenta con 5 ingenieros, de igual forma pertenece al área de calidad.

Para llevar a cabo la implementación, el área de mejora continua es la dará acceso a la aplicación de la propuesta de investigación que se propone.

### Conclusiones

El mundo actual demanda día con día a las organizaciones empresariales ser más competitivas, ya sea para entrar al mercado, situarse, quedarse o desarrollarse dentro de él. Es por ello que la generación de herramientas que permitan una mayor competitividad se vuelve cada día esencial para las empresas. Las herramientas proveen a las

organizaciones elementos para poder mejorar las expectativas tanto a nivel interno como externo, por lo que el desarrollo de nuevas aplicaciones o de la integración de las existentes se vuelve fundamental en ese proceso de ser competitivo en el ámbito local, regional, nacional o mundial.

La generación de la metodología LSQ podrá proveer una herramienta que integra modelos existentes, en este caso *Seis Sigma*, *Lean Manufacturing* y *Coretools*. Se espera que al momento de la interacción de esta matriz en el campo de aplicación arroje los resultados prometedores esperados, de acuerdo con las características de forma individual presentan estas metodologías, y que, al integrarlas, la sinergia obtenida expanda los alcances proyectados. Por lo pronto se espera poder pilotar en una empresa manufacturera y de esta forma evaluar su efectividad in situ, permitiendo al mismo tiempo revisar las áreas de oportunidad que se generarán. Es probable que la herramienta sea efectiva, debido sobre todo a que la organización cuenta con un sistema integrado de gestión, lo que permite que la cultura de trabajo sistematizado incida en la aplicación de la implementación.

## Referencias

- Altuntas, S. and Kansu, S. (2020), "An innovative and integrated approach based on SERVQUAL, QFD and FMEA for service quality improvement: A case study", *Kybernetes*, Vol. 49 No. 10, pp. 2419-2453. <https://doi.org/10.1108/K-04-2019-0269>
- Barbosa, G., F. Carvalho, and J. Filho. "A Proper Framework for Design of Aircraft Production System Based on Lean Manufacturing Principles Focusing to Automated Processes." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 72.9-12 (2014): 1257-273. Web.
- Chen, Kuen-Suan, Ching-Hsin Wang, Kim Hua Tan, and Shun-Fung Chiu. "Developing One-sided Specification Six-Sigma Fuzzy Quality Index and Testing Model to Measure the Process Performance of Fuzzy Information." *International Journal of Production Economics* 208 (2019):560-65. Web.
- Cherrafi, Anass, Said Elfezazi, Andrea Chiarini, Ahmed Mokhlis, and Khalid Benhida. "The Integration of Lean Manufacturing, Six Sigma and Sustainability: A Literature Review and Future Research Directions for Developing a Specific Model." *Journal of Cleaner Production* 139 (2016): 828-46. Web.
- Das, Biman, Uday Venkatadri, and Pankajkumar Pandey. "Applying Lean Manufacturing System to Improving Productivity of Airconditioning Coil Manufacturing." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 71.1-4 (2014): 307-23. Web.
- Edward W. Randell, Garry Short, Natasha Lee, Allison Beresford, Margaret Spencer, Marina Kennel, Zoë Moores, David Parry, Autoverification process improvement by Six Sigma approach: Clinical chemistry & immunoassay. The address for the corresponding author was captured as affiliation for all authors. doi:10.1016/j.clinbiochem.2018.03.002
- García, J. (2015). Lean Six Sigma Startup Methodology (L6SSM): una metodología general de innovación de la calidad aplicada a los sectores de la producción y servicios. [Tesis de Doctorado, Universidad Rey Juan Carlos], <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=76533>
- Garza-Reyes, Jose Arturo, Vikas Kumar, Sariya Chaikittisilp, and Kim Hua Tan. "The Effect of Lean Methods and Tools on the Environmental Performance of Manufacturing Organisations." *International Journal of Production Economics* 200 (2018): 170-80. Web.
- Giuliano Marodin, Alejandro Germán Frank, Guilherme Luz Tortorella, Torbjørn Netland, Lean Product Development and Lean Manufacturing: *Testing Moderation Effects*, *International Journal of Production Economics* (2018), doi: 10.1016/j.ijpe.2018.07.009
- Guerrero, Héctor H., and James R. Bradley. "Failure Modes and Effects Analysis: An Evaluation of Group versus Individual Performance." *Production and Operations Management* 22.6 (2013): 1524-539. Web.
- Hultman, Scott, Charles, Kim, N., Sendia, Lee, Elizabeth, Clara, Wu, Tanner, Cindy, Dodge, G., Becky, Hultman, G., Chloe, Roach, G., S., and Halvorson, G., Eric. "Implementation and Analysis of a Lean Six Sigma Program in Microsurgery to Improve Operative Throughput in Perforator Flap Breast Reconstruction." *Annals of Plastic Surgery* 76 Suppl 4.S4 (2016): S352-356. Web.
- J.M. Worley, T.L. Doolen, (2006) "The role of communication and management support in a Lean Manufacturing implementation", *Management Decision*, Vol. 44 Issue: 2, pp.228-245, <https://doi.org/10.1108/00251740610650210>.
- Kanda, Wataru, Yu Murata, and Tatsuo Nakajima. "SIGMA System: A Multi-OS Environment for Embedded Systems." *Journal of Signal Processing Systems* 59.1 (2010): 33-43. Web.
- Kaswan, Mahender Singh, and Rajeev Rathi. "Analysis and Modeling the Enablers of Green Lean Six Sigma Implementation Using Interpretive Structural Modeling." *Journal of Cleaner Production* 231 (2019): 1182-191. Web.
- Lee, Dongyoun, Lim, Hyunsu, Lee, Dongmin, Cho, Hunhee, and Kang, Kyung-In. "Assessment of Delay Factors for Structural Frameworks in Free-form Tall Buildings Using the FMEA." *International Journal of Concrete Structures and Materials* 13.1 (2019): 1-11. Web.
- Maasouman, Mohammad, and Ali Demirli. "Development of a Lean Maturity Model for Operational Level Planning." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 83.5-8 (2016): 1171-188. Web. DOI 10.1007/s00170-015-7513-4
- Niñerola, Angels, María-Victoria Sánchez-Rebull, and Ana-Beatriz Hernández-Lara. "Quality Improvement in Healthcare: Six Sigma Systematic Review." *Health Policy (Amsterdam)* 124.4 (2020): 438-45. Web.
- Parmar, Pranay Sureshbhai, and Tushar N Desai. "Evaluating Sustainable Lean Six Sigma Enablers Using Fuzzy DEMATEL: A Case of an Indian Manufacturing Organization." *Journal of Cleaner Production* 265 (2020): *Journal of Cleaner Production*, 20 August 2020, Vol.265. Web.
- Patxi Ruiz-de-Arbulo-Lopez, Jordi Fortuny-Santos, Lluís Cuatrecasas-Arbós, (2013) "Lean Manufacturing: costing the value stream", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 113 Issue: 5, pp.647-668, <https://doi.org/10.1108/02635571311324124>
- Rawson, James V, Amogha Kannan, and Melissa Furman. "Use of Process Improvement Tools in Radiology." *Current Problems in Diagnostic Radiology* 45.2 (2016): 94-100. Web.
- Rodríguez, J. (2019). Las herramientas de Core Tools. 5/agosto/2019: <https://spcgroup.com.mx/las-herramientas-core-tools/>.
- Roser, C. 2017. "Faster, Better, Cheaper" in the History of Manufacturing From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond. Boca Raton, FL. USA. CRC Press
- Salvador Noriega Morales Adán Valles Ch. Vianey Torres-Argüelles Erwin Martínez G. Andrés Hernández G. , (2016), "Six Sigma improvement project in a concrete block plant", *Construction Innovation* , Vol. 16 Iss 4 pp. Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/CI-01-2015-0003>

- Sagnak M, Kazancoglu Y, Integration of green Lean approach with six Sigma: an application for flue gas emissions, *Journal of Cleaner Production* (2016), doi: 10.1016/j.jclepro.2016.04.016.
- Sharma, Vikram, Amit Rai Dixit, and Mohd. Asim Qadri. "Modeling Lean Implementation for Manufacturing Sector." *Journal of Modelling in Management* 11.2 (2016): 405-26. Web.
- Shah, Aalap C, Andrew R Herstein, Katherine T Flynn-O'Brien, Daniel C Oh, Anna H Xue, and Meghan R Flanagan. "Six Sigma Methodology and Postoperative Information Reporting: A Multidisciplinary Quality Improvement Study With Interrupted Time-Series Regression." *Journal of Surgical Education* 76.4 (2019): 1048-067. Web.
- Sodhi, H.S. (2020), "Lean Six Sigma: a clinical treatment for the recovery of Indian Manufacturing sector from the after-effects of coronavirus", *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, Vol. 17 No. 3, pp. 311-322. <https://doi.org/10.1108/WJSTSD-03-2020-0025>
- Talapatra, S. and Gaine, A. (2019) Putting Green Lean Six Sigma Framework into Practice in a Jute Industry of Bangladesh: A Case Study. *American Journal of Industrial and Business Management*, 9, 2168-2189. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2019.912144>
- Trappey, Amy J.C, and David W Hsiao. "Applying Collaborative Design and Modularized Assembly for Automotive ODM Supply Chain Integration." *Computers in Industry* 59.2 (2008): 277-87. Web.
- Womack, J. P., and Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*. New York: Free Press.
- Xu, Zhengzheng, Soyoung Lee, David Albani, Donald Dobbins, Rodney J Ellis, Tithi Biswas, Mitchell Machtay, and Tarun K Podder. "Evaluating Radiotherapy Treatment Delay Using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)." *Radiotherapy and Oncology* 137 (2019): 102-09. Web.
- Yang, Taho, Yiyo Kuo, Chao-Ton Su, and Chia-Lin Hou. "Lean Production System Design for Fishing Net Manufacturing Using Lean Principles and Simulation Optimization." *Journal of Manufacturing Systems* 34.C (2015): 66-73. Web.



## Afrontamiento de Estrés en Tiempos de Pandemia COVID-19 en Universitarios

MSP Judith Labastida Andrade<sup>1</sup>, CMF Blanca Cortez Rodríguez<sup>2</sup>, MSP Luis Moreno Hernández<sup>3</sup>,  
MSP Antolín Muñoz Gutiérrez<sup>4</sup>, MAGIE Alma Delia Zarate Flores<sup>5</sup>, Lic. Psic. Aseret Xochipiltecatl Andrade<sup>6</sup>,  
Gerardo Roberto Askins Labastida<sup>7</sup>

**Resumen**—En este artículo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en la Facultad de Estomatología BUAP, los cambios de educación presencial a Online han dado a conocer problemas con afecciones en el estudiante llevando a un aumento de niveles de estrés académico. El estrés académico se define como una reacción de activación fisiológica, emocional, cognitiva y conductual ante estímulos y eventos académicos, hablar de estrés es algo complejo dado los estilos de vida de nuestros universitarios, por ello, es importante identificar acciones preventivas para disminuir estrés. Teniendo como objetivo identificar estresores que influyen en el desarrollo académico ante esta pandemia COVID-19, durante las clases Online, al mismo tiempo describir las estrategias de afrontamiento con las cuales los estudiantes logran mitigar el nivel de estrés.

**Palabras clave**—estrés, afrontamiento, modalidad Online, COVID-19.

### Introducción

En la actualidad la educación ha presentado un gran cambio en la forma de impartir y enseñar, el hecho de realizarse de forma presencial en las aulas pasó a un aula virtual, exponiendo a los estudiantes a adaptarse a la modalidad que utiliza las TICS y muchos de ellos no cuentan con recursos económicos para adquirir un computador, laptop o Tablet; y menos con el acceso a internet. Si en la modalidad presencial resultaba en algún momento difícil; ahora es más complejo, requiere más tiempo y a todo esto se suma la presión a la que están sometidos los estudiantes que antes no tenían. La educación a distancia exige utilizar capacidades y herramientas electrónicas, en un contexto de incertidumbre muy elevado, fuera del hábitat del aula y muchas veces sin los recursos necesarios para el aprendizaje.

El síndrome general de la adaptación de Hans Selye (GAS) se refiere a la relación entre la tensión percibida y la salud física. La tensión percibida crónica da lugar al despertar fisiológico prolongado que conduce al agotamiento físico y a la fragilidad creciente que conlleva a la enfermedad (Largo-Wight et al, 2005). Sin embargo, Polo et al, (1996) señalan que el estrés académico es aquel que se produce en el ámbito educativo y afecta a los estudiantes de cualquier nivel. Así, el estrés académico se puede definir como una respuesta no específica del organismo a los estresores académicos que afectan el rendimiento de los estudiantes de cualquier grado.

Por tal razón Martínez y Díaz (2007) sostienen que el fenómeno del estrés se le suele interpretar en referencia a una amplia gama de experiencias, entre las que figuran el nerviosismo, la tensión, el cansancio, el agobio, la inquietud y otras sensaciones similares, como la desmesurada presión escolar, laboral o de otra índole. Igualmente, se lo atribuye a situaciones de miedo, temor, angustia, pánico, afán por cumplir, vacío existencial, celeridad por cumplir metas y propósitos, incapacidad de afrontamiento o incompetencia interrelacional en la socialización.

En el mundo “uno de cada cuatro individuos sufre de algún problema grave de estrés y en las ciudades, se estima que el 50 por ciento de las personas tienen algún problema de salud mental de este tipo” (Caldera, Pulido y Martínez, 2007). Como factor epidemiológico se considera un aspecto de gravedad, ya que el estrés es un importante generador de diversas patologías.

Conforme va pasando el tiempo durante el desarrollo de la pandemia covid-19 los estudiantes son propensos al aumento de estrés, no dejando de lado que es posible que en años anteriores también hayan sufrido del mismo, durante la pandemia el cambio de modalidad de estudios presenciales a estudios a distancia fue un factor estresante, a

<sup>1</sup> MSP Judith Labastida Andrade es Profesora de la Facultad de Estomatología BUAP. [judith.labastida@correo.buap.mx](mailto:judith.labastida@correo.buap.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> CMF Blanca Cortez Rodríguez es Profesora del Complejo Regional Sur, Facultad de Estomatología BUAP. Tehuacán, Puebla. [blanca.cortez@correo.buap.mx](mailto:blanca.cortez@correo.buap.mx)

<sup>3</sup> MSP Luis Moreno Hernández es Profesor de la Facultad de Estomatología BUAP. [luis.moreno@correo.buap.mx](mailto:luis.moreno@correo.buap.mx)

<sup>4</sup> MSP Antolín Muñoz Gutiérrez es Colaborador de la Facultad de Estomatología BUAP. [antolin.munoz18@gmail.com](mailto:antolin.munoz18@gmail.com)

<sup>5</sup> MAGIE Alma Delia Zarate Flores es Profesora de la Facultad de Estomatología BUAP. [alma.zarate@correo.buap.mx](mailto:alma.zarate@correo.buap.mx)

<sup>6</sup> Lic. Psic. Aseret Xochipiltecatl Andrade es estudiante de la Maestría en Liderazgo y Gestión Educativa, UPAEP.

[aseret.xochipiltecatl@upaep.edu.mx](mailto:aseret.xochipiltecatl@upaep.edu.mx)

<sup>7</sup> Gerardo Roberto Askins Labastida es estudiante de la Licenciatura en Gastronomía BUAP. [gerardo.askinsla@alumno.buap.mx](mailto:gerardo.askinsla@alumno.buap.mx)

lo largo de la investigación se describen las estrategias de afrontamiento que los estudiantes emplearon para manejar y tolerar al mismo.

### **Descripción del Método**

#### *Breve cronología de estrés académico y afrontamiento en los estudiantes durante la pandemia*

El estrés constituye uno de los problemas de salud más generalizado actualmente. Es un fenómeno multivariable resultante de la relación entre la persona y los eventos de su medio. De cierta forma nos hemos acostumbrado a vivir con prisa, tener la constante presión por cumplir con las múltiples exigencias y actividades externas para mantener o mejorar nuestro nivel de vida y bienestar, queda poco tiempo para pensar en temas trascendentales, en nosotros mismos o en lo que pasa a los otros. La irrupción de la pandemia, desestructuró abruptamente esa cotidianeidad; el confinamiento nos ha enfrentado a nosotros mismos, incrementando un extraño estrés a medida que la pandemia se va prolongando.

A medida que se van suspendiendo las clases presenciales, las universidades toman decisiones abruptas para recuperar la manera de implementar las clases a distancia, para concluir el semestre de manera pertinente, acudiendo a diversas plataformas no institucionales e incluso redes sociales, lo cual aumenta la incertidumbre.

A lo largo del tiempo algunos estudiantes pasaban por procesos de duelo, la información era abrumadora respecto a la salud que generaba angustia y aunado a lo anterior se sumaba el hecho de que el próximo semestre continuaría en línea generando inestabilidad emocional. Pese a las medidas tomadas para normalizar las clases Online con plataformas adecuadas y una organización planificada, la percepción de los estudiantes fue cambiando con un aumento significativo del estrés por confinamiento y factores externos como economía. Las diferencias socioeconómicas amenazan la permanencia escolar, ponen en riesgo la estabilidad de los estudiantes en situación económica desventajosa, ya que, en momentos de crisis los sectores de la población más pobres son los más afectados.

Para relacionar el afrontamiento durante la pandemia, se debe entender por definición que es un proceso orientado y contextual, se dirige a lo que la persona realmente piensa y hace en situaciones estresantes, en qué manera éstas se modificarán a medida que se producen estos encuentros, la influencia que otorgan las valoraciones de los individuos en torno a las demandas reales a las que se enfrentan y los recursos de los que disponen para abordarlas (Cabanach, et al 2010).

Martínez et al (2010) y Román et al (2011), definen el estrés académico como una reacción de activación fisiológica, emocional, cognitiva y conductual ante estímulos y eventos académicos. Ha sido investigado en relación con variables tales como género, edad, profesión, estrategias de afrontamiento, etc.

Las fuentes generadoras de estrés académico pueden ser:

- La sobrecarga de tareas académicas.
- La falta de tiempo para realizar el trabajo académico.
- Los exámenes y evaluaciones de los profesores.
- La realización de trabajos obligatorios.
- En todos ellos con menor intensidad que el resto de estresores.

#### *Objetivo*

Identificar estresores que influyen en el desarrollo académico ante esta pandemia COVID-19 durante las clases Online, al mismo tiempo describir las estrategias de afrontamiento con las cuales los estudiantes logren mitigar el nivel de estrés.

#### *Metodología*

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, transversal, descriptivo de tipo cuantitativo. La Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, está compuesta por 2655 estudiantes que cumplen con las características similares para el estudio y la obtención de la muestra que nos permite realizar una inferencia. Para el cálculo del tamaño de la muestra, se aplicó una fórmula para un universo finito, es decir conocemos el total de la población y deseamos saber del total que tendremos que estudiar. El valor obtenido de  $n$  indica que se necesita encuestar 360 estudiantes, con un margen de error del 0.5% y un nivel de confianza del 95%, a través de un muestreo aleatorio simple.

Para la recolección de la información se utilizó el instrumento Escala de Afrontamiento del Estrés Académico (A-CEA) de Cabanach, et al 2010, a través de un formulario Online el cual fue distribuido a través de redes sociales como WhatsApp. El instrumento que se utilizó está dividido en tres secciones: la primera hace referencia a datos demográficos con 8 ítems, la segunda parte evalúa situaciones de estrés académico compuesta por 15 ítems, las respuestas indican el nivel de estrés percibido ante cada situación utilizando una escala de respuesta tipo Likert con 5

opciones que van desde nada de estrés: 1, a mucho estrés: 5. La tercera parte mide la capacidad de afrontamiento ante el estrés académico constituida por 23 ítems, expuestas por una escala tipo Likert donde 1 es “nunca” y 5 “siempre”. La consistencia del instrumento es de .874 de acuerdo a  $\alpha$  de Cronbach. Para el análisis de datos se utilizó el paquete de programa estadístico SPSS.

La edad media de los participantes es de 20,56 años con un rango menor de 18 años y un rango mayor de 24 años, de ellos contamos con una muestra de 78 hombres (21,7%) y 282 mujeres (78.3%).

### Resultados

Se toman en cuenta las variables sociodemográficas que pueden incidir significativamente en los resultados. Dentro de la población el 33% pertenece a quinto y sexto semestre siendo la mayoría en responder el formulario, seguida del 30% correspondiente a tercer y cuarto semestre, cabe mencionar que el noveno y décimo semestre no respondieron a la encuesta desconociendo los motivos tal como se muestra en la figura 1. Es importante ubicar el semestre en el que se encuentran ya que de acuerdo al plan de estudios algunas materias demandan más tiempo y a la vez el aprendizaje-enseñanza en línea influye como factor estresor, tal es el caso de materias clínicas. Por otro lado, durante la pandemia muchos de los estudiantes foráneos regresaron a su lugar de origen y observamos que el 92.5% viven con su familia y solo el .5% viven solos, ver la figura 2, lo que nos lleva a inferir que existe apoyo y estabilidad emocional al convivir con sus familiares.

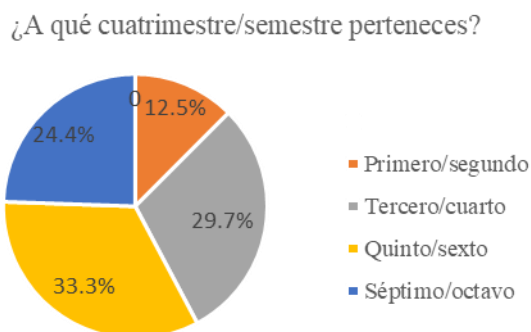


Figura 1. Porcentaje de estudiantes que pertenecen a cuatrimestre/semestre



Figura 2. Entorno familiar

La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin, es de .887 y el análisis de esfericidad de Bartlett presenta una significancia inferior al límite de 0.05, siendo de 0.000, observemos en la tabla 1, lo cual nos indica que la matriz de datos es válida para continuar con el proceso de análisis factorial, respaldando la factorización de variables.

**Tabla 1. Prueba de KMO y Bartlett**

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.887
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	6391.47
	gl	703
	Sig.	.000

Los datos descriptivos, así como los resultados del análisis factorial se aportan en la Tabla 2. Las propiedades psicométricas de esta escala se discuten a continuación. La escala definitiva de afrontamiento del estrés quedó constituida por 38 ítems.

Tal y como puede observarse en la Tabla 2, los ítems pueden reunirse bajo cinco componentes de la manera que se explica a continuación: un primer componente está constituido por 6 ítems referidos a una forma de afrontamiento activo dirigido a crear un nuevo significado de la situación del problema, tratando de resaltar los aspectos positivos o activando expectativas positivas. El componente 2 constituido por 5 ítems hace referencia al control de problemas familiares relacionados con los efectos de la pandemia. Los componentes 3 (relaciones personales), 4 (sobrecarga académica) y 5 (notas altas) hacen mención sobre los estresores que experimenta el estudiante durante las clases Online.

**Tabla 2. Matriz de componente rotado<sup>a</sup>**

Ítems	Componente				
	1	2	3	4	5
27	<b>.760</b>	.199	.044	-.027	-.025
21	<b>.739</b>	.083	-.005	.196	-.053
19	<b>.723</b>	.129	-.151	-.103	.113
25	<b>.722</b>	.082	-.037	.067	-.008
22	<b>.721</b>	.147	-.148	-.029	-.034
28	<b>.719</b>	.169	.021	.039	-.066
26	.195	<b>.851</b>	-.038	.046	.021
29	.243	<b>.847</b>	-.023	-.020	.000
21	.184	<b>.823</b>	.076	.032	-.042
36	.203	<b>.815</b>	-.024	.078	.006
20	.220	<b>.773</b>	-.071	.045	.016
10	-.049	-.022	<b>.819</b>	.148	.020
9	-.106	.048	<b>.709</b>	.193	-.017
4	.065	-.005	.179	<b>.821</b>	.152
5	-.089	.075	.127	<b>.781</b>	.063
2	-.093	.025	.018	.085	<b>.783</b>
1	.065	.098	.089	.074	<b>.732</b>
13	.096	-.041	.043	.178	<b>.759</b>

Nota: Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones. Los pesos factoriales inferiores a .6 han sido eliminados de la tabla.

En la tabla 3 se observan las situaciones más estresantes que percibe el estudiante durante clases Online, en orden de puntuación media son: al realizar un examen (4.10), sobrecarga académica (4.02), acabar la carrera en los plazos estipulados (3.83), mantener o conseguir una beca para estudiar (3.79), mientras que la puntuación más baja se encuentra en conflictos que pudieran existir entre sus propios compañeros (2.11).

**Tabla 3. Situaciones de estrés académico**

	N	Media	Desviación	Varianza
Al realizar un examen.	360	4.10	.879	.773
Sobrecarga académica (excesivo número de materias, trabajos obligatorios...).	360	4.02	1.054	1.111
Mantener o conseguir una beca para estudiar.	360	3.79	1.299	1.688
Acabar la carrera en los plazos estipulados.	360	3.83	1.220	1.487
N válido (por lista)	360			

De acuerdo a lo anterior los estresores principales durante las clases Online son: realizar exámenes en línea y la sobrecarga académica que tienen los estudiantes durante esta modalidad, siendo más habitual en las mujeres que en los hombres como se puede observar en la figura 3 y 4.

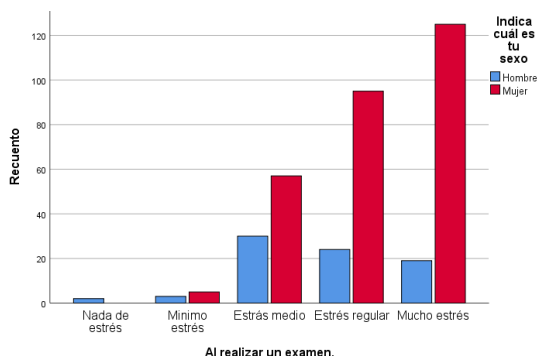


Figura 3. Estresor examen en línea

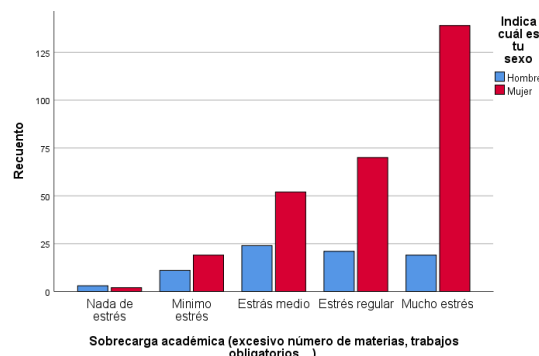


Figura 4. Estresor sobrecarga académica

En cuanto a las estrategias de afrontamiento que los estudiantes desarrollan ante las situaciones de estrés, se puede concluir que las más utilizadas son: pensar de forma positiva en cuanto a la dificultad para estudiar en los exámenes (32.5 %) de igual manera intentan cambiar diversas situaciones con el fin de obtener buenos resultados, sin embargo, solo el 17.8% de los estudiantes afrontan de manera responsable priorizar tareas y organizar su tiempo, datos que podemos identificar en la tabla 4. Esto nos indica que los estudiantes carecen de habilidades de afrontamiento suficientes para abordar de manera efectiva las situaciones de estrés que se presentan en las clases Online durante la pandemia, siendo más predominante en los hombres, lo que podemos ver reflejado en la figura 5.

Tabla 4. Afrontamiento al estrés académico

	Nunca	Alguna vez	Pocas veces	Muchas veces	Siempre
Problemática, priorizo las tareas y organizo el tiempo.	5.0	12.8	37.5	26.9	17.8
Cuando me enfrento a una situación problemática durante los exámenes, procuro pensar que soy capaz de hacer las cosas bien por mí mismo.	2.5	13.3	31.1	28.6	24.4
Cuando me enfrento a una dificultad mientras estoy preparando los exámenes, procuro pensar en positivo.	3.6	15.3	30.8	32.5	17.8
Cuando me enfrento a una situación problemática mientras estoy preparando los exámenes, me centro en lo que necesito para obtener los mejores resultados.	2.5	15.3	33.6	31.4	17.2
Cuando me enfrento a una situación problemática, cambio algunas cosas para obtener buenos resultados.	4.7	14.7	32.8	33.9	13.9

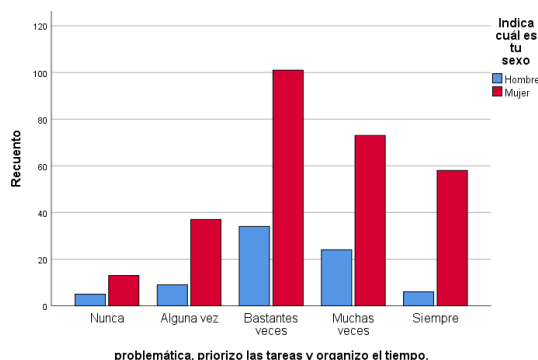


Figura 5. Capacidad de afrontamiento

## Comentarios finales

### Resumen de resultados

Los resultados de esta investigación hacen evidentes los estresores significativos dentro del desarrollo académico durante clases Online y la capacidad que tienen los estudiantes para afrontar diversas situaciones, coincidimos según lo estudiado por Rivas et al (2014), que las situaciones favorecedoras para la aparición de estrés es la sobrecarga de tareas y exámenes, acabar en el tiempo estipulado la licenciatura e incluso mantener una beca.

### Conclusiones

La mayoría de los estudiantes carece de la capacidad para afrontar de manera efectiva las situaciones académicas que se le pueden presentar al momento de tomar clases Online durante la pandemia que estamos viviendo, por tal motivo es necesario diseñar e implementar un proyecto en respuesta a las necesidades de los estudiantes en donde se proporcionen estrategias efectivas para la gestión adecuada del estrés, es urgente anticiparnos a la situación y reflexionar sobre el efecto negativo que puede tener en la salud dentro del desarrollo académico futuro. Las estrategias de afrontamiento se engloban dentro de la reevaluación positiva, planificación y gestión de recursos personales, implica adecuaciones a nivel cognitivo y conductual siendo la búsqueda de apoyo la estrategia menos utilizada. Hemos visto que el intempestivo cambio de modalidad educativa ha expuesto no solo a los estudiantes a altos niveles de estrés y malestar, sino también al resto de las esferas sociales y aun no se sabe las consecuencias que se tendrán en la nueva modalidad al regreso a clases.

### Recomendaciones

Después del estudio realizado es importante dar pie a una nueva investigación que nos lleve a dar solución ante los estresores que presentan nuestros estudiantes universitarios, buscando el tipo de estrés más frecuente, las características del mismo y alternativas del tratamiento. Además, se propone una visión integral de intervención en donde se anticipe ante estresores generales, las habilidades que cada estudiante desarrolle serán útiles para dar solución en diversos ámbitos. Esto sin lugar a duda será benéfico para el desarrollo académico potencializando sus habilidades en el proceso aprendizaje – enseñanza.

## Referencias

- Cabanach, R., Valle, A., Rodríguez, S., Piñeiro, I., & Freire, C. (2010). Escala de Afrontamiento del Estrés Académico (A-CEA). *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 51-64.
- Caldera, J.F., Pulido, B.E. & Martínez, M.G. (2007). Niveles de estrés y rendimiento académico en estudiantes de la carrera de Psicología del Centro Universitario de Los Altos [Versión electrónica]. *Revista de Educación y Desarrollo*, 7, 77-82
- Martínez Díaz ES, Díaz Gómez DA. (2007). Una aproximación psicosocial al estrés escolar. *Educ Educadores* [Internet]. [citado 7 Mar 2014];10(2): [aprox. 12 p.]. Disponible en: <http://disde.minedu.gob.pe/>
- Rivas Acuña Valentina, Jiménez Palma Claudia del Carmen, Méndez Méndez, Hugo Arturo, Cruz Arceo María de los Ángeles, Magaña Castillo Margarita, Victorino Barra Arminda (2014). Frecuencia e Intensidad del Estrés en Estudiantes de Licenciatura en Enfermería de la DACS. *Horizonte Sanitario*, 13 (1), 162-169. [Citado 15 de Marzo de 2021]. ISSN: 1665-3262. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4578/457845146002>
- Robinet Serrano, A., & Perez Azahuanche, M. (2020). Estrés en los docentes en tiempos de pandemia COVID-19. *Polo del Conocimiento*, 5(12), 637-653. doi:10.23857/pc.v5i12.2111
- Román Collazo CA, Hernández Rodríguez Y. El estrés académico: una revisión crítica del concepto desde las ciencias de la educación. *Rev Electron Psicol Iztacala* [Internet]. 2011 [citado 14 Feb 2014];14(2): [aprox. 7 p.]. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/26023/24499>

## La Segunda Ley de la Termodinámica y el Primer Principio Cosmológico de Edgar Morin

Dra. Araceli Lara V<sup>1</sup>, Ing. David Sandoval C<sup>2</sup>, Dr. Juan Morales G<sup>3</sup>, Dr. Raymundo López C<sup>4</sup>,  
M. en C. Sandra Chávez S<sup>5</sup>, M. en C. Arturo Lizardi R<sup>6</sup> y Dr. Hilario Terrés P<sup>7</sup>.

**Resumen**—Se aborda la segunda ley de la termodinámica y el primer principio cosmológico de Edgar Morin quien concibe el sistema solar como una familia de ciclos maquinales. Explorando los ciclos maquinales que se desarrollan entre el sol y la tierra, se muestra cómo la vida se desarrolla a través de incesantes operaciones de transformación, producción y organización. Se describen las acciones realizadas por las protomáquinas y motores salvajes, polimáquinas vivas, megamáquinas-antropo-sociales y máquinas artificiales. Es decir, un universo en acción donde la inmovilidad, los estados fijos o la noción de reposo son sólo apariencias locales y momentáneas para ciertos estados de la materia a escala de las percepciones humanas. La entropía de los ciclos maquinales no toma en cuenta el orden y la organización que se ha constituido y desarrollado en el universo. Por esta razón, Morin considera que el segundo principio es una expresión parcial de un principio cosmológico complejo necesario.

**Palabras clave**—organización, orden, desorden, entropía, principio cosmológico

### Introducción

Edgar Morin, artífice y constructor del pensamiento complejo (De Almeida, 2007) aborda la realidad en su complejidad. Para Morin, la complejidad es la unión de los procesos de simplificación que implican selección, jerarquización, separación, reducción, con los procesos que implican unión y articulación de lo que está dissociado y diferenciado. La complejidad es un nuevo paradigma que aborda lo que este tejido junto, es decir, se aplica a fenómenos o problemas en los que interviene un amplio número de factores o variables, que están interrelacionados de manera que los comportamientos de varios de ellos no son independientes o aleatorios. Las interrelaciones entre los factores hacen que éstos se agrupen en subconjuntos que, gracias a las interrelaciones entre sus elementos, tienden a actuar como una unidad. Estas unidades se relacionan unas con otras; el comportamiento de cada una está influenciado por el comportamiento de las otras: conforman así un todo orgánico que reacciona ante las influencias internas y del entorno formando sistemas y subsistemas como los descritos por Bertalanffy, (1976) en su teoría general de sistemas. En este sentido, su característica esencial no tiene que ver tanto con el número de variables involucradas, sino con el modo en que éstas interactúan o se relacionan.

Con este enfoque Edgar Morin en su obra el Método I la Naturaleza de la Naturaleza (2010) describe un universo en el que al inicio era la acción después se incorporó la interacción, posteriormente la retroacción y por último la organización. Asimismo, un sistema solar formado por la estrella más vieja que es el sol rodeado de un gran pueblo de ciclos maquinales, en los que los procesos de transformación, producción, orden/desorden, organización, autoorganización y poiesis están siempre presentes. En este contexto, tomando en cuenta solo los ciclos maquinales que se desarrollan entre el sol (la marque-máquina) y la tierra están las protomáquinas y los motores salvajes, las polimáquinas vivas, la megamáquina social y el artefacto cibernético. Destacando que en el funcionamiento de cada uno siempre están presentes la dupla orden/desorden, la organización, la fuente de energía y la dispersión además de los procesos inherentes de transformación y producción.

En este contexto Morin considera que el segundo principio de la termodinámica no se articula con su contraparte el concepto de orden, sino que lo repele, ni con el concepto de organización, siempre ausente. En este sentido, el autor en su obra el Método I (Morin, 2010:88), con relación al segundo principio cita las siguientes limitaciones de manera textual:

No podía oscilar más entre la insignificancia de una versión mínima y la enormidad de una versión máxima. En su mínimo, la entropía no es más que una medida áptera desprovista de todo poder de interferencia sobre la *physis* y el cosmos en su conjunto. En su máximo, el segundo principio se despliega como la gran ley del universo, que se aplica no solo a los objetos físicos concebidos

<sup>1</sup> Dra. Araceli Lara Valdivia, profesora investigadora de la UAM Azcapotzalco Cd. De México arlv@azc.uam.mx

<sup>2</sup> Ing. David Sandoval Cardoso, profesor investigador de la UAM Azcapotzalco Cd. De México dsc@azc.uam.mx

<sup>3</sup> Dr. Juan Ramon Morales Gómez, profesor investigador de la UAM Azcapotzalco Cd. De México mgjr@azc.uam.mx

<sup>4</sup> Dr. Raymundo López Callejas, profesor investigador de la UAM Azcapotzalco Cd. De México rlc@azc.uam.mx

<sup>5</sup> M. en C. Sandra Chávez Sánchez, profesora investigadora de la UAM Azcapotzalco Cd. De México scs@azc.uam.mx

<sup>6</sup> M. en C. Arturo Lizardi R, profesor investigador de la UAM Azcapotzalco Cd. De México arlr@azc.uam.mx

<sup>7</sup> Dr. Hilario Terrés Peña, profesor investigador de la UAM Azcapotzalco Cd. De México tph@azc.uam.mx

aisladamente, sino al devenir universal, hasta su final incluido. Pero de pronto se es incapaz de comprender por qué todo no es ya desorden y polvo cósmico, es decir, por qué el orden y la organización se han constituido y desarrollado.

(Morin, 2010:88).

Desde esta perspectiva Morin propone una alternativa que considera es solo la expresión parcial y amputada de un principio cosmológico complejo que asocia y diatelizea orden/desorden y organización. propuesta que él considera puede ser rebasada o mejorada a condición de que enriquezca la concepción de la *physis* y del cosmos.

### **Bases termodinámicas del primer principio cosmológico**

En la descripción de los ciclos maquinales que a continuación se describen de manera sintetizada sobresalen los procesos de transformación, producción y organización acompañados de la dupla orden/desorden.

#### *Protomáquinas y motores salvajes*

Son procesos maquinales salvajes de carácter termo-hidro-eólico que se forman en la atmósfera por la combinación de diversos flujos. La radiación solar y la rotación de la tierra generan corrientes de aire que por las diferencias de temperatura y las desigualdades del relieve cobran fuerza y circulan en diversas direcciones, a veces contrarias y otras iguales. Así como al bucle solar lo constituye el encuentro de dos secuencias de acciones antagonistas, de igual modo se generan las formas en torbellino de los ciclones a partir de encuentros, de choques y de desvíos. Los flujos eólicos se combinan con los flujos de las evaporaciones y las precipitaciones acuáticas formando los ciclos del agua, por ello se consideran procesos maquinales salvajes de carácter termo-hidro-eólico.

#### *Polimáquinas vivas*

Son máquinas que efectúan transformaciones y producciones en virtud de una competencia organizacional y autopoietica. En este sentido, Humberto Maturana y Francisco Varela, citados por Alfredo Ruiz (Ruiz, 1998), definen la autopoiesis como la condición de existencia de los seres vivos en la continua producción de sí mismos. En esta formulación, la vida no se reduce a la idea de máquina, sino que comporta la idea de máquina en su sentido más fuerte y rico: una organización a la vez productora, reproductora, autorreproductora. De esta manera, se puede concebir al ser vivo, como un conjunto de seres máquinas vivientes desde la célula, la neurona, el órgano, el animal, el hombre, como un motor térmico y una máquina química-biológica, que produce todos los materiales, todos los fluidos complejos, todos los órganos, todos los mecanismos, todas las realizaciones, todas las emergencias de esta cualidad múltiple llamada vida (Morin, 2009).

#### *Megamáquina social*

La forman los seres máquina vivientes al organizarse en comunidades, pueblos, ciudades; estas organizaciones se traducen en sociedades. La sociedad constituye un todo homeostático (procesos autorreguladores que mantienen la composición y propiedades del medio interno de un organismo) que organiza su propia supervivencia. Ciertas sociedades de insectos (termitas, hormigas, abejas) alcanzan un tan elevado grado de organización que se traduce en mecanismos de conductas o patrones de comportamiento.

#### *Artefacto cibernético-máquinas artificiales*

El desarrollo de las máquinas data del siglo XIII. Las primeras máquinas, como los molinos de viento y agua, crearon un vínculo entre la humanidad y la naturaleza. De esta manera, la máquina antro-po-social se entrelazó con las fuerzas motrices primordiales de la naturaleza; las captó, las utilizó, las domó, las domesticó, las sojuzgó, las reprodujo, las produjo a voluntad y desarrolló el control y manipulación de su potencia. Así, los motores artificiales sirvieron de intermediarios entre la megamáquina social y las fuerzas maquinantes de la naturaleza. Posteriormente, las megamáquinas sociales se industrializaron, lo que provocó un cambio en todo el tejido social, se inició un hiper-desarrollo de las máquinas artificiales. El desarrollo de estas máquinas está unido con el avance de la megamáquina antro-po-social que es la última de las máquinas terrestres (Wiener, 1985). Las máquinas artificiales han desarrollado al mismo tiempo sus competencias productoras, su competencia organizacional y, necesariamente, su autonomía.

No obstante, la máquina artificial, por desarrollada que esté, parece, con respecto a la máquina viva, como un dibujo ordinario. Aun cuando los artefactos hoy en día sobrepasan en atributos y en el procesamiento de datos a las máquinas vivas; a pesar de que ahora existen ordenadores que realizan operaciones intelectuales sobrehumanas, la más perfeccionada y la más avanzada de las máquinas artificiales es incapaz de regenerarse, de repararse, de reproducirse, de autoorganizarse, cualidades elementales de las que dispone la más pequeña de las bacterias (Maturana y Varela, 2009).



*La termodinámica y los ciclos maquinales*

La arque-máquina que es el Sol ha creado con su fuego el hidrógeno, el carbono, el nitrógeno, el oxígeno y los minerales que nos componen y con los que nos alimentamos. No tiene finalidad conocida, pero no cesa de producir para nosotros la irradiación fotónica, fuente de toda vida. Esta finalidad, producida retroactivamente por la vía que el sol ha creado convierte en un subproducto de su actividad, los planetas y la vida en ellos, son piezas periféricas del Sol, entre ellas la tierra. Las grandes diferencias de temperaturas entre el Sol y la Tierra permiten extrapolar una visión termodinámica, en la que el Sol es la fuente de temperatura alta mientras que la tierra es la fuente de temperatura baja, tal y como se muestra en la Fig. 1.

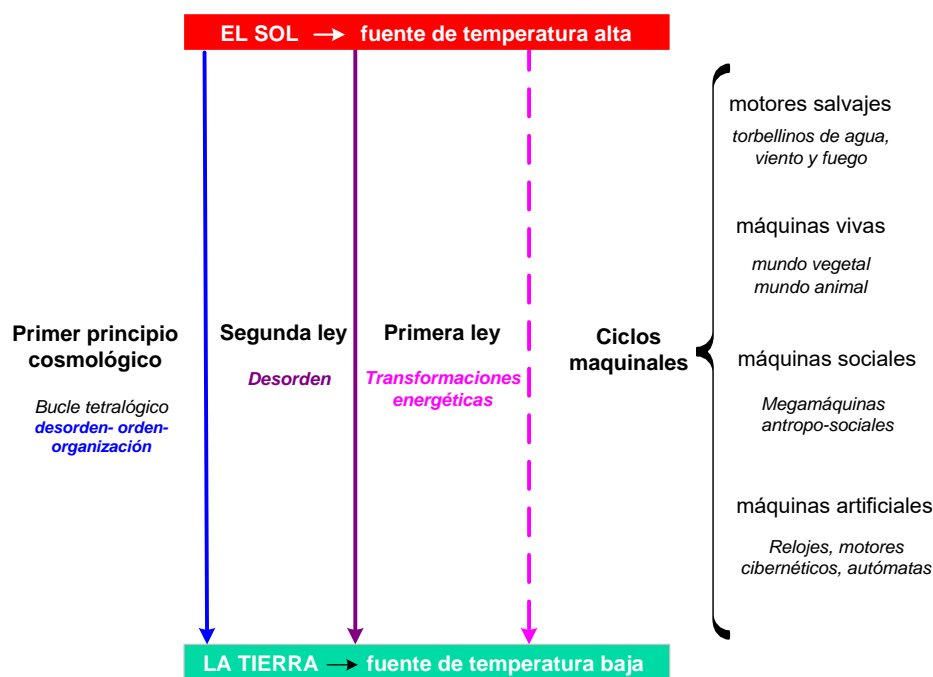


Fig. 1.- Perspectiva termodinámica de los ciclos maquinales.

Este panorama abre un amplio campo de posibilidades de generación de energía, de transformaciones, de producciones, de nuevas organizaciones. Este hecho ha permitido que la radiación del sol y el movimiento de la tierra hayan generado ciclos maquinales y mantenido los procesos de las protomáquinas y los motores salvajes. En estos ciclos maquinales abiertos es donde se han formado los seres vivos, las máquinas húmedas (los vegetales) y las tibias (los animales y los individuos) que se autoproducen, multiplican y diversifican por toda la superficie terrestre. Seres máquinas cuyas interacciones tejen polimáquinas ecosistémicas que constituyen en su conjunto la megamáquina de la vida o la biósfera: la megamáquina de las diversas transformaciones energéticas que generan procesos maquinales colectivos y desarrollan numerosas especies animales como máquinas sociales (Morin, 2010).

Los experimentos de Boltzmann (1909), dan origen a la noción de entropía como un concepto sutil que da cuenta de la medida del desorden de un sistema o de la incertidumbre que se tiene sobre los detalles de su estado. Morin analiza esta noción, pero desde la relación entre desorden/orden y organización. Es decir, para él, la entropía debería hacer referencia no solamente al desorden, sino al orden y sobre todo a la organización. En este sentido, en los ciclos maquinales descritos con anterioridad se destaca la importancia de la organización, la cual para Morin está ausente en todo momento en la concepción de la segunda ley de la termodinámica. Es decir, la entropía como medida del desorden de la materia y el incremento incesante de la entropía del universo, nos conduciría a que el universo fuese desorden y polvo cósmico fuese implica una circunstancia que no toma en cuenta que en el universo el todo ya no es desorden y polvo cósmico: la entropía no toma en cuenta el orden y la organización que se ha constituido y desarrollado en el universo. Por esta razón, Morin considera que el segundo principio es una expresión parcial de un principio cosmológico.

### El primer principio cosmológico y el segundo principio de la termodinámica

En este sentido, Morin propone un principio cosmológico que dé cuenta del desorden, el orden y la organización, para ello, plantea dos cuestiones: a) ¿el universo es un sistema abierto que dispone de una energía infinita?, b) ¿el universo es un sistema cerrado que dispone de una energía finita? Esto lo lleva a considerar que el universo como un todo, realmente no es un sistema, es un aprendizaje de sistema que se desmenuza y se divide en partes durante el movimiento mismo en el que se forma, es un todo que, a través de sus avatares, prolifera en polisistemas y sistemas archipiélagos (las galaxias, los sistemas solares), pero que por ello mismo se encuentra desprovisto de toda organización sistemática de conjunto, como un todo.

Desde este marco de referencia, el segundo principio de la termodinámica no encaja con la actividad descrita del universo y por ello toda universalización del segundo principio será desnaturalizante. Dicho de otra manera, toda generalización del segundo principio oculta el vínculo fundamental entre la diáspora cósmica irreversible y el desarrollo de islas y archipiélagos de orden y de organización. Sin embargo, para el autor los opuestos están presentes siempre a la vez y por ello considera el concepto de entropía no solamente como degradación o desorden, sino como desorganización, lo que implica la referencia de organización. Por lo tanto, la noción de entropía desborda el dominio de la termodinámica propiamente dicha y se relaciona con una teoría de la organización. Pero como carece de una teoría, y aún le falta su apoyo, la idea de entropía ha quedado suspendida. O más bien, la entropía fluctúa entre una medida de propiedad termodinámica concreta y un concepto de organización fantasma.

De esta manera, la entropía concebida en términos organizacionales apunta a una tendencia irreversible hacia la desorganización, propia de todos los sistemas y de los seres organizados. Esto representa una tendencia universal, que concierne los sistemas cerrados y abiertos, incluidos los seres vivos. No obstante, para concebirla en términos desorganizados/organizados hay que complejizar el marco de observación de la entropía y la noción de la entropía misma. Por esta razón, el marco de referencia debe considerar el sistema y su entorno, así se puede apreciar que la formación de un fenómeno organizado como el de una estrella, implica una disminución local de entropía de la masa desorganizada cuando se transforma en un todo organizado, pero que por el mismo hecho de las transformaciones organizadoras esta disminución entraña un incremento de entropía en el entorno. En este orden de ideas, la termodinámica del no equilibrio descrita por Prigogine (Mier, 1998) nos muestra que estados organizados de carácter estacionario, como los torbellinos de Bérnard, sólo pueden constituirse y mantenerse al precio de una fuerte disipación de energía que incrementa la entropía del entorno (Morin, 2010).

Resumiendo, se puede decir de forma general, que toda disminución de la entropía se paga en y con un incremento de entropía en el entorno del sistema. Lo que significa en términos límites que toda regresión local de entropía (o neguentropía) incrementa la entropía en el universo. Asimismo, que la dispersión cósmica trabaja, por la organización y que la organización por la dispersión. De esta manera, el segundo principio es mucho más que un útil estadístico y la entropía mucho más que una magnitud mesurable (Boltzmann, 1909). Aunque esta nueva perspectiva amplía los alcances del segundo principio, y con ello el de la entropía, no significa que sea la clave del universo, ya que la entropía no es la única que se dedica a la organización. En consecuencia, el segundo principio y la idea de entropía deben asociarse siempre, y siempre de forma compleja con la nueva concepción de la naturaleza y del cosmos. Así, el segundo principio se formula así:

organización/orden → desorden

Y la propuesta de Morin del principio cosmo físico se representaría así:

desorden → interacciones (asociativas) → orden

La articulación de ambas visiones es la siguiente:

desorden → interacciones → orden/organización → desorden

Sin embargo, esta nueva secuencia no es del todo correcta, pues inicia con desorden y termina con desorden; por esta razón, Morin considera que si el principio de orden y la potencialidad organizadora, así como la historia cósmica comienzan con la rotación del bucle tetralógico, es lógico que esta nueva secuencia forme un bucle organizacional como se muestra en la figura 2.

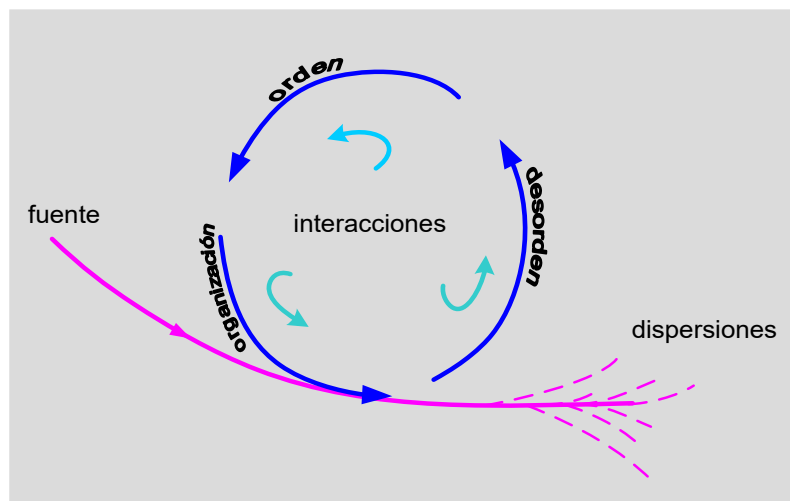


Fig. .2 Bucle tetralógico organización — desorden — orden

Este bucle no es un movimiento perpetuo puesto que se nutre de la fuente energética de la catástrofe térmica original que dio origen a la infinidad de fuentes activas que son los soles. De esta manera, queda presente el efecto del segundo principio de la Termodinámica que nos aleja radicalmente del movimiento perpetuo: siempre hay pérdidas, es decir, una parte de desorden no recuperado se convierte en dispersión. Se trata, por lo tanto, de un circuito irreversiblemente espiraloide, surgido de la catástrofe térmica original y que no cesa de adquirir forma a través de la relación desorden/orden/organización, en donde la organización es la propiedad emergente de la dialógica entre el orden y el desorden.

Con respecto a este bucle Morin (2010) plantea:

- Hay y habrá siempre, en el tiempo, una dimensión de degradación y de dispersión. Ninguna cosa organizada, ningún ser organizado, pueden escapar a la degradación, la desorganización, la dispersión.
- Ningún ser viviente puede escapar a la muerte. Los perfumes se evaporan, los vinos se pican, las montañas se aplanan, las flores se marchitan, los vivientes y los soles retornan al polvo.”
- Toda creación, toda generación, todo desarrollo, e incluso toda información deben ser pagadas en entropía.
- Ningún sistema, ningún SER puede regenerarse aisladamente

En este contexto, la organización y la autoorganización son acciones implícitas que tienen que ver con el orden y el desorden, con la movilidad y la evolución del cosmos, con la evolución de los ciclos maquinales y, por lo tanto, de los seres máquinas vivientes. La autoorganización es un proceso por el cual un tipo de orden o coordinación surge de las interacciones locales entre los componentes de un sistema inicialmente desordenado. Este proceso es espontáneo: no está dirigido ni controlado por ningún agente o subsistema dentro o fuera del sistema; sin embargo, los patrones seguidos por el proceso y sus condiciones iniciales pueden escogerse o ser causados por un agente. El proceso habitualmente se desencadena por alteraciones en el sistema. La organización resultante se distribuye sobre todos los componentes del sistema y es capaz de sobrevivir y auto-reparar daños o perturbaciones sustanciales en el sistema. La autoorganización ha sido usada para explicar una gran variedad de fenómenos físicos, químicos, biológicos, sociales, neuronales-cognitivos, matemáticos. Como ejemplos de ellos tenemos:

- Físicos: la formación de tornados; los patrones de convección en un fluido.
- Químicos: la cristalización; la formación de estructuras disipativas.
- Biológicos: las sociedades de insectos, los enjambres de abejas, la filotaxis, la autopoiesis.

- Neuronales-cognitivos: la plasticidad neuronal: el modo en que la red neuronal aprende a reconocer patrones complejos.
- Sociales: los partidos políticos, los empleos informales, las economías informales.
- Matemáticos: los que se producen con autómatas celulares.

En el mismo sentido Von Foerster, (1991) establece que todo fenómeno de autoorganización va acompañado por uno de desorganización en el ambiente exterior o interior del sistema autoorganizador. Si se trata de eliminar dicho aspecto desorganizador, también perdemos el fenómeno autoorganizador. Consecuencia de ello es que todo sistema de este tipo requiere un ambiente del cual tomar orden y al cual desorganizar.

### Comentarios Finales

Los alcances de los preceptos expuestos a lo largo de este trabajo, y el desprendimiento del concepto tradicional de entropía pretende, en primera instancia, que los lectores tengan conocimiento de esta nueva forma de abordar el conocimiento, es decir, esta nueva forma implica la unión del comportamiento de la naturaleza y el cosmos, asimismo, las solidaridades de este comportamiento con la vida. Un universo que entreteteje en un mismo lienzo las *Protomáquinas y motores salvajes*, las *Polimáquinas vivas*, la *Megamáquina social* y las *máquinas artificiales* y con ello la emergencia de las solidaridades con la vida que van más allá de lo imaginable.

### Resumen de resultados

La autoorganización está presente en la naturaleza, en el cosmos, en las actividades cotidianas y sociales, en todo sistema suficientemente autónomo que extrae energía de su entorno e, incluso, información para incorporarla a su organización, justifica la propuesta de Edgar Morin del bucle tetralógico organización—desorden—orden en la descripción del primer principio cosmológico. Circunstancia no prevista en el segundo principio de la termodinámica.

### Conclusiones

La importancia del primer principio cosmológico de Edgar Morin con relación a la segunda ley de la termodinámica es que toma en cuenta la tendencia a la autoorganización de los sistemas vivientes, misma que ha dado origen a la formación de sistemas con distinto grado de complejidad. En este sentido, la relación entre orden y desorden se da cuando el sistema pierde su estado de equilibrio y forma nuevas estructuras y también cuando los sistemas se constituyen y auto-mantienen estructuras coherentes que necesitan ser alimentadas y disipar energía constantemente.

### Recomendaciones

Durante las últimas décadas, muchos científicos e ingenieros han compartido la creencia de que la entropía no es un concepto científico fundamental. Lo ven como una medida de ignorancia o falta de información detallada sobre un sistema macroscópico y un indicador monótono de desorden. En este sentido se recomienda estudiar, analizar, desmenuzar dicho concepto ahora desde las ciencias de la complejidad y/o desde el primer principio cosmológico.

### Referencias

- Bertalanffy, L. V. (1976). Teoría general de sistemas. México, D. F.: Fondo de cultura económica.
- Boltzmann, L. (1909). Scientific Papers, Vol. I, II y III, F. Hasenöhr (ed.), Leipzig: Barth; reeditado en Nueva York: Chelsea, 1969
- De Almeida, M. C. (2007). Para comprender la complejidad. Hermosillo, Sonora, México: DR. Multidiversidad Mundo Real Edgar Morin, A. C.
- Maturana R. H. y Varela G. F. (2009). El árbol del conocimiento. Santiago de Chile: Universitaria. ISBN: 978-956-11-978-9
- Mier, R. (1998). Ilya Prigogine y las fronteras de la Certidumbre. Metapolítica (Vol. 2, págs. 673-690). México: Centro de estudios de Política Comparada, A. C.
- Morin, E. (2009). El Método 2. La vida de la vida. Madrid, España: Cátedra Teorema.
- Morin, E. (2010). El Método 1. La naturaleza de la naturaleza (9ª ed.). Madrid, España: Cátedra Teorema.
- Ruiz B., A. (1998). Humberto Maturana y su contribución a las Ciencias de la Complejidad. En Metapolítica (Vol. 2, págs. 691-705). México D.F: Centro de Estudios de Política Comparada, A. C.
- Von Foerster, Heinz (1991). Las Semillas de la Cibernética. Barcelona, España: Gedisa. ISBN 84-7432-414-1991
- Wiener Norbert (1985). Cybernetics or control and communication in the animal and the machine. 2º edition. The M.I.T. Press Cambridge Massachusetts. ISBN 0-262-23007-0

# Niveles de Estrés y Ansiedad en los Docentes de Educación Secundaria de Tizayuca durante la Pandemia Covid-19

Lic. Jesús Alejandro Lazcano Téllez<sup>1</sup>, Dra. Graciela Amira Medécigo Shej<sup>2</sup> y  
Dra. Irma Quintero López<sup>3</sup>

**Resumen**— En este artículo se aborda el estrés laboral, teniendo como objetivo conocer los niveles de estrés en docentes de la escuela secundaria Maestro Justo Sierra en Tizayuca, Hidalgo. Bajo la modalidad Aprende en Casa durante la pandemia Covid-19 para implementar métodos de afrontamiento al estrés. Se realizó un diagnóstico por medio de un cuestionario psicométrico a 50 docentes, con el método cuantitativo de alcance descriptivo, transaccional. Las variables son: los estresores, la respuesta al estrés o sintomatología y las estrategias de afrontamiento al estrés. Los resultados muestran que los docentes, si presentan un aumento significativo en los niveles de estrés durante la pandemia Covid-19, predominando los del nivel de fase de alarma de acuerdo a la teoría de Selye. De igual manera, se distingue un aumento en la carga de trabajo, encontrando un aumento de 20 horas semanales promedio bajo el modelo Aprende en Casa.

**Palabras clave**— Estrés laboral, Pandemia, Covid-19, Docentes, Aprende en Casa.

## Introducción

La pandemia “Covid-19” surge a raíz del virus SARS-CoV-2 en Wuhan (China) en diciembre de 2019. Una enfermedad que comienza afectar a muchos países y el 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) la declara “pandemia global” (Martín, 2020: 3-26). Provocando grandes retos, especialmente por las medidas de emergencia sanitaria como la cuarentena, el confinamiento y el distanciamiento social, entre otras que buscan la contención o erradicar el virus (Valero et al. 2020).

Ante este panorama el sector educativo tiene un cambio total para continuar con sus métodos de enseñanza – aprendizaje. Debido a las medidas que han implementado los diferentes gobiernos a nivel mundial las cuales derivan en el cierre temporal de sus instituciones educativas a fin de evitar una mayor propagación (UNESCO, 2020).

El cierre de escuelas, cambio de la noche a la mañana el panorama educativo, desencadenando que alumnos, docentes, directivos, administrativos, así como todo el personal educativo permanecieran en cuarentena y en confinamiento en sus casas. Modificando el proceso de enseñanza- aprendizaje de un modelo presencial a un modelo virtual o a distancia, para continuar con el aprendizaje desde casa. Este cambio fue perturbador para los docentes, alumnos, padres de familia y sociedad en general.

Por tal motivo se vislumbraron algunos problemas en el sector educativo entre ellos, el estudiado en el presente proyecto de investigación. Qué busca conocer los niveles de estrés y ansiedad que presentan los docentes de la Escuela Secundaria General No. 1 Maestro Justo Sierra ubicada en el municipio de Tizayuca Hidalgo ante la pandemia Covid-19.

En el presente trabajo se realizó una revisión de la literatura sobre el estrés en los docentes de educación secundaria durante la pandemia Covid-19. Para ello se realizó una búsqueda de trabajos previos sobre tres temas fundamentales; el estrés y ansiedad en el desarrollo de la labor docente bajo el contexto de la pandemia Covid-19; la prevención o estrategias de afrontamiento del estrés y la ansiedad. Por último, la salud mental de los docentes ante la pandemia Covid-19.

La revisión de la literatura nos permitió analizar el contexto del Covid-19 con el libro “La verdad de la pandemia” propuesto por Cristina, Martín (2020). En la categoría de estrés y ansiedad se analizaron investigaciones, en donde, se han examinado los niveles de ansiedad y estrés, resultantes de la pandemia (Ricaurte y Patiño, 2021; Calle, 2020; Robinet y Pérez, 2020; Parraga y Escobar, 2020). En la segunda categoría, se analizaron investigaciones sobre las metodologías que existen para prevenir y/o tratar el estrés y la ansiedad (Rodríguez y Rojas, 2021; Quispe y García, 2020 y Barraza, 2018). Por último, se enfatizan en la relevancia que existe sobre la salud mental de los profesionales de la educación, previa a la pandemia (Ribeiro, Scorsolini y Darli, 2020; Sommerfeldt, 2020 y Gallego et al., 2020). Para tener el marco de la salud del docente antes y como esta nueva modalidad puede ser un cambio para la salud del docente.

<sup>1</sup> Lic. Jesús Alejandro Lazcano Téllez es estudiante de la Especialidad en Docencia por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México [la454914@uaeh.edu.mx](mailto:la454914@uaeh.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Dra. Graciela Amira Medécigo Shej es Profesora Investigadora del área de Educación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México [amirashej@hotmail.com](mailto:amirashej@hotmail.com)

<sup>3</sup> Dra. Irma Quintero López es Profesora Investigadora del área de Educación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México [irmaquinlo@uaeh.edu.mx](mailto:irmaquinlo@uaeh.edu.mx)

Reflexiones de diversos autores muestran que el estrés y la ansiedad no eran nuevos en la labor docente, sin embargo, la situación de la pandemia Covid-19 surge como un estresor que detona un cambio tanto para la labor docente, para la situación global de la enfermedad, la situación del confinamiento o cuarentena, así como el cambio de actividades de la sociedad en general.

La relevancia de esta investigación en el sector educativo de México en el nivel secundaria surge ante la implementación de un nuevo modelo de enseñanza – aprendizaje “Aprende en Casa”, exigiendo cambios en el aprendizaje del alumno y las nuevas formas de teletrabajo para docentes. Este modelo consiste en que los estudiantes vean los contenidos educativos que son transmitidos por medios televisivos, radiofónicos o en su defecto por plataformas de internet, las cuales incluyen actividades específicas, con la finalidad de que el estudiante las realice en casa con apoyo del padre de familia o tutor, una vez resuelta se incorpora a su carpeta de evidencias las cuales son revisadas por sus docentes (Secretaría de Educación Pública, 2020).

Estos cambios, han puesto en evidencia las interacciones entre la labor docente con recursos desde casa, el medio ambiente de confinamiento, las normativas para la contención del virus y la carga de trabajo al implementar un nuevo modelo pedagógico Aprende en Casa para dar seguimiento o clases de manera virtual.

Aprende en Casa, se implementó desde el 23 de marzo de 2020, fecha en que dio inicio la Jornada Nacional de Sana Distancia y estará disponible hasta que las autoridades educativas en coordinación con el sector salud, determinen que es posible el regreso a clases de manera presencial (Secretaría de Educación Pública, 2020).

Parte medular del modelo de enseñanza- aprendizaje Aprende en Casa es la implementación del teletrabajo. En el caso de los docentes de educación secundaria, la carga de trabajo aumento debido a diversos factores como lo son: la asignatura que imparta, el número de horas que imparte clase, la cantidad de alumnos que atiende, la cantidad de grupos que posee, el turno en el que labore. Asociadas las carencias que se presentan en las habilidades tecnológicas: “muchos de los profesores no cuentan con habilidades tecnológicas para conducir de forma efectiva los procesos de enseñanza en la modalidad a distancia. Por todo ello, se requiere analizar las situaciones y condiciones de cada contexto en la toma de decisiones educativas para esta nueva normalidad” (Cáceres et al. 2020).

Evidenciando que la salud mental de los docentes se ha visto influenciada negativamente por las condiciones actuales de la pandemia Covid-19. El estrés, la ansiedad, el miedo y la incertidumbre, además de las restricciones propiciadas por la pandemia de Covid-19 causada por el virus SARS-CoV-2 han provocado grandes retos, especialmente por las medidas de emergencia sanitaria como la cuarentena, el confinamiento y el distanciamiento social, entre otras (Valero, et al., 2020).

Donde, se percibe la presencia de malestares generales y psicológicos como: irritabilidad y enfado, mal humor y problemas de sueño asociados al confinamiento (Quispe y García, 2020). Mientras que las principales fuentes generadoras de estrés (estresores) en los docentes fueron: clima organizacional, el uso y adaptación de la tecnología (TIC), el aumento de labores dentro del hogar, el temor al contagio del virus SARS-CoV-2 y la influencia del líder, que en años anteriores se encontraron el exceso de tareas impuestas por la institución educativa y la falta de organización (Guevara y Parra, 2014; Robinet y Pérez, 2020).

Por otra parte, se han identificado alteraciones de salud mental en docentes previos a la pandemia, siendo las de mayor frecuencia asociadas a síntomas físicos, perturbación del sueño, ansiedad y depresión severa (Guevara y Parra (2014). Los principales problemas de índole mental que aquejan a los docentes actualmente, no solo a nivel nacional sino también mundial, son la ansiedad y el estrés, que en algunos casos resulta en depresión. Estas afectaciones de la pandemia en el sector educativo han desencadenado que gran parte de los docentes se enfrenten a diversas situaciones médicas que afectan su salud, yendo desde moderadas hasta graves, en donde la salud emocional del docente se ve comprometida con su labor educativa.

De esta manera la enseñanza es catalogada como la profesión que presenta el mayor riesgo de angustia psicológica y niveles más bajos de satisfacción laboral, enfrentando mayor presión en el trabajo que los conlleva a puntuar alto en la evaluación del síndrome de Burnout y tener un mayor desgaste emocional. Asimismo, se menciona que este desgaste docente termina afectando también a los estudiantes, pues tanto la calidad de enseñanza como el vínculo o relación que se debe generar entre estudiante – docente queda limitado (Rodríguez y Rojas, 2021).

El docente debe mantener un equilibrio mental en sus dimensiones personal, familiar, emocional, laboral y económica, para garantizar un trabajo educativo de calidad. Es aquí donde derivado de estas causas los docentes son susceptibles a presentar estrés, ansiedad y hasta miedo por no poder cumplir correctamente con su labor educativa, estas emociones dañinas para el organismo podrían desarrollar a corto o largo plazo enfermedades crónicas y degenerativas.

En definitiva el estrés es una condición que está presente en los seres vivos y predispone al organismo para actuar de manera acertada ante los requerimientos de la vida ya sea que desencadene reacciones positivas o negativas, las tareas deseadas y fáciles producen un estrés positivo (eustrés) mientras que las desagradables y difíciles provocan un

estrés negativo (distrés), la manera de interpretación de estas dos corrientes dependerá de cada individuo y de la capacidad (inteligencia emocional) que posea para sobrellevar ante ellas, Orlandini (1996).

Por tanto Zavala (2008) complementa que: *Según las «teorías basadas en la respuesta» el término de estrés se desdobra en eustrés (o eutrés) y distrés. El eustrés es la respuesta positiva de adaptación ante las situaciones de amenaza, y el distrés en cambio viene a ser el fracaso a esta adaptación que se manifiesta en el individuo en sentimientos negativos.*

La teoría propuesta por Selye en 1954 se funda bajo la acción de dos fenómenos, el estresor y la respuesta de estrés; esta última conformada por una terna de mecanismos denominado síndrome general de adaptación (SGA) que son la reacción fisiológica que se generan ante cualquier situación estresante y que ayuda al organismo a adaptarse para pelear o huir. Las fases en las que se compone el síndrome general de adaptación son: alarma, resistencia y agotamiento y se distinguen por las siguientes características que se presentan en el cuadro 1 (Camargo, 2010).

Fase de alarma	También conocida como fase de shock se caracteriza por el congelamiento o paralización del individuo, posteriormente se da la activación cortical aquí se establece un estado de conciencia hiperaguda en la que el individuo observa detalladamente todo su entorno.
Fase de resistencia	Esta fase consiste en el proceso fisiológico que sufre el organismo tratando de superar la amenaza con la finalidad de sobrevivir. Esta fase puede durar semanas, meses o años, si la espera es muy larga se le considera estrés crónico sin embargo si el estrés termina en esta fase el organismo recupera su estado normal
Fase de agotamiento	Se origina cuando la causa estresante es continua. Esta fase se caracteriza por la pérdida de capacidad de activación o adaptación. Se presentan enfermedades como el insomnio, falta de concentración, abatimiento, fatiga, extenuación, patologías inmunológicas, patologías cardiovasculares, patologías metabólicas y endocrinas, depresión, problemas gastrointestinales, infartos cardiacos, infartos cerebrales, etc.

Cuadro 1. Fases del síndrome general de adaptación (Camargo, 2010).

### Descripción del Método

La literatura nos muestra la teoría basada en la respuesta que se basa en el síndrome general de adaptación (SGA) que define tres niveles para poder medir el nivel de estrés de una persona, la cual fue propuesta por Selye (1954). A partir de la cual se construyeron las variables para la elaboración del instrumento psicométrico utilizado para medir el nivel de estrés de acuerdo a la fase de Alarma, Resistencia o Agotamiento.

La presente investigación tiene como objetivo conocer los niveles de estrés en los docentes de la Escuela Secundaria General No. 1 Maestro Justo Sierra en el Estado de Hidalgo, bajo la modalidad Aprende en Casa durante la pandemia Covid-19 para implementar métodos de afrontamiento al estrés.

Para la presente investigación-acción se realizó un diagnóstico por medio de un cuestionario psicométrico, con el método cuantitativo de alcance descriptivo, transaccional. Las variables que componen el instrumento psicométrico para medir los niveles de estrés son: los estresores (Estrés Laboral incluyendo la pandemia covid-19, el teletrabajo docente y el modelo aprende en casa), la respuesta al estrés (Sintomatología asociada al estrés de manera física, comportamental e intelectual) y las estrategias de afrontamiento al estrés, que se retoman del Inventario Sistemático Cognoscitivista para el estudio del estrés académico propuesto por Barraza (2018).

Se realizó un diagnóstico por medio de un cuestionario psicométrico, con el método cuantitativo de alcance descriptivo, transaccional. Las variables que componen son: los estresores (pandemia covid-19, el teletrabajo docente y el modelo aprende en casa), la respuesta al estrés (Sintomatología; física, comportamental e intelectual) y las estrategias de afrontamiento al estrés. La representación del modelo teórico se puede observar en la Figura 1, que se basa en la teoría basada en la respuesta Selye 1954 y Camargo, 2010.

Se seleccionaron a los docentes de la Escuela Secundaria General No. 1 Maestro Justo Sierra localizada en la ciudad de Tizayuca Hidalgo. La muestra a estudiar es un total de 50 docentes con un rango de edad de entre 26 y 65 años, la mayoría de ellos cuenta con más de 20 años de antigüedad en el servicio educativo y la gran totalidad se traslada de un municipio a otro para poder llevar a cabo la labor docente.



Figura 1. Variables del diagnóstico para medir los niveles de estrés.

El instrumento psicométrico utilizado está construido a partir de cuatro variables principales, en la primera de ellas la intención es medir el nivel de estrés que presentan los docentes a partir de conocer que tan preocupados se encuentran por la pandemia, cuanto tiempo destinan para su labor docente, si han presentado alguna alteración en su vida personal a partir de la pandemia, estos puntos son significativos para esta investigación ya que a partir de ellos se puede identificar los niveles de estrés presentes en cada persona y así poder agruparlos.

Del mismo modo es necesario conocer cuáles son actividades de la labor docente bajo el contexto de la pandemia Covid-19 que les resultan estresantes (estresores) principalmente bajo el programa Aprende en Casa establecido por la Secretaría de Educación, para ello se establecen factores como las deficiencias tecnológicas que se posean, las limitaciones digitales como fallas con el internet, equipos de cómputo deficientes, el temor a las plataformas digitales. Estas permitirán conocer que estresores son más comunes en nuestra población de estudio que como se ha mencionado el rango de edad que predomina es de 40 a 50 años y las habilidades tecnológicas juegan un papel importante.

Por consiguiente debemos identificar la respuesta que se ha producido a partir de dichos estresores es por ello que un factor imprescindible es el conocer la sintomatología que presenten nuestra población de estudio para ello se consideraron diferentes ítems que organizan los resultados en síntomas físicos, psicológicas o de comportamiento, a partir de los cuales se les podrá organizar para recibir un método de afrontamiento específico.

Por ende resulta significativo indagar si ante la presencia de algún malestar físico, psicológico o la adquisición de un mal hábito se toman las medidas necesarias para erradicarlas, de no ser así, puede ser perjudicial para la salud a corto, mediano y largo plazo afectando la calidad de vida de la población de estudio obteniendo como resultado que su rendimiento laboral no sea el óptimo y no se pueda cumplir con el proceso de enseñanza-aprendizaje

## Comentarios Finales

### Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se estudió el nivel de estrés y los principales estresores. Los resultados de la investigación incluyen el análisis estadístico de las respuestas del diagnóstico, destacando que los docentes de educación secundaria que laboran en la institución Maestro Justo Sierra, si presentan un aumento significativo en los niveles de estrés durante la pandemia Covid-19, predominando los del nivel de fase de alarma de acuerdo a la teoría de Selye. De igual manera, se distingue un aumento en la carga de trabajo, debido a que las horas laborables que se destinaban antes de la pandemia vs durante la pandemia, aumentaron en promedio 20hrs por semana bajo el modelo Aprende en Casa, tal y como se muestra en la tabla 1.



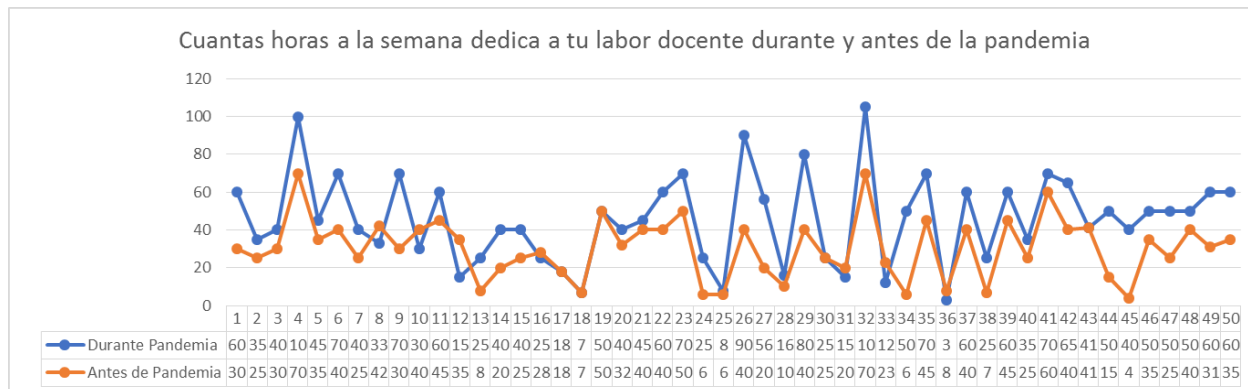


Figura 2. Índice de aumento en las horas laborables

### Conclusiones

Para finalizar se concluye que los docentes de educación secundaria que laboran en la institución Maestro Justo Sierra, si presentan un aumento significativo en los niveles de estrés durante la pandemia Covid-19. Se determina esto con base al análisis de los resultados obtenidos del instrumento psicométrico que se aplicó, en donde se distingue un aumento en la carga de trabajo, como se percibe en las horas laborables que se destinaban antes de la pandemia vs durante la pandemia, las cuales en promedio aumentaron 20hrs. Esto sin duda es una problemática que merece combatirse de raíz debido a las implicaciones que suelen presentarse a futuro, por lo cual para seguir gozando de un estado de salud sano se recomienda estar alerta de todas las señales que presente cada organismo.

Aunado a esto se identificaron diversos estresores que afectan al desarrollo de la labor educativa, estas acciones se desencadenaron a partir de la implementación del programa Aprende en Casa en el mes de marzo del 2020, el cual se trabaja a la distancia con base en el teletrabajo, es aquí donde factores como las habilidades digitales, el desconocimiento del uso de plataformas educativas y las fallas del servicio de internet juegan un papel importante, sin dejar a un lado las implicaciones que surgen por realizar todo de manera virtual como lo es el modificar el seno familiar en un espacio para trabajar, teniendo claro que una educación de calidad requiere de la participación activa de los alumnos, padres de familia y docentes, cuando uno de ellos falla la balanza se desequilibra generando mayor tensión en los otros puntos en este caso propiciando mayor estrés en los docentes.

Parte de las respuestas que se generan ante el estrés encontramos síntomas de índole físico, psicológico y de comportamiento, que limitan en cierto punto el desarrollo de la labor docente que se ejerce día con día, tal y como describe la literatura consultada de la teoría basada en la respuesta, donde se menciona que a está la compone el síndrome general de adaptación, en el cual se establecen tres fases para el estrés las cuales son: alarma, resistencia y agotamiento. Analizando las repuestas de la encuesta aplicada se obtienen los suficientes elementos para determinar que la mayoría de los docentes se encuentra en fase de alarma.

Teniendo identificada la fase o nivel de estrés y un diagnóstico de las actividades que realizan los docentes para combatir el estrés generado día con día, se sugiere que la institución difunda por diversos medios, información sobre la relajación muscular progresiva de Jacobson, el cual es el estilo de afrontamiento más adecuado conforme a los resultados obtenidos de este diagnóstico preliminar

### Recomendaciones

Es importante recordar que la salud es la base de cualquier actividad que se desarrolle por tal motivo las recomendaciones que se efectúan es en virtud de la detección oportuna de la sintomatología del estrés y de la ansiedad principalmente con la finalidad de que cualquier persona pueda evitar las consecuencias de padecerlos ya que estos pueden desencadenar una enfermedad crónica o degenerativa que influya en su calidad de vida y por ende en su desempeño laboral.

### Referencias

Martín Jiménez, Cristina (2020). La verdad de la Pandemia. Barcelona, España; Editorial Planeta, S. A. ISBN: 978-84-270-4772-3  
 Valero, N; Vélez, M; Durán, A; Portillo, M. (2020). Afrontamiento del COVID-19: estrés, miedo, ansiedad y depresión? *Enferm Inv.* 2020;5(3):63-70 Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/enfi/article/view/913>  
 UNESCO (2020). Diez recomendaciones para estudiar a distancia durante la emergencia del coronavirus. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2020/03/1471342>

- Ribeiro, B. M. D. S. S., Scorsolini-Comin, F., & Darli, R. d. C. d. M. B. (2020). Ser docente en el contexto de la pandemia de COVID-19: reflexiones sobre la salud mental. *IndexEnferm*, 29(3), 137-141.
- Ricaurte Ricaurte, E., & Patiño Navarrete, G. J. (2021). Niveles de ansiedad y depresión en la práctica docente por confinamiento [info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. <https://doi.org/http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4088>
- Robinet-Serrano, A. L., & Pérez-Azahuanché, M. (2020). Estrés en los docentes en tiempos de pandemia Covid-19 [Artículos Científicos]. *Polo del Conocimiento*, 5(12), 637-653. <https://doi.org/https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2111>
- PárragaPárragaKléber, L., & Escobar Delgado Gustavo, R. (2020). ESTRÉS LABORAL EN DOCENTES DE EDUCACIÓN BÁSICA POR EL CAMBIO DE MODALIDAD DE ESTUDIO PRESENCIAL A VIRTUAL. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN.*, 4, 142-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/yc.v4i7edesp.0067>
- Calle Romero de Horna, K. M. (2020). Ansiedad generalizada en docentes de una institución educativa pública de chichlayo, 2020 universidad católica los ángeles chimbote]. *Chimbote – Perú*. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/19407>
- Gallego Lema, V., Boreas García, D., Barba Martín, R., & González Calvo, G. (2020). Aprender a ser docente sin estar en las aulas: La covid-19 como amenaza al desarrollo profesional del futuro profesorado [http://purl.org/dc/dcmitype/Text]. *RIMCIS: Revista Internacional y Multidisciplinaria en Ciencias Sociales*, ISSN-e 2014-3680, Vol. 9, N° 2, 2020 (Ejemplar dedicado a: El abordaje desde las ciencias sociales de la crisis del Coronavirus = Approaching the Coronavirus crisis from the social sciences), págs. 152-177, 2(9), 155-177. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7518369.pdf>
- Sommerfeldt Lutunski, T. C. (2020). Inteligencia emocional y estrés laboral en docentes de educación escolar básica durante la pandemia covid-19 [artículos]. *La saeta universitaria*, 9, 39-51. <https://doi.org/https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/saetauniversitaria/article/view/239>
- Rodríguez Vega, J. L., & Rojas Urbina, N. F. (2021). Programa de intervención para afrontar los efectos psicológicos de la pandemia por COVID-19 en docentes de una institución educativa de Cajamarca, 2020 [info:eu-repo/semantics/masterThesis, Universidad César Vallejo]. *TRUJILLO — PERÚ*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56453>
- Secretaría de Educación Pública 2020. NUEVAS ASIGNATURAS Educación básica Ciclo escolar 2020-2021, puede consultarse en: <https://drive.google.com/file/d/1A-SK7PoyVIZsVazcZXeVV4mjBHuVvyi/view>
- Quispe, F., & García, G. (2020). Impacto psicológico del covid-19 en la docencia de la educación básica regula. *Revista de investigación científica y tecnológica alpha centauri*, 1(2), 30-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.47422/ac.v1i2.10>
- Astrid C Guevara-Manrique, C. M. S.-L., Liliana Parra. (2014). Estrés Laboral y Salud Mental en Docentes de Primaria y Secundaria. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 4, 30-32. <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/2322-634X/rcso.4.2014.4963>
- Orlandini A. (1996) *El Estrés: Que Es Y Como Evitarlo*, Fondo De Cultura Economica USA (165) ISBN 9505572174, 9789505572175
- Zavala Zavala, J. (2008). Estrés y burnout docente: conceptos, causas y efectos. *Educación*, 17(32), 67-86. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/educacion/article/view/180>
- Barraza Macías, A. (2018). *INVENTARIO SISCO SV-21, Inventario Sistemático Cognoscitivista para el estudio del estrés académico*. México: ECORFAN.
- Secretaría de Educación Pública 2020. Aprende en casa orientaciones para fortalecer las estrategias de educación a distancia durante la emergencia por covid-19, puede consultarse en: [https://0201.nccdn.net/42/000/000/038/2d3/05Aprende\\_en\\_casa\\_Orientaciones\\_20\\_ABRIL\\_vf.pdf](https://0201.nccdn.net/42/000/000/038/2d3/05Aprende_en_casa_Orientaciones_20_ABRIL_vf.pdf)

### Notas Biográficas

El Lic. **Jesús Alejandro Lazcano Téllez** es estudiante de la Especialidad en Docencia por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

La Dra. **Graciela Amira Medécigo Shej** es Profesora Investigadora del área de Educación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

La Dra. **Irma Quintero López** es Profesora Investigadora del área de Educación en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

## Abastecimiento de Agua de Lluvia para Comunidades Urbanas Vulnerables en Xalapa, Ver.

Ma. Teresa Leal Ascencio Dra.<sup>1</sup>, Ing. Amy Loeza Beureth<sup>2</sup>, C. Jorge Alberto Villa Luna<sup>3</sup>, C. José Ever Prieto Hernández<sup>4</sup>, Dra. Adriana Fabiola Tello Andrade<sup>5</sup>, Dra. Yolanda Uscanga Feria<sup>6</sup>

**Resumen--** La provisión de agua potable es una problemática común en zonas rurales, así como en zonas periurbanas de crecimiento desordenado. La ciudad de Xalapa, Veracruz, no escapa a esta situación a pesar de disponibilidad abundante de agua en la región. Como una alternativa, las autoridades del ayuntamiento y organizaciones de la sociedad civil han captado recursos e instalado sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Un total de 80 equipos se instalaron en viviendas de la zona marginada y vulnerable de la ciudad. La Universidad Veracruzana da seguimiento al proyecto y lo que se demuestra es que la experiencia de captación de agua de lluvia es muy exitosa. La gran mayoría de la comunidad ha aprendido a manejar el sistema y reconocen un incremento en su calidad de vida al incrementar la disponibilidad del recurso. Un pequeño porcentaje, menor a 3%, no ha dado mantenimiento adecuado al sistema.

**Palabras clave-** agua potable, captación, agua de lluvia.

### Introducción

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la falta de agua potable es uno de los mayores desafíos que la humanidad debe enfrentar, ya que impactan seriamente en la calidad de vida en las comunidades. En primer término, la escasez es un agudo problema para millones de habitantes, pero adicional a ello puede haber una calidad deficiente, que no asegure la inocuidad del agua. La cobertura de agua potable en las zonas rurales muestra un déficit respecto a las zonas urbanas, al mismo tiempo, las zonas urbanas más desarrolladas muestran una mayor cobertura que las zonas más deprimidas de las ciudades (CONAGUA, 2016). La urbanización sin planeación, común en nuestras ciudades, incrementa los problemas de abastecimiento, de saneamiento y de distribución de energía, con costos cada vez más elevados para las personas que habitan las zonas conurbadas y de creación desordenada (IIMA, 2007). Aunado a lo anterior, el crecimiento poblacional, así como la contaminación de acuíferos y ríos, ha llevado en México a que, la disponibilidad de agua por habitante se reduzca y haya bajado de más de 10,000 m<sup>3</sup>/hab/año en 1944 a menos de 4,000 m<sup>3</sup>/hab/año para el año 2020. Se proyecta que para 2050, se habrá alcanzado en el país una tasa de crecimiento cero, momento en el cual, la disponibilidad habrá decrecido aún más (Antaramián y García, 2006).

En este panorama, si bien se ha planteado al abastecimiento público como la única fuente confiable, éste limita el acceso por cuestiones técnicas, organizativas, operativas y económicas, de tal manera que hay una parte de la comunidad cuyo acceso al agua potable está sumamente restringido por falta de almacenamiento, unido al racionamiento del agua que el sistema público efectúa en ciertas temporadas y colonias.

El Ayuntamiento de Xalapa, capital del estado de Veracruz ha hecho grandes inversiones y se ha endeudado tratando de sanear todas sus aguas residuales, sin embargo, continúan existiendo descargas que contaminan los cuerpos de agua de la ciudad y municipios aledaños. Por otro lado, enfrenta importantes retos para satisfacer las necesidades de agua de una población en constante crecimiento, adicional al crecimiento desordenado de la zona urbana, más la reducción de la disponibilidad por deforestación de importantes zonas boscosas cercanas (EGIRHX, 2019).

La cuenca de Xalapa se vuelve vulnerable en la medida que el cambio climático se incrementa, ya que el agua que abastece a la ciudad es superficial y se relaciona con la lluvia y niebla estacional, tanto con precipitaciones extraordinarias, como con periodos de sequía. Su posición geográfica le permite el abasto de agua proveniente de la subcuenca Alta del río Huitzilapan, que provee el 58% del agua, a través de la presa derivadora “Los Colibríes”

<sup>1</sup> Ma. Teresa Leal Ascencio Dra. Es profesora de Ciencias Químicas en la Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. [tleal@uv.mx](mailto:tleal@uv.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> La Ing. Amy Loeza Beureth labora en la Coordinación de Sustentabilidad en la Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. [aloeza@uv.mx](mailto:aloeza@uv.mx)

<sup>3</sup> El C. Jorge Alberto Villa Luna es estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Veracruzana [jorvilu7@gmail.com](mailto:jorvilu7@gmail.com)

<sup>4</sup> El C. José Ever Prieto Hernández es estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Veracruzana. [jose.ever.jeph@gmail.com](mailto:jose.ever.jeph@gmail.com)

<sup>5</sup> La Dra. Adriana Fabiola Tello Andrade es Profesora de Ingeniería Civil de la Universidad Veracruzana. [tello@uv.mx](mailto:tello@uv.mx)

<sup>6</sup> La Dra. Yolanda Uscanga es Profesora de Ciencias Química de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. [yuscanga@uv.mx](mailto:yuscanga@uv.mx)

ubicada en el municipio de Quimixtlán y su captación en el municipio de Chilchotla, Puebla. Esta fuente provee por gravedad un caudal de 1000 l/s.

La subcuenca del río Pixquiác captura el 38% de agua proveniente de 12 manantiales del Cofre de Perote, así como la derivación de agua de las presas en los ríos Medio Pixquiác, Xocoyolapan y Cinco Palos y Agüita Fría proporcionando a través de sistemas a gravedad, un total de 560 l/s. Por último, de manantiales de El Castillo, ubicados al este de Xalapa, se provee el 4% restante del agua, los cuales proporcionan un gasto de 60 l/s. La precipitación promedio anual es de más de 1500 mm, para una población cercana a los 490,000 habitantes. Sin embargo, se calcula que podría experimentar escenarios adversos de cambio climático. Por ejemplo, disminución generalizada en los niveles de precipitación, aumento de temperatura y por consecuencia, elevación de la evapotranspiración, así como reducción de la cobertura forestal en la ciudad. Todos estos factores pueden impactar en reducir la disponibilidad de agua superficial ya que, en unos 20 años, podría disminuir la lluvia en 15-20% (City Adapt, 2019). Esto significa que la provisión de agua disponible para el abasto público podrá sufrir una reducción importante, aunado a las limitaciones que presenta actualmente. La administración pública actual ha promovido y adoptado políticas públicas para promover el uso de agua de lluvia.

La rápida urbanización y expansión no planificada de la ciudad de Xalapa, está reduciendo los ecosistemas urbanos y periurbanos que proporcionan una gran cantidad de sistemas físicos y biológicos que favorecen el bienestar de la comunidad y del entorno, todo esto se ve afectado aún más por el cambio climático, que incluyen un aumento de la frecuencia y la intensidad de inundaciones, frentes fríos, huracanes y por supuesto, sequías más severas y prolongadas.

### Descripción del método

City Adapt (2019) realiza un estudio de vulnerabilidad, en el cual se analiza la fragilidad socioambiental que se percibe entre las zonas con mayor grado de impacto potencial, frente a eventos climáticos. A partir de ese análisis, se identifican las zonas sujetas a mayores peligros relacionados con dichos eventos y se analiza la sensibilidad socioeconómica, partiendo del antecedente de que, a mayor fragilidad socioeconómica de los habitantes, mayor será su vulnerabilidad frente a fenómenos perturbadores que pueden llegar a ser desastrosos. En la Figura 1 se muestra el mapa de vulnerabilidad socioambiental de Xalapa, en donde se observa que el norte y occidente de la ciudad (colonias de más reciente crecimiento) son las zonas más vulnerables y conformando una zona semi continua que va desde la zona rural de Tlalnelhuayocan y que incluye dos localidades (Carolino Anaya y Guadalupe Victoria), pasando por las colonias Lomas del Seminario, Independencia, Revolución, La Lagunilla, 21 de Marzo, Luz del Barrio, Plan de Ayala, Arroyo Zarco, Acueducto, Los Pinos, Cerro Colorado, 2 de Julio, Arboledas del Tronconal y Arrayanes.

Los escenarios de cambio climático muestran cómo pueden variar los patrones de temperatura y precipitación, afectando numerosos procesos naturales y antrópicos, entre los que destaca la provisión de agua para la ciudad.

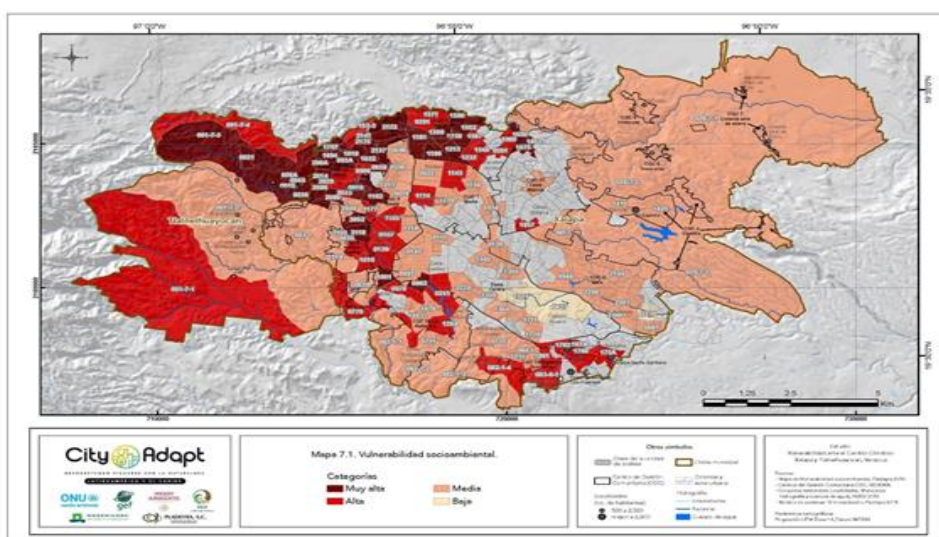


Figura 1. Mapa de Vulnerabilidad Socioambiental (<https://cityadapt.com>)

Con base en el mapa de vulnerabilidad socioambiental previo (figura 1), se seleccionaron viviendas en las colonias periféricas de mayor inseguridad y fragilidad. En conjunto con la organización SENDAS, el ayuntamiento captó recursos internacionales para este proyecto, con los cuales se instalaron sin costo para el beneficiado, 80 sistemas completos de abastecimiento de agua de lluvia que se muestran en la figura 2. Para la decisión sobre dónde instalar y beneficiar a la comunidad, se tomaron en cuenta algunos factores en los hogares, entre los que se encuentran:

- a. Una superficie de captación libre de asbesto o de hidrocarburos impregnado en cartón.
- b. Acceso libre a techos de captación y con altura suficiente para dar cabida a los tubos de conducción.
- c. Espacio disponible, libre para instalar un tanque de almacenamiento de 2500 litros o una cisterna construida previamente.
- d. Disponibilidad y compromiso para recibir capacitación, dar mantenimiento al equipo, aceptar reportar y recibir visitas de seguimiento, entre otros.



Figura 2. Sistema de recolección de agua pluvial (Ayuntamiento de Xalapa, 2021)

Al mismo tiempo, se cuantificaron otros elementos, como el potencial de captación, la disponibilidad previa de almacenamiento, los requerimientos de agua, pero éstos no fueron utilizados como factores de decisión. El propio ayuntamiento calculó el costo del sistema tipo doméstico en \$22,000, de los cuales el costo de los insumos alcanza los \$15,000, mientras que la mano de obra requiere \$7,000.

#### Comentarios finales

*Resumen de resultados.* La instalación se llevó entre enero y julio de 2021. La Universidad Veracruzana ha realizado el seguimiento a la experiencia, en particular estos autores, donde se analizan la relación entre la adaptación del sistema por parte del usuario, el manejo mismo del sistema y la calidad del agua que se obtiene.

Sin duda, los resultados han demostrado que la captación del agua de lluvia en la ciudad, especialmente en zonas de escasez de agua, es muy exitosa. La mayoría de la comunidad ha aprendido a manejar el sistema de captación de agua de lluvia y han mostrado gran disponibilidad para hacer su parte en los compromisos establecidos. El hecho de que, tengan en sus manos la capacidad de contar con agua, mantener el sistema limpio, dar seguimiento a sus existencias, clorar el líquido, abastecerse de agua de buena calidad, entre otras características, ha redundado en un incremento en su percepción de comodidad del día a día. Otras ventajas que la comunidad ha mencionado son el incremento de disponibilidad, la reducción del tiempo y esfuerzo necesarios para disponer de agua, costos menores,

tener en sus manos el manejo, el cuidado y hasta cierto punto la disponibilidad del agua. Especialmente, mencionan beneficios en la calidad de vida, ya que el lavado de ropa puede hacerse en casa, tienen mayor recurso de agua para el baño diario, el aseo de superficies, como patios y el interior de las viviendas; hay quienes están hirviendo el agua como una opción de agua potable, que redundaría en un beneficio económico inmediato.

*Conclusiones.* Hay un pequeño porcentaje cercano al 2.5% de usuarios que han descuidado las acciones de vaciado del Tlaloque, lo que ha llevado al desvío de agua de primeras lluvias a hacia el tanque de almacenamiento. Esto ha redundado en presencia de turbiedad, nitrógeno amoniacal y malos olores, entre otros, que se traduce en pérdida de calidad de agua para el usuario. Puede decirse que, el mantenimiento de los sistemas es primordial, donde el vaciado intermitente de las primeras lluvias es el factor de más importancia, seguido de la cloración del agua almacenada. Es posible que se requiera capacitación adicional a los usuarios para que sean capaces de identificar la importancia de las acciones de mantenimiento correcto, tanto como de la cloración.

### Referencias

Antaramián, E. y García, E.O. 2006. Distribución espacial de los cuerpos de agua en Michoacán. En: Ávila García, P. (coord.). Agua y lagos. Una mirada desde lo global hasta lo local. Colección Biblioteca Michoacana. México. 129-139.

Ayuntamiento de Xalapa. 2021. Sistemas de captación de agua de lluvia. Obtenido el 26/08/2021 de:  
<https://ayuntamiento.xalapa.gob.mx/web/cityadapt-xalapa/sistemas-de-captacion-de-agua>

City Adapt. 2019. Estudio vulnerabilidad ante el cambio climático en Xalapa y Tlalnahuayocan, Veracruz. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ayuntamiento de Xalapa, Ayuntamiento de Tlalnahuayocan, Fondo Golfo de México, Universidad de Wageningen, ONU Medio Ambiente, GEF.

CONAGUA. 2016. Lineamientos técnicos: sistemas de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda. CONAGUA. SEMARNAT. Obtenido el 26/08/2021 de: <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/CONAGUA-2016.-Lineamientos-t-cnicos-Sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-con-fines-de-abasto-de-agua-pitable-a-nivel-vivienda.-.pdf>.

EGIRHX. 2019. Estrategia de gestión integrada de los recursos hídricos en Xalapa. Ayuntamiento de Xalapa.

Instituto Internacional del Manejo del Agua. 2007. Evaluación Exhaustiva del manejo del agua en Agricultura. Agua para la alimentación, agua para la vida. Londres: Earthscan y Colombo.

# Mejora del Desempeño de un Proceso de Manufactura de Cajas de Cartón para Empaque y Distribución

Luis Daniel Leal Escobedo<sup>1</sup>, Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón<sup>2</sup>, Dr. Luis Carlos Méndez González<sup>3</sup>, Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín<sup>4</sup>

**Resumen**—Todo proceso dentro de una empresa tiene un objetivo que debe cumplir para que la productividad sea satisfactoria, de ahí la importancia de siempre buscar mejoras para mantener el correcto funcionamiento de un proceso. Para que un proceso esté bajo control existen diversas herramientas e incluso filosofías otorgadas por gurús de la calidad, que tienen por objeto evaluar, supervisar y controlar las variables que influyen en los resultados del proceso. La variabilidad está presente en todo proceso de manufactura, no se puede eliminar, pero se puede controlar. Como base para justificar el comportamiento de un proceso es necesario validar la calidad de los datos. Existe una posibilidad de que los datos no sean confiables debido a un problema en el sistema de medición y si no se confía en los datos no se puede tener confianza en los resultados del proceso. El objetivo de este artículo es validar el método de medición que se tiene para la revisión de un producto, se realiza mediante un análisis R&R. Así mismo, una vez evaluado el método se realiza un estudio de capacidad para evaluar la variación natural en el proceso de manufactura de cajas de cartón para empaque.

**Palabras claves**—calidad, producción, Análisis R&R, estudio de capacidad.

## Introducción

Todo proceso de manufactura debe tener como prioridad entregar productos de calidad, es común que la ambición por la productividad permita que la calidad sea vista como un impedimento al ser la encargada de cuidar los procesos y evaluar resultados en base a lo estadístico para determinar la efectividad de un proceso, de manera que la calidad tiene por objetivo brindar al cliente un producto que contenga las características y especificaciones requeridas. Para mantener bajo control los procesos y asegurar calidad en los productos se tiene una amplia gama de herramientas, de las cuales serán estudiadas dos: Estudio R&R e índice de capacidad de proceso.

Un estudio de repetibilidad y reproducibilidad tiene por objeto reducir la variabilidad de un proceso analizando el método de medición y las diferentes personas que efectúan las mediciones, con el fin de tener una mejor exactitud en las mediciones y de esta manera tener confianza en que los datos que nos proporciona el proceso son fiables. Un artículo publicado en 2015 presenta una problemática donde la detección de defectos en envases depende de atributos físicos o dimensionales, “determinar los defectos de atributos es más complejo aún ya que el método de control está asociado al criterio visual de cada empacador. [...] Se debe aplicar un concepto o criterio objetivo al momento de decidir si un envase debe ser aprobado o rechazado” (Rodríguez Barragan, 2015). Tras realizar el estudio R&R, el autor comparte resultados en los que se puede destacar que se tomaron decisiones para definir intervalos de capacitación al personal que analiza los envases, así como complementar el análisis con la ayuda de un estudio de índice de capacidad. Un sistema de medición defectuoso puede potencialmente ocasionar problemas al tratar de determinar una causa raíz, así como un incremento en la tasa de desperdicios sin mencionar los rechazos y quejas de cliente al no cumplir con la calidad del producto.

La variabilidad no se puede eliminar, por tanto, durante un proceso se debe permitir una tolerancia, sin embargo, se debe tener en cuenta el impacto que tiene la variabilidad para de esta manera trabajar dentro de las especificaciones requeridas, entonces un análisis de índice de capacidad será de ayuda para monitorear el comportamiento de la variación natural del proceso. En el artículo de Mosquera-Artamonov (2014) publicado en la revista chilena de ingeniería se llevó a cabo un estudio de índice de capacidad a un proceso de inspección a cajas de

<sup>1</sup> Luis Daniel Leal Escobedo es estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua [al153961@alumnos.uacj.mx](mailto:al153961@alumnos.uacj.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. [luis.picon@uacj.mx](mailto:luis.picon@uacj.mx)

<sup>3</sup> El Dr. Luis Carlos Méndez González es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. [luis.mendez@uacj.mx](mailto:luis.mendez@uacj.mx)

<sup>4</sup> El Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. [ivan.perez@uacj.mx](mailto:ivan.perez@uacj.mx)

productos médicos. Durante el estudio se utilizaron herramientas estadísticas y software que contribuye a la correcta ejecución del análisis. Los resultados del análisis fueron desfavorables, según el mismo autor “En la evaluación del proceso se determinó que el proceso no tiene capacidad para cumplir con los límites de control [...] se recomienda aumentar el nivel de [...] inspección analizar nuevamente los datos recolectados para determinar el efecto del cambio del plan de muestreo.”

**Método**

En la Figura 1 se presenta un diagrama de actividades, el cual plantea el orden del procedimiento a seguir para realizar con éxito los estudios R&R e índice de capacidad.

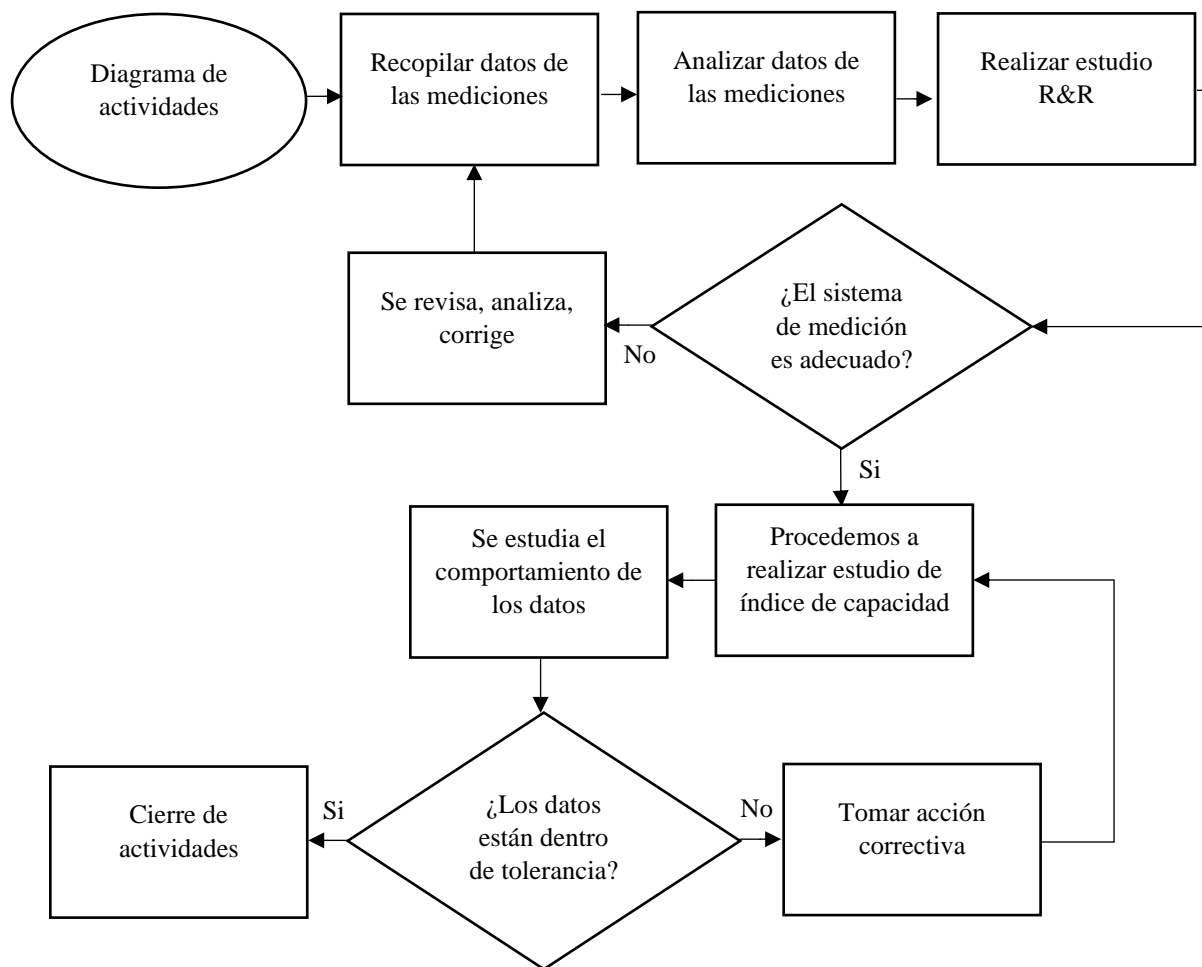


Figura 1. Diagrama de actividades a realizar

**Descripción de actividades a realizar:**

Recopilación de datos: La información que se considere relevante se recopilará en una hoja de cálculo, datos que cumplirán la función de sustentar la hipótesis de que se debe evaluar el sistema de medición actual.

Analizar datos: Una vez que se tiene el historial de datos, se analiza para encontrar la cantidad de piezas defectuosas debido a las dimensiones y en efecto afirmar que se debe realizar un estudio en el sistema de medición.

Realizar estudio R&R: Se realizará un análisis de repetibilidad y reproducibilidad para evaluar y determinar el estado actual del sistema de medición por parte de las personas involucradas en este proceso.



¿El sistema de medición utilizado es adecuado?: Si el estudio demuestra que el sistema de medición es adecuado, se procede a realizar el estudio de índice de capacidad. Por otra parte, si el resultado del estudio corrobora que se cuenta con un sistema de medición deficiente, se debe evaluar el sistema actual, corregir y arreglar las deficiencias. Una vez hechos los cambios se debe repetir los pasos anteriores hasta que se obtenga un resultado aceptable en el estudio R&R.

Estudio de índice de capacidad: Una vez que se obtengan resultados favorables en el análisis R&R, se procede a realizar un estudio de capacidad para monitorear la variación natural de las piezas durante el proceso.

Comportamiento de los datos: Se revisan los resultados del estudio de índice de capacidad

Datos dentro de tolerancia: si los datos se encuentran dentro de los límites de tolerancia del proceso, se procede a terminar las actividades, ya que el proceso está cumpliendo con la calidad deseada. De no ser este el caso, y se presenten resultados negativos en el estudio, se deberá tomar alguna acción correctiva y volver a realizar un estudio de capacidad hasta que este demuestre cumplir con la calidad del proceso deseada.

### Estudio R&R

El plan de trabajo se realizó de acuerdo al diagrama de actividades, para el estudio R&R se llevó a cabo una recopilación de datos en una hoja de cálculo, con la finalidad de contar con un historial de desperdicios debido a que el material no cuenta con las dimensiones requeridas, a partir de este punto se procede a realizar un estudio de repetitividad y reproducibilidad en base a la hipótesis de que no se cuenta con un sistema de medición óptimo, hipótesis respaldada por la información previamente recabada.

Para el estudio se utilizaron 10 piezas, a las cuales 3 operadores midieron un total de 3 veces para obtener finalmente 90 mediciones. A cada operador se le asignó de manera aleatoria una pieza y con ayuda de un flexómetro tomaba la medida del ancho de la pieza, como se puede ilustrar en la figura 2, dimensión considerada crítica pues de no cumplir con la medida requerida al armar la pieza esta no cierra totalmente, causando la inconformidad del cliente. Posteriormente se procedía a recolectar la medida que el operador obtuvo de la pieza en una hoja de cálculo, una vez obtenidas las 90 mediciones, con la ayuda del software Minitab se realizó la revisión del sistema de medición mediante un ANOVA cruzado, de esta manera con los resultados arrojados por el análisis se procedió a la interpretación de gráficos e información proporcionada.

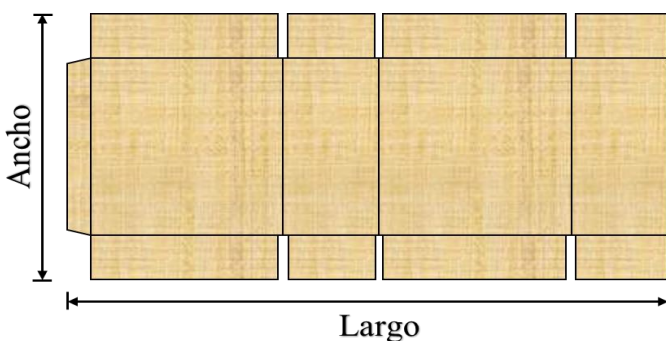


Figura 2. Ancho y largo de la pieza

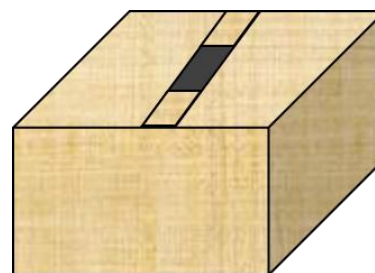


Figura 3. Ejemplificación de pieza defectuosa

Un primer análisis R&R concluyó con resultados desfavorables, no rechazando la hipótesis planteada en un inicio de que el sistema de medición con que se contaba no es apto, requiere ser corregido y se asume entonces que no se puede confiar en las mediciones obtenidas y se debe trabajar en mejoras del sistema para poder evaluar el rendimiento del proceso. De esta manera fue necesario hacer una revisión y corrección del método de medición para realizar un segundo análisis R&R, claro está, si aun después de realizar mejoras así como un segundo análisis, los resultados continúan demostrando que el sistema de medición no es capaz de evaluar el rendimiento del proceso, será necesaria la búsqueda

de mejoras, recolección de datos y otro análisis de repetitividad y reproducibilidad, este ciclo será repetido hasta que el sistema de medición sea preciso, de igual manera que este dentro de lo aceptable según los parámetros del AIAG.

Como mejoras para lograr un sistema de medición confiable, se trabajó en una capacitación; se enseñó a los operadores encargados de efectuar las mediciones la forma correcta para la toma de medidas, de que extremo a que extremo, así como un repaso general de las partes que constituyen la pieza, cuales son las medidas que pueden considerarse críticas y las acciones a tomar en caso de encontrar irregularidades en el material. Uno de los puntos más importantes en los que se trabajo fue con el uso y la condición en que se encontraba la herramienta de medición, el flexómetro. Durante la toma de las primeras medidas de las piezas fue notorio el cambio en la manipulación del instrumento, de operador a operador, e incluso el mismo operador entre cada cambio de pieza, desde un juego con la holgura que posee el tope de la cinta, hasta operadores que median las piezas a partir de un punto en la cinta métrica. En cuanto a lo que se refiere al estado del instrumento, se observó que se genera un desgaste en la cinta métrica debido al constante uso, como consecuencia las medias en la cinta se vuelven menos visibles y se dificulta apreciar el valor que resulta al tomar una medida. Así como en la cintra métrica, también se observó en el tope o gancho de la cinta que se encontraba golpeada y con una leve curvatura que podría estar explicando la variación en las medidas obtenidas. Se trabajó en dar capacitación sobre el uso del flexómetro, las partes que componen al instrumento así como la correcta manipulación de este para una correcta toma de medidas, en cuanto al estado de la herramienta de medición, fue posible asignar flexómetros nuevos a los operadores, e incluso se realizaran inspecciones de los instrumentos medición cada cierto tiempo para evitar este tipo de problemas en un futuro.

Por último se realizó una instrucción de trabajo con la finalidad de reforzar la capacitación que previamente fue expuesta a los operadores, de igual manera para contar con un documento con el método estandarizado en caso de cualquier tipo de imprevisto. Una vez realizadas las acciones correctivas se procedió a realizar un segundo estudio R&R para evaluar método de medición; se realizó de la misma manera que el primer estudio, 10 piezas, 3 operadores, 3 repeticiones para un total de 90 mediciones, con los datos recopilados pasamos al software Minitab y se realizó un análisis de varianzas, finalmente se interpretó la información resultante.

**Tabla ANOVA dos factores sin interacción**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
parte	9	1.95778	0.217531	966.498	0.000
operador	2	0.00022	0.000111	0.494	0.612
Repetibilidad	78	0.01756	0.000225		
Total	89	1.97556			

Figura 4. Tabla ANOVA dos factores sin interacción

El segundo análisis que se realizó obtuvo resultados favorables, Comenzando con el análisis de la tabla ANOVA (figura 4), sin embargo, antes de cualquier interpretación, las piezas utilizadas para realizar el estudio, muestran un rango natural de variación en el proceso, es decir que se pude conocer si una pieza es aceptable o por el contrario es una pieza defectuosa, de esta manera se espera que la parte sea siempre una fuente significativa de variación, caso contrario al operador en el que se espera que este no sea una fuente significativa de variación. Partiendo de este punto, se realiza una prueba de hipótesis con un nivel de significancia de 0.05 para entonces llegar a una conclusión en la cual el operador si es una fuente de significancia mientras que las partes no son una fuente de significancia de variación, tal y como se deseaba al inicio del análisis.

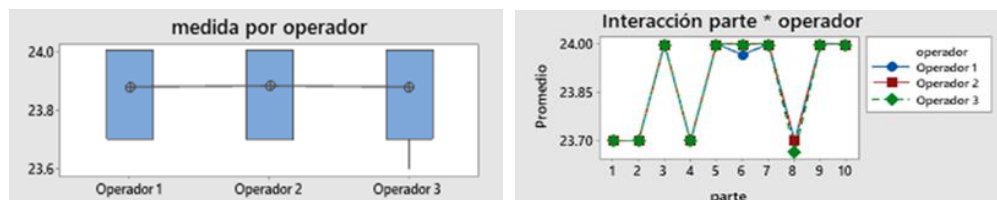


Figura 5. Gráficos de informe del análisis R&R efectuado

De los distintos gráficos que resultan de analizar un estudio R&R, se tomaron los dos mostrados en la figura 5, los cuales son sencillos de interpretar a simple vista y muestran el comportamiento de los datos. El primer caso, un diagrama de caja en el cual nos presenta la amplitud de distribución de datos así como la uniformidad de medias, y

precisamente se puede ver como la línea pasa por las medias de las cajas casi en un mismo punto, con una ligera variación en el segundo operador, a pesar de esta última mención, el comportamiento de las medias es muy similar en los distintos puntos que conecta. En el segundo diagrama se puede apreciar la interacción parte por operador, donde los datos tienen un comportamiento muy similar y solo es en dos ocasiones donde se muestra que hubo una variación en las mediciones que causo puntos fuera del patrón que se tiene.

**Evaluación del sistema de medición**

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
Gage R&R total	0.015002	0.090014	9.61	15.00
Repetibilidad	0.015002	0.090014	9.61	15.00
Reproducibilidad operador	0.000000	0.000000	0.00	0.00
Parte a parte	0.155387	0.932321	99.54	155.39
Variación total	0.156109	0.936657	100.00	156.11

Número de categorías distintas = 14

Figura 6. Evaluación del sistema de medición

La información proporcionada en la tabla de evaluación del sistema de medición nos permite, en cuestión de porcentajes, saber cuánto contribuye de variación el sistema de medición con el que se cuenta, para este caso observamos un 9.6% de variación total el cual, según la categorización utilizada por el AIAG se considera aceptable, dentro de un rango de 0 a 10% el sistema es totalmente capaz de evaluar el rendimiento del proceso.

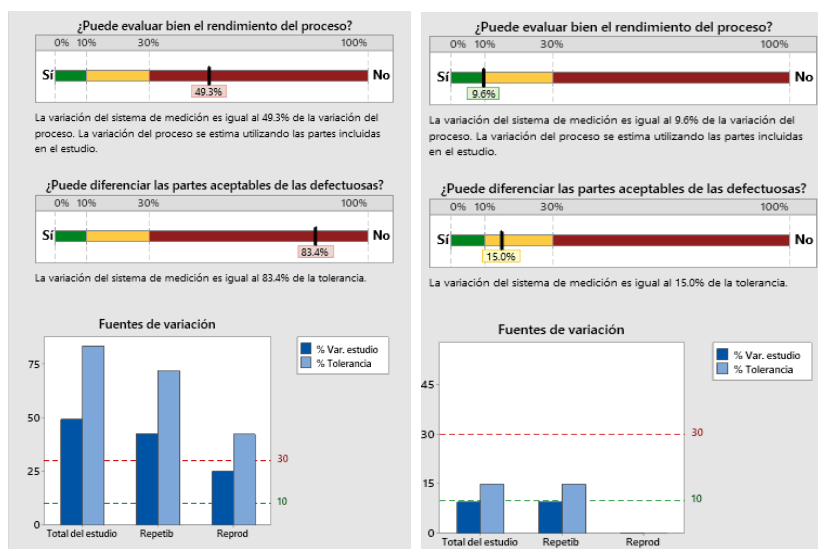


Figura 7. Comparación de resultados entre análisis R&R

El segundo análisis R&R concluyó de manera positiva, como se observa en la figura 7 de una forma muy intuitiva, por el lado izquierdo tenemos los resultados obtenidos en el primer análisis, el cual no era óptimo para evaluar la capacidad del proceso, con un porcentaje de contribución realmente muy alto incluso encima de lo considerado marginal, de igual manera se logra apreciar que tanto la reproducibilidad como la repetitividad son fuentes significativas de variación. Los resultados obtenidos en el segundo análisis, muestran no solo una muy significativa disminución del porcentaje de contribución por variación, también demuestra que con las mejoras aplicadas al sistema de medición fue capaz de estar bajo el 10% establecido por el AIAG para considerar que el sistema tiene la capacidad de evaluar el rendimiento del proceso. A pesar de los favorables resultados, es recomendable trabajar en más acciones para incrementar la efectividad del sistema de medición, pues también se puede apreciar el problema detectado en la figura 6, existe un 15% de contribución de variación debido a la repetibilidad, por lo que, se recomienda trabajar en alguna mejora que logre hacer más fiable el sistema de medición.

## Índice de capacidad

Con un sistema de medición confiable, el siguiente paso fue el realizar un estudio de capacidad para monitorear el comportamiento de la variación natural del proceso. Para esta labor fue necesaria la recolección de datos para posteriormente introducirlos al programa Minitab y entonces obtener conclusiones en base al resultado. Durante la recolección de datos se presentó un factor que provocó una variación en las medidas de la piezas, la velocidad de operación de la máquina. Se trabajó el proceso con 3 cambios de velocidad, en los cuales las piezas tendían a cambiar ligeramente su medida, siendo la velocidad que puede ser considerada la intermedia, la cual mantuvo a las piezas con la medida óptima. Al realizar el análisis en Minitab el primer punto a tomar en cuenta es que no hay un a normalidad en los datos, los indicadores a largo plazo muestran que el proceso potencialmente saldrá de la tolerancia permitida por el límite superior. Para controlar el proceso será necesaria la estandarización de la velocidad, un parámetro de velocidad debe ser implementado, sin embargo, los datos obtenidos mediante la recolección están dentro de la tolerancias permitida por lo que esta mejora será considerado un proyecto a futuro.

## Comentarios finales

### *Resumen de resultados*

El estudio estuvo enfocado en la evaluación del sistema de medición, se realizaron un total de dos análisis R&R, el primero demostró que el sistema de medición no era confiable, por lo que se precedió a realizar mejoras, las cuales fueron: capacitación al operador, capacitación al operador sobre el uso de la herramienta de medición condiciones del instrumento, y una instrucción de trabajo para la revisión de piezas. Posterior a las mejoras se realizó un segundo análisis de repetibilidad y reproducibilidad en el cual se demuestra una mejora significativa con respecto al primer análisis, así como clasificar como apto para evaluar el rendimiento del proceso según la AIAG.

Después de haber obtenido un resultado positivo en el estudio R&R, se prosiguió a un análisis de capacidad, en el que a pesar de por el momento encontrarse los datos dentro de la tolerancia, los datos están cerca de los límites, los indicadores a largo plazo indican que el proceso saldrá del límite superior. La mejora y acciones para corregir el problema que potencialmente puede suceder serán de igual manera contempladas como un proyecto a futuro.

### *Conclusiones*

Como se formuló en un inicio era de suma importancia la revisión del sistema de medición, pues después de haber concluido el primer análisis R&R, fue evidente que no se podía confiar en las mediciones obtenidas, no se era capaz de medir la eficiencia de un proceso hasta que el sistema fuera corregido. Fue entonces la capacitación y la revisión de las condiciones del estado del instrumento de medición, las mejoras que se implementaron y de acuerdo a al segundo estudio, fueron significativamente efectivas para la mejora del sistema de medición. Es recomendable la búsqueda de mejora pues aún existe la posibilidad de reducir más el índice de contribución de variación del sistema de medición. Con respecto al índice de capacidad, era necesario saber que los datos obtenidos eran de calidad, datos confiables, por esta razón era necesario evaluar el sistema de medición antes de realizar el siguiente paso. Como se argumentó en el apartado anterior, los datos están dentro de la tolerancia permitida, sin embargo, se tiene certeza debido a los indicadores a largo plazo que el proceso eventualmente presentara medidas que rebasaran el límite superior permitido. En este caso, la acción correctiva de más peso es la estandarización de un parámetro de velocidad en la cual las piezas se mantengan con una medida más acercada a la requerida, esta acción será trabajada como una mejora futura.

### *Referencias bibliográficas*

Mosquera-Artamonov, J. D. (2014). Diagnóstico del proceso de inspección mediante índices de capacidad. *Revista chilena de ingeniería*, vol. 22 N° 1, 53-61.

Rodriguez Barragan, E. (2015). Analisis del sistema de medicion mediante estudio de repetibilidad y reproducibilidad en Schott Envases Farmaceuticos SAS. *Fundacion Universitaria Los Libertadores*,26

*Grupo de Acción de la Industria Automotriz (AIAG)*. Fundada en 1982 por los tres OEMS automotrices más grandes de América del Norte, AIAG es una organización sin fines de lucro única en la que las empresas de las industrias de la movilidad han trabajado en colaboración para reducir los costos y la complejidad en la cadena de suministro. Promueve objetivos principalmente mediante la publicación de estándares y la oferta de conferencias y capacitación educativas.

## Relación entre Resultados en el Examen de Selección a Educación Superior y Planteles de Procedencia de los Aspirantes

M. en C. Irma Yolanda León Castelazo<sup>1</sup>, M. en C. Fabiola Velázquez Alonso<sup>2</sup>  
Nancy Yarely López Juárez<sup>3</sup> y Norma Yolanda Rodríguez Islas<sup>4</sup>

**Resumen** — Se presenta un análisis estadístico para determinar si existe correlación entre los resultados obtenidos por los aspirantes a ingresar al Instituto Tecnológico de Pachuca en el examen de selección Exani II con el tipo de institución de educación media superior de procedencia. Se realizó la recopilación y el análisis de información proporcionada por el Ceneval y la obtenida en el instituto. En cada caso se utilizó el valor promedio registrado (ICNE), ubicándolos de manera general en tres bloques o niveles. Con apoyo de datos obtenidos del análisis del contexto y del estudio adicional realizado en el instituto, se clasificó la información de acuerdo con las escuelas de procedencia, enfatizando en las de mayor incidencia. El análisis de los resultados mostró una relación lógica, aunque más puntual y, sobre todo, la necesidad de un acercamiento a instituciones de nivel medio superior para buscar fortalecer los procesos de ambos niveles educativos.

**Palabras clave**— Exani II, ICNE, propedéutico, bachillerato bivalente

### Introducción

El Instituto Tecnológico de Pachuca (ITP), como toda institución de educación superior, enfrenta los retos que impone la demanda de profesionistas actualizados en su área de formación y competentes para desarrollarse en el ámbito laboral. Pero también se debe responder a los cambios que la evolución social establece reflejada en formas de actuar, costumbres, herramientas y también distractores y problemáticas diversas de los estudiantes.

Una de las percepciones coincidentes de los profesores de licenciatura y, principalmente de ingeniería es la falta de correspondencia entre los antecedentes académicos de muchos estudiantes y los requeridos para cumplir adecuadamente con los programas de estudio y lograr promover las competencias establecidas en ellos. Esta situación se visualiza desde el primer semestre y al no existir una situación remedial, se acrecienta a lo largo de su trayectoria en la institución.

Al ser esta una situación común y complicada, profesores e investigadores de las instituciones educativas buscan estrategias que permitan aplicar acciones oportunas para mejorar el desempeño de los estudiantes. Esto implica el análisis de la situación inicial; esto es, de los resultados del examen de selección y en algunos casos las calificaciones del nivel antecedente.

Se han publicado estudios enfocados en el análisis de los factores personales, familiares y socioeconómicos que inciden en el resultado del examen de admisión a estudios de licenciatura. (Guzmán y Serrano, 2011). Otros autores han centrado su trabajo en la relación entre el aprovechamiento académico en la carrera y el puntaje obtenido en el examen de ingreso (Wong, Banda, Medina y Cruz, 2017), (Rodríguez y Gómez, 2010), (Gómez, Rosales, Marín, García y Guzmán, 2012), (Chaín, Cruz, Martínez y Jácome, 2003), (Castaño, 2008).

Aportaciones importantes han hecho énfasis en la predicción del desempeño en licenciatura con base en el examen de ingreso (Chávez, Castillo y Gamboa, 2008) y Gómez, et al. (2018) presentan un modelo predictivo para el desempeño en el área de matemáticas en ingeniería, con la misma base.

Por otro lado, se ha documentado también cierta relación entre el desempeño en la licenciatura y la escuela de procedencia (Arias, Chávez y Muñoz, 2006), (Cu Balán, 2005). Esta relación parecería importante, dado que las competencias previas de los estudiantes de primer semestre y algunas de semestres superiores se adquirieron en el nivel medio superior.

En este trabajo se establece la relación entre los resultados en el examen de selección de los aspirantes a ingresar a las carreras de ingeniería del ITP y las instituciones de nivel medio superior de procedencia. Esto da pauta para ubicar estrategias de mejora que disminuyan las desigualdades académicas que inciden en el puntaje obtenido.

<sup>1</sup> Irma Yolanda León Castelazo es profesora de Ingeniería Química y coordinadora de investigación educativa del Instituto Tecnológico de Pachuca. [irma.lc@pchuca.tecnm.mx](mailto:irma.lc@pchuca.tecnm.mx) (autor corresponsal).

<sup>2</sup> Fabiola Velázquez Alonso es profesora de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Pachuca [fabiola.va@pachuca.tecnm.mx](mailto:fabiola.va@pachuca.tecnm.mx)

<sup>3</sup> Nancy Yarely López Juárez es estudiante de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Pachuca [nancy.lj@pachuca.tecnm.mx](mailto:nancy.lj@pachuca.tecnm.mx)

<sup>4</sup> Norma Yolanda Rodríguez Islas es estudiante de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Pachuca [norma.ri@pachuca.tecnm.mx](mailto:norma.ri@pachuca.tecnm.mx)

Una clasificación de las instituciones de educación media superior las ubica en tres campos: cultura general, preparación para continuar la educación superior y formación para el trabajo (Villa, 2010). De manera coincidente, para Benítez, Ramos y González (2015) las instituciones de educación media superior existentes en México se pueden clasificar dentro de las tres categorías siguientes:

- a) Universitario (Núcleo Propedéutico): Consolidan conocimientos adquiridos en secundaria y preparan al alumno en todas las áreas del conocimiento general.
- b) Tecnológico (Núcleo Bivalente): Preparan al alumno para que se integre en los campos productivos y para continuar estudios a nivel superior.
- c) Profesional Medio: Capacitan al alumno en actividades productivas y de servicios para incorporarse al mercado laboral. Establecen vínculos con el sector productivo.

La Tabla 1 muestra esta clasificación para las escuelas de nivel medio superior del estado de Hidalgo.

Tabla 1. Clasificación de Instituciones de nivel medio superior en el estado de Hidalgo

Tipo de bachillerato	Denominación
<b>Educación Media Superior Universitaria (Núcleo propedéutico)</b>	Colegio de Bachilleres (COBAEH)
	Preparatorias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)
	Bachilleratos estatales (BEH)
	Preparatorias federales por cooperación (Prefeco)
	Preparatorias particulares
	Centro de Estudios de Bachillerato (CEB)
<b>Educación Media Superior Tecnológica (Núcleo bivalente)</b>	Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTis)
	Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Hidalgo (CECyTEH)
	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA)
	Centros de Estudios Tecnológicos Industriales y de Servicios (CETIS)
<b>Educación Profesional Media</b>	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep)
	Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (Cecati)

### Descripción del método

Se realizó una investigación cuantitativa, con enfoque descriptivo. Se estudió una muestra de 4190 aspirantes, población que corresponde a los solicitantes a ingresar a las Ingenierías Civil, Gestión Empresarial, Sistemas Computacionales, Industrial, Mecánica y Química, ofrecidas en el ITP, durante periodos comprendidos entre 2017 y 2020.

Las fuentes de información consideradas en el estudio fueron:

- Los resultados del examen de selección Exani II proporcionados por el Centro Nacional de Evaluación (Ceneval). Se consideró el promedio obtenido y reportado como índice Ceneval (ICNE).
- Una encuesta realizada por el Departamento de Desarrollo Académico a cada aspirante en el momento de realizar su preregistro al examen. A través de este instrumento se obtuvo información sobre la escuela de procedencia, el número de escuelas en las que presentaría examen y la opción que representa el ITP para el aspirante (primera o alguna otra).

Los análisis se realizaron en tres fases:

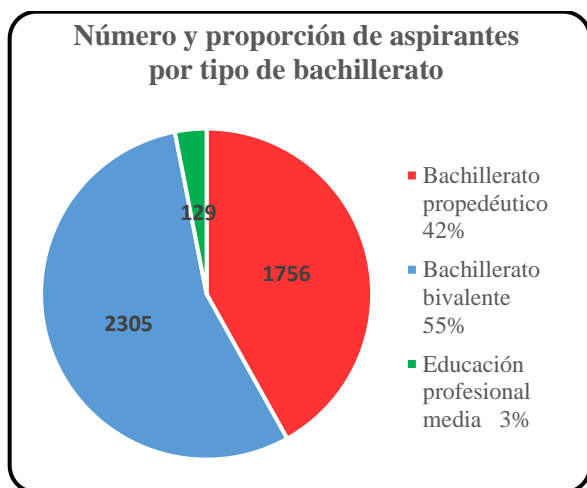
- 1) Por tipo de bachillerato
- 2) Por denominación de la escuela que resultara de interés.
- 3) Por plantel específico de la escuela con mayor número de egresados interesados en ingresar al ITP.

En los tres casos se analizaron los resultados por volumen de solicitudes y por resultados en el Exani II del Ceneval.

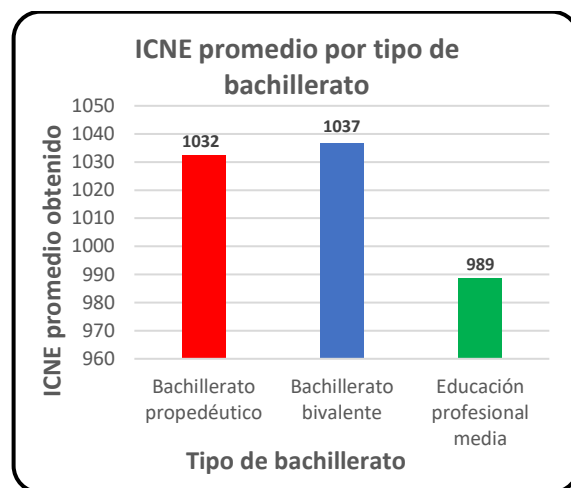
## Análisis de resultados

### *Análisis por tipo de bachillerato*

- Número y proporción de aspirantes. Con base en la clasificación propuesta por Benítez et al. (2015) adaptada según el cuadro 1, se obtuvieron los datos mostrados en la Figura 1. Se observa que en términos globales hay una mayor aportación de aspirantes que egresan de bachillerato bivalente, aunque no muy diferente a la de núcleo propedéutico, sin embargo, la de educación profesional media es muy baja, lo que es entendible por el número limitado de planteles y porque su propósito está más dirigido a la capacitación para que los egresados se incorporen a los centros de trabajo.
- Resultados promedio en el Exani II. A partir de los índices obtenidos, que el Ceneval establece entre 700 y 1300 puntos, la Figura 2 muestra que los egresados de bachillerato de núcleo bivalente, tienen un mayor promedio general.



**Figura 1.** Aspirantes por tipo de bachillerato



**Figura 2.** Promedio del ICNE de los aspirantes en el Exani II por tipo de bachillerato

Observamos que entre el bachillerato bivalente y el propedéutico hay poca diferencia, incluso, en un desglose adicional (no mostrado en este artículo) se observa que algunas preparatorias particulares y algunas otras incorporadas a la UAEH superan a varias escuelas bivalentes. Sin embargo, un análisis más profundo realizado considerando lo contestado en la encuesta realizada a los aspirantes muestra que la mayoría de los egresados de esas preparatorias tienen al ITP como una opción secundaria y muchos ya no se inscriben o desertan en el primer semestre. Concluyendo en este punto queda demostrado que nuestro mercado principal se encuentra todavía en los bachilleratos bivalentes. Por tanto, se repite el análisis anterior con estas escuelas.

### *Análisis por escuelas de bachillerato bivalente de procedencia*

- Número y proporción de aspirantes. Un análisis por escuelas de procedencia, realizado únicamente a escuelas de bachillerato bivalente se muestra en Figura 3. Se observa que los CBTis aportan el 72% de aspirantes a ingresar al ITP, Seguidos por los CECyTEH con 18%, y aunque todos merecen atención, éstos dos con mayor cuidado.
- Resultados promedio en el EXANI II. En la Figura 4 se observan los resultados de los aspirantes en el examen de selección. Se observa de manera notoria que el mejor índice promedio corresponde a los aspirantes de los CBTis, y resultados similares entre los CECyTEH y los CTIS.

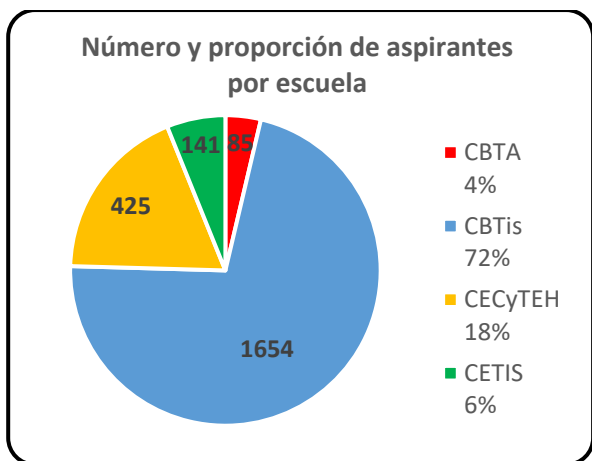


Figura 3. Aspirantes por escuela de bachillerato bivalente

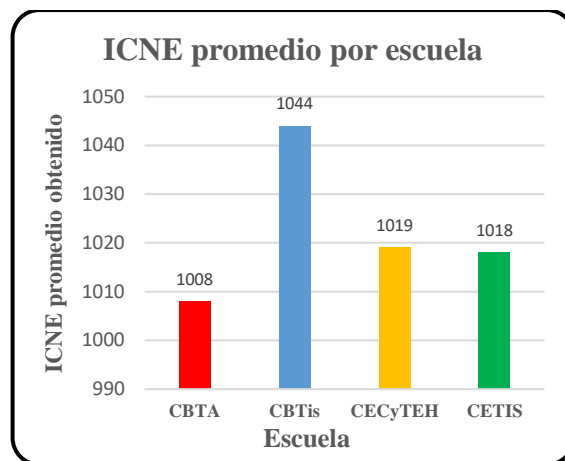


Figura 4. Promedio del ICNE de los aspirantes en el Exani II por escuela

### Análisis por plantel de procedencia

De acuerdo con lo mostrado en la sección anterior, se analizó la situación del CBTis por plantel existente en la región, en el mismo sentido y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Número y proporción de aspirantes. De 13 planteles de los cuales provienen los aspirantes a ingresar, 2 de ellos presentan cantidades mínimas y solo en algunos periodos; el total no alcanza el 0.1% de los cuantificados, por lo tanto, solo se consideran aquí los 11 restantes.

La Figura 5 muestra que de los 1044 aspirantes provenientes de planteles específicos denominados CBTis, el que mayor número de egresados solicitan ingreso en el ITP con 31% de ellos es el 222, ubicado en la cd, de Pachuca, seguido del 83, de Actopan Hgo y del 8 también de Pachuca, con 23% y 18% de egresados respectivamente. Merecen también atención los CBTis 199 de Mixquiahuala, 5 de Zacualtipán, 59 de Tepeapulco, 179 de Tulancingo y 218 de Tlaxcoapan; que presentan 9%, 5%, 4.3%, 3.6% y 3.6% respectivamente.

- Resultados promedio en el EXANI II. En este sentido y como se observa en la Figura 6, los mejores resultados son del CBTis 59 de Tepeapulco, seguido de cerca por el 222 de Pachuca y poco después 199 de Mixquiahuala. Un poco más abajo el 5 de Zacualtipán, el 83 de Actopan y el 8 de Pachuca.

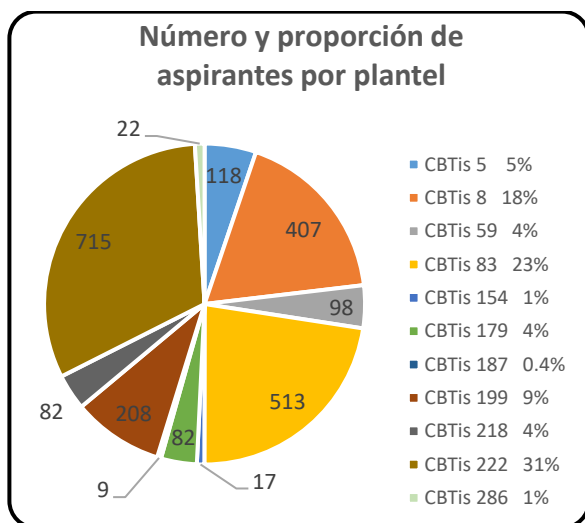


Figura 5. Aspirantes por plantel

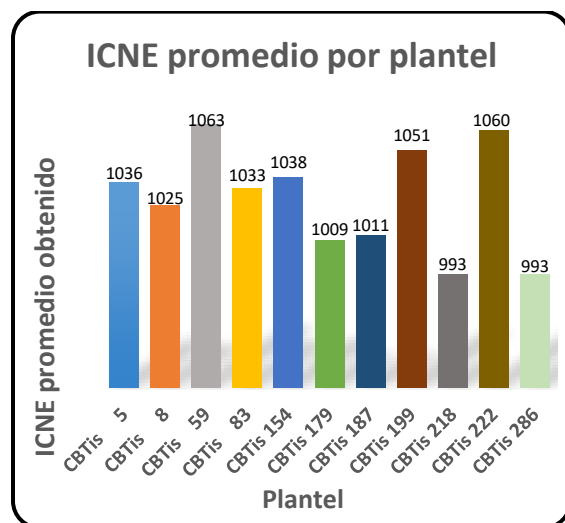


Figura 6. Promedio del ICNE de los aspirantes en el Exani II por plantel



Las dos gráficas anteriores se resumen en la Figura 7. En ésta se observa el comparativo entre planteles en los dos aspectos comentados anteriormente.

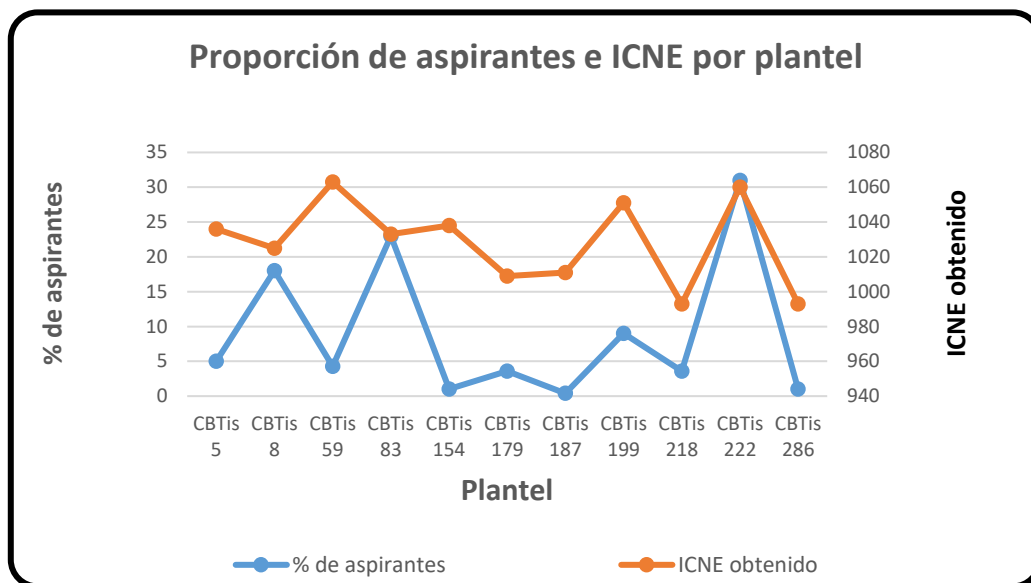


Figura 7. Proporción de aspirantes a ingresar y promedio del ICNE obtenido en el Exani II por plantel

### Conclusiones

El análisis realizado muestra que, realmente y como ya se intuía por las estadísticas generales existentes, las instituciones que alimentan de clientes al ITP son principalmente las que ofrecen perfiles bivalentes y de ellas en mayor proporción los CBTis, seguidos de CECyTEH. En estas escuelas, como todas las de núcleo bivalente, la preferencia por una carrera normalmente está relacionada con la carrera técnica estudiada, sin ser esto definitivo, ni tampoco asegura una buena información u orientación. Lo anterior motiva a analizar y continuar o replantear los esquemas de promoción de la oferta educativa del ITP.

En cuanto a los resultados en el examen de admisión, el promedio general en todos los casos no es el óptimo, aunque el ITP tiene como único criterio de selección este examen y admite solo a los mejores. A partir de esto y como parte del sistema educativo nacional y principalmente de esta región, surge la preocupación de que una gran cantidad de jóvenes no accedan a la educación superior por los resultados no satisfactorios en esta prueba.

Por tanto, estos resultados deben llevar al ITP a generar estrategias de realimentación a las instituciones de educación media superior con elementos que sirvan de apoyo para la mejora de sus procesos educativos.

### Referencias

Arias, F., Chávez, A. y Muñoz, I. (2006). El aprovechamiento previo y la escuela de procedencia como predictor del aprovechamiento futuro: un caso. *Enseñanza e investigación en Psicología*, 11(1), 5-22.

Benítez M. G., Ramos A. E. y González C. (2015). Influencia de los Antecedentes Académicos para el Ingreso en una Universidad Pública Mexicana: Un Estudio de Caso. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 13(3), 107-119

Castaño, J. (2008). Correlación entre criterios de admisión y desempeño académico en estudiantes de la facultad de Medicina de la Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.

Chain, R., Cruz, N., Martínez, M. y Jácome, N. (2003). Examen de selección y probabilidad de éxito escolar en estudios superiores. Estudio en una universidad pública estatal mexicana. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(1), 1-17. Recuperado el 12 de mayo de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412003000100005&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412003000100005&script=sci_abstract&tlng=en)

Chaves, E., Castillo, M. y Gamboa, R. (2008). Correlación entre el examen de admisión y el rendimiento en el primer año de la carrera Enseñanza de la Matemática en la UNA. *Revista Electrónica Educare*, 12(2), 65-80.

Cu Balan, G. (2005). El impacto de la escuela de procedencia del nivel medio superior en el desempeño de los alumnos en el nivel universitario. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 3(1), 764-769.

Gómez, A., León, Y., López, N., Islas, C. y Ortiz, N. (2018). Rendimiento académico de estudiantes de Ingeniería en el área de matemáticas. Caso: Sistemas Computacionales. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, 4(14), 13-23.

Gómez, V., Rosales, S., Marín, G., García, J. y Guzmán, J. (2012). Correlación entre el examen de selección y el rendimiento académico al término de la carrera de Medicina. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 26(4), 502-513.

Guzmán, C. y Serrano, O. V. (2011). Las puertas del ingreso a la Educación Superior: el caso del concurso de selección a la licenciatura de la UNAM. *Revista de la Educación Superior*, 40(157), 31-53.

Rodríguez, M. y Gómez, V. (2010). Indicadores al ingreso en la carrera de Medicina y su relación con el rendimiento académico. *Revista de la Educación Superior*, 39(153), 43-50.

Villa, L. (2010) *La educación media superior: su construcción social desde el México independiente hasta nuestros días*. México: El Colegio de México.

Wong, J., Banda, H., Medina, J. y Cruz, V. (2017). Análisis de correlación de los resultados obtenidos en el examen de admisión vs el desempeño académico de alumnos de Ingeniería Industrial. *Revista de Docencia e Investigación Educativa*, 3(8), **31-41**.

## Las Finanzas Públicas en los Pueblos Mágicos y Pueblos con Encanto del Estado de México

Dr. en C. E. Fermin Leonel Reyes<sup>1</sup>, Dr. en D. I. Jorge Eduardo Zarur<sup>2</sup>, Dr. en Ed. Raymundo Ocaña Delgado<sup>3</sup>, Dra. en D. Argelia Monserrat Rodríguez Leonel<sup>4</sup> y Mtra. en C. A. D. Ed. María Laura González Santos<sup>5</sup>

**Resumen**--El presente documento describe, la forma como los municipios donde se encuentran los Pueblos Mágicos y Pueblos con Encanto, obtienen sus recursos, su asignación y el comportamiento de los componentes de los ingresos y egresos. En cuanto a los ingresos, los impuestos representan un área de oportunidad que los municipios pueden aprovechar para obtener recursos propios, en atención a las necesidades urgentes que se presenten en la administración pública, ante el retraso de las participaciones federales y aportaciones federales y estatales que representan más del 80% de los ingresos. La importancia que tiene la distribución de la riqueza entre la población a través del pago a los servicios al personal, es indudable, sin embargo, también es importante el gasto en inversión pública para mantener la categoría que sustentan y que en el mediano y largo plazo genere recursos propios, como ejemplo en el pago a catastro, agua potable, alcantarillado, entre otros.

**Palabras clave:** Ingresos, egresos, finanzas públicas, pueblos mágicos pueblos con encanto.

### Introducción

El diario oficial de la federación en su edición 2014 plantea: “Pueblo Mágico, localidad que a través del tiempo y ante la modernidad, ha conservado su valor y herencia histórica cultural y la manifiesta en diversas expresiones a través de su patrimonio tangible e intangible irremplazable y que cumple con los requisitos de permanencia”. (DOF 2014). Estas comunidades provocan el desplazamiento de personas y empresas, aportan un crecimiento económico municipal y fomentan la actividad turística. El Estado de México cuenta con diez pueblos mágicos, en 11 municipios, es decir que Teotihuacán y San Martín de las Pirámides representan uno solo.

El concepto de “Pueblos Mágicos” (PM) es aplicado a un conjunto de comunidades mexicanas las cuales han preservado a lo largo del tiempo su arquitectura, sus costumbres y su historia como parte de su cultura; este término se ha planteado como una etiqueta con la cual los gobiernos municipales pueden solicitar recursos económicos que están destinados a rubros para llevar a cabo obras públicas principalmente.

Además de los PM, en el Estado de México se tienen “Pueblos con Encanto” (PCE) y en la declaratoria en la Gaceta de Gobierno de octubre de 2014 dice: “Que con el objeto de continuar con el reconocimiento a las localidades que han sabido preservar su autenticidad y carácter pintoresco, a través del mejoramiento y rescate de la imagen urbana, poniendo en valor los atractivos turísticos y riqueza cultural, así como incrementar la afluencia de turistas, el Titular del Ejecutivo, a través del Acuerdo de treinta de septiembre de dos mil catorce, publicado en el periódico oficial “Gaceta del Gobierno”, instruyó la emisión de los Lineamientos para declarar “Pueblos con Encanto”.

En el Estado de México reconoce con la denominación de “Pueblos con Encanto”, a las localidades que revaloran atributos, recuperación de paisajes, rescate de la historia, la cultura y la mexicanidad.

Así mismo Nava, Mercado, Vargas y Gómez, mencionan que otro programa más que se ha sobresalido en los últimos años por impulsar al turismo de los municipios del Estado de México, es el que se denomina “Pueblos con Encanto”, que reconoce localidades que revaloran atributos, recuperación de paisajes, rescate de la historia, la cultura y la mexicanidad. Con aportaciones estatales y municipales, se han beneficiado a 22 municipios (Gobierno del Estado de México, 2016), aunque no hay reportes sobre los resultados alcanzados. Cabe mencionar que Tonatico deja de ser PCE para integrarse a PM, lo que alcanzan 21 demarcaciones con esta nominación.

Para llevar a cabo las funciones y actividades relacionadas a la preservación de la arquitectura, costumbres e historia de los PM, así como reconocer el carácter pintoresco y auténtico de los PCE de estas comunidades, es necesario impulsar la actividad turística y crecimiento económico de los municipios donde se encuentran estas

<sup>1</sup> El Dr. en C. E. Fermin Leonel Reyes es Profesor de Tiempo Completo de la Unidad Académica Profesional Cuautitlán Izcalli, UAEM. [fleonelr@uaemex.mx](mailto:fleonelr@uaemex.mx)

<sup>2</sup> El Dr. en C. y A. D. Jorge Eduardo Zarur Cortés es Profesor de Tiempo Completo del Centro Universitario UAEM Zumpango. [jezarur@uaemex.mx](mailto:jezarur@uaemex.mx)

<sup>3</sup> El Dr. en Ed. Raymundo Ocaña Delgado es Profesor de Tiempo Completo del Centro Universitario UAEM Zumpango. [rocanad@uaemex.mx](mailto:rocanad@uaemex.mx)

<sup>4</sup> La Dra. en D. Argelia Monserrat Rodríguez Leonel es Técnico Académico de Tiempo Completo del Centro Universitario UAEM Valle de México. [amrodriguez1@uaemex.mx](mailto:amrodriguez1@uaemex.mx)

<sup>5</sup> El Mtra. en C. A. D. Ed. María Laura González Santos es Profesora de Tiempo Completo de la Unidad Académica Profesional Cuautitlán Izcalli, UAEM. [lgonzalezs@uaemex.mx](mailto:lgonzalezs@uaemex.mx)

comunidades. Para ello, es necesario analizar las fuentes y uso de los recursos públicos municipales, que fomente e impulsen a esta actividad económica.

Las finanzas públicas son las operaciones del Gobierno para obtener y administrar ingresos que reciben de los contribuyentes, ingresos y por la venta de bienes y servicios públicos, estos son destinados para pagar los gastos públicos, desarrollar la economía de un país, el control democrático de sus operaciones, pagar la deuda pública, entre otros. (León, 2015).

Los ingresos públicos en México, se generan por impuestos, derechos, productos, aprovechamientos, contribuciones de mejoras; la venta de bienes y servicios de empresas de participación estatal y por aportaciones de seguridad social. (Amieva, 2004).

La eficacia en el manejo del gasto público, está estrechamente relacionada con el desarrollo de la vida social, económica y política de los pueblos y de las naciones, por lo que es una de las actividades de la administración pública que actualmente atraen mucho la atención en todos los países. Las implicaciones macroeconómicas son trascendentes en el desarrollo de un país, por lo que es muy importante el manejo de una política pública sana. (DOF, 2014).

### Descripción del método

El periodo de análisis de las finanzas públicas para los municipios donde se encuentran los Pueblos Mágicos (PM) y Pueblos con Encanto (PCE) es 2006 – 2019, que contempla tres administraciones estatales y la administración vigente, considerando este periodo debido a la regularidad de los datos. Se utiliza el porcentaje de participación de los rubros más representativos de los apartados Ingresos y Egresos, así como el cálculo de la tasa media de crecimiento (TMC) para el periodo establecido.

Para el bloque de ingreso, únicamente se consideran los rubros más representativos: impuestos, derechos, productos, aprovechamientos, participaciones federales y aportaciones federales y estatales. Así mismo, en el apartado de egresos se contempla: servicios personales; materiales y suministros; servicios generales; transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas; bienes muebles, inmuebles e intangibles; e inversión pública.

Cuadro 1

Crecimiento promedio anual de los Ingresos Municipales por rubro 2006-2019, en municipios donde se localizan los Pueblos Mágicos

	México	Aculco	I. de la Sal	Malinalco	Metepec	El Oro	SM Pirámides	Teotihuacán	Tepotztlán	Tonatico	V. de Bravo	V del Carbón
Ingresos	7.7	7.7	6.3	9.4	5.0	7.6	9.1	6.9	9.0	4.9	7.4	8.4
Impuestos	9.0	12.8	6.0	7.0	6.4	15.9	10.6	10.2	6.4	8.0	11.0	4.4
Derechos	5.8	0.6	10.3	5.4	2.3	11.5	9.3	4.3	6.3	2.7	10.9	8.4
Productos	9.1	21.4	2.6	10.2	4.2	18.7	11.6	22.4	23.4	3.0	22.4	14.3
Aprovechamientos	-1.1	-9.3	-21.0	5.8	-2.9	-3.5	12.5	-15.6	11.7	-21.2	-9.0	-18.7
Participaciones federales	8.8	7.1	6.7	6.0	7.9	9.4	5.2	6.8	8.3	4.3	8.1	6.6
Aportaciones federales y estatales	9.5	8.5	7.4	12.2	5.2	6.1	12.3	8.3	12.7	6.7	7.6	12.4

FUENTE: Elaborado con base a Estadística de finanzas públicas estatales y municipales, 2020.

### Ingresos

El crecimiento promedio anual de los ingresos y egresos de 2006 a 2019, en el Estado de México, fue del 7.7%. La tasa media de crecimiento (TMC) en los PM y PCE fue similar a la estatal, cercana al 7.4%, tanto en la captación de recursos, como en sus asignaciones.

Las contribuciones que realizan las personas físicas y morales, establecidas por Ley, denominados como impuestos, es una parte que integra al apartado de ingresos en las finanzas municipales. En el Estado de México, el 14% de sus ingresos es a través de impuestos. En ese sentido Metepec y Valle de Bravo de los PM son los municipios con mayor captación de recurso en este rubro, Jilotepec y Temascalcingo son los más representativos en los PCE. Cabe señalar que el crecimiento promedio anual en ambas categorías, es del 9.0%. El problema de las administraciones públicas municipales, es como lograr la mayor captación de recursos a través de impuestos, considerando que en PM tan solo el 11% de sus ingresos es por impuestos y apenas el 5% en PCE.

En el caso de los Derechos, son las contribuciones establecidas en Ley por el uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público, así como por recibir servicios que presta el Estado en sus funciones de derecho público (2016). En los 32 municipios que integran este estudio, la captación es apenas del 3.3% promedio, se observa, por ejemplo en los organismos de agua potable municipal, sin considerar los organismos autónomos de algunas

comunidades. El mejor desempeño en cuanto a su crecimiento, está en los municipios de Jilotepec, Axapusco y El Oro.

Es mínimo el porcentaje de participación del rubro de productos (1.5%), considerando que son servicios que brindan los municipios o la entidad, en funciones del derecho privado, establecidos en el código fiscal de la entidad. Incluye el aprovechamiento, enajenación y uso de bienes privados, por ejemplo las cuotas en los mercados. Los representativos son Temascalcingo, Tepotzotlán y Valle de Bravo.

Los aprovechamientos son cantidades que recibe el Estado, por pagos extemporáneos como son los recargos, gastos de ejecución e indemnizaciones. (Amieva, 2004). Rubro con baja representación en los ingresos, y en la mayoría de los municipio, con tasa de crecimiento negativo.

Un componente muy representativo en los ingresos estales y municipales son las participaciones federales, debido a que representa el 40% de los ingresos. Asignaciones de recursos fiscales que otorga el Gobierno Federal a las entidades federativas y municipios, a través de Fondos de participaciones definidos por la Ley de Coordinación Fiscal. (INEGI, 2016). Los municipios que reciban más recursos de este rubro como parte de sus ingresos son: El Oro, Papalotla, Ixtapan de la Sal y Amecameca con cantidades promedio al 50%, lo menos favorecidos son Tepotzotlán y Donato Guerra, nada más con el 30%. Así mismo, los mejores incrementos promedios anuales, lo tienen Papalotla, Lerma, El Oro y Tepotzotlán.

Cuadro 1

Crecimiento promedio anual de los Ingresos Municipales por rubro 2006-2019, en municipios donde se localizan los Pueblos con Encanto

	México	Acolman	Amanalco	Amecameca	Axapusco	Ayapango	C. Harinas	D. Guerra	Jilotepec	Lerma	Nopaltepec
Ingresos	7.7	9.7	5.2	7.4	8.2	9.4	5.2	8.2	9.3	5.9	6.9
Impuestos	9.0	6.8	7.0	5.8	11.0	7.1	12.4	9.8	13.5	10.3	6.6
Derechos	5.8	-3.4	6.3	9.8	17.8	11.5	5.9	1.7	19.1	6.6	4.9
Productos	9.1	12.5	4.8	10.0	-6.9	5.3	6.4	16.6	3.9	26.7	7.6
Aprovechamientos	-1.1	-2.4	-3.9	-24.1	-10.2	-15.3	-17.9	19.4	-29.8	11.5	-26.2
Participaciones federales	8.8	7.3	5.6	6.0	5.1	6.8	4.9	6.4	6.5	9.6	6.6
Aportaciones federales y estatales	9.5	13.7	4.9	9.5	10.8	12.3	5.6	9.0	11.3	10.5	8.9
	Otumba	Ozumba	Papalotla	Sultepec	Temascalcingo	Temascaltepec	T. del Valle	Tepetitlpa	Tlalmanalco	Zacualpan	Zinacantepec
Ingresos	4.9	8.4	6.6	5.9	7.7	6.9	9.0	7.5	6.5	7.0	7.3
Impuestos	12.1	10.6	6.5	3.0	23.9	6.5	7.5	5.9	2.3	12.7	8.5
Derechos	8.3	6.4	8.1	5.1	9.1	10.2	9.5	7.9	9.8	9.2	10.7
Productos	7.6	9.7	-21.8	15.2	41.4	7.8	19.0	16.5	9.0	9.0	27.8
Aprovechamientos	-36.8	20.9	1.6	-10.5	-16.2	-17.1	0.6	4.3	3.6	-7.2	-8.3
Participaciones federales	5.0	6.3	13.2	4.0	0.4	4.7	7.0	6.7	5.9	4.4	8.2
Aportaciones federales y estatales	9.5	11.9	4.0	7.8	3.8	8.8	10.5	9.1	8.1	13.1	10.3

FUENTE: Elaborado con base a Estadística de finanzas públicas estatales y municipales, 2020.

Otro rubro muy relevante son las aportaciones federales, en los PM representa el 37% de sus ingresos y en PCE alcanza el 46%. Son los recursos que otorga la Administración Pública Federal a las entidades federativas y municipios, condicionando su gasto a la consecución y cumplimiento de los objetivos que para cada tipo de aportación establece la LCF y Convenios con la Federación. Se canalizan a través de los Ramos Generales 23, 25 y 33, así como en los términos de los Convenios que se celebran con la Federación. (2016). En orden de mayores recursos recibido están: Donato Guerra, Sultepec, Aculco y Villa del Carbón. En sentido opuesto, municipios con menores recursos en este apartado, Metepec y Lerma. El dinamismo de su comportamiento anual, está en Acolman, Tepotzotlán, Villa del Carbón y Ayapango.

#### Egresos

El destino de los recursos que las familias y empresas aportan mediante sus contribuciones, se ve reflejado en la ejecución de los recursos que, en los diferentes niveles de gobierno ejercen para atender los gastos de las administraciones públicas, en cumplimiento de sus funciones y programas, con base al respectivo Presupuesto de Egresos.

Las remuneraciones ante una relación laboral con los agentes públicos que involucra: sueldos, salarios sueldos, salarios, honorarios, prestaciones, seguridad social, entre otras prestaciones, se le conoce como servicios personales. Es decir el pago al personal que trabaja en las administraciones públicas representa una tercera parte del gasto, y por encima de este dato están los municipios de Zinacantepec, Ixtapan de la Sal y Tlalmanalco. Así mismo, los mejores incrementos anuales de este rubro están en los municipios de Acolman, Axapusco y Zinacantepec, que corresponden a los PCE.

La compra de insumos, materiales y suministros para la prestación de bienes y servicios del ente público y todo lo relacionado a las funciones administrativas, corresponde al rubro de materiales y suministros y alcanza cerca el 5% de los egresos. Con base a la TMC, se puede comprobar que las demarcaciones con más gasto en el rubro se encuentran: Zinacantepec, El Oro, Malinalco y Temascalcingo.

Cuadro 2

Crecimiento promedio anual de los Egresos Municipales por rubro 2006-2019, en municipios donde se localizan los Pueblos Mágicos

	México	Aculco	I. de la Sal	Malinalco	Metepec	El Oro	SM Pirámides	Teotihuacán	Tepotzotlán	Tonatico	V. de Bravo	V del Carbón
Egresos	7.7	7.7	6.3	9.4	5.0	7.6	9.1	6.9	9.0	4.9	7.4	8.4
Servicios personales	7.0	6.9	7.8	7.9	3.9	6.6	5.4	7.7	7.2	6.6	6.4	6.8
Materiales y suministros	9.1	8.0	-0.8	16.1	6.5	17.1	7.9	7.1	10.7	6.0	12.4	6.6
Servicios generales	10.4	7.6	7.7	14.6	12.4	12.6	10.5	10.4	7.7	7.9	14.6	10.9
Transferencias, asignaciones, subsidios y otros	12.0	6.4	8.2	8.0	10.9	7.6	7.0	2.0	9.5	2.8	10.2	8.3
Bienes muebles, inmuebles e intangibles	7.4	21.6	9.7	28.4	-15.4	-5.9	20.3	-6.4	11.8	15.3	0.8	7.1
Inversión pública	8.8	14.4	5.1	5.1	-2.0	9.8	17.8	9.7	-2.2	9.5	5.6	12.2

FUENTE: INEGI. Estadística de finanzas públicas estatales y municipales.

Todos los servicios de particulares (servicios generales) a las administraciones públicas municipales representan aproximadamente el 10%, sin embargo, existen municipios que duplican este dato: Metepec y Tenango del Valle. Zinacantepec continúa de líder, ahora en pago de servicios, seguido de Tenango del Valle, Malinalco y Valle de Bravo.

Las Transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas son asignaciones destinadas en forma directa o indirecta a los sectores público y privado, organismos y empresas paraestatales y apoyos como parte de su política económica y social, de acuerdo con las estrategias y prioridades de desarrollo para el sostenimiento y desempeño de sus actividades. (INEGI, 2016). El dato es muy variado y está en función a los compromisos sociales de los funcionarios. Demarcaciones alrededor del 14% están; Amecameca, Valle de Bravo y Metepec. Con menos compromisos sociales: Sultepec, Temascaltepec y Tonalco. En promedio anual los PM y PCE alcanzan un 7.6% de sus egresos a este rubro.

En la adquisición de bienes muebles e inmuebles, y los pagos de adjudicación, expropiación e indemnización, el desembolso es en promedio al 2.3% de las erogaciones. Municipios con mayor adquisición de activos se localizan en Zinacantepec, Papalotla y Malinalco.

Uno de los rubros más importantes para el destino de los recursos es la inversión pública, de ello depende la imagen urbana, su patrimonio cultural y natural, así como su atractivo turístico. Asignaciones destinadas a obras por contrato y proyectos productivos y acciones de fomento. Incluye los gastos en estudios de preinversión y preparación del proyecto. (INEGI, 2016). En los pueblos mágicos, la inversión alcanza el 24% de los egresos, mientras en pueblos con encanto rebasa el 30% y en el estado de México es del 17.5%. Los municipios con mayor inversión en el 2019 son Temascaltepec con el 48.3%, Aculco el 42.4% y Donato Guerra con 40.7%. De 2006 a 2016, Temascalcingo, es el municipio que más inversión pública tiene, con un 61.1%, en el resto de los municipios, dato se encuentra entre el 5 y 18%.

Cuadro 2

Crecimiento promedio anual de los Egresos Municipales por rubro 2006-2019, en municipios donde se localizan los Pueblos con Encanto

	México	Acolman	Amanalco	Amecameca	Axapusco	Ayapango	C. Harinas	D. Guerra	Jilotepec	Lerma	Nopaltepec
<b>Egresos</b>	7.7	9.7	5.2	7.4	8.2	9.4	5.2	8.2	9.3	5.9	6.9
Servicios personales	7.0	9.6	3.9	4.8	9.2	4.7	5.6	8.6	7.1	4.2	5.0
Materiales y suministros	9.1	14.3	5.3	8.5	6.0	11.2	6.4	4.4	8.2	5.5	12.4
Servicios generales	10.4	13.6	9.3	15.1	6.8	10.5	6.5	6.5	5.1	2.1	6.5
Transferencias, asignaciones, subsidios y otros	12.0	6.2	0.7	11.0	5.5	12.3	2.2	6.7	11.5	11.2	6.8
Bienes muebles, inmuebles e intangibles	7.4	10.5	32.0	48.3	1.1	22.9	7.2	28.1	14.0	11.7	19.7
Inversión pública	8.8	11.4	4.8	7.1	11.3	15.4	7.0	7.5	14.1	18.0	7.5
	Otumba	Ozumba	Papalotla	Sultepec	Temascalcingo	Temascaltepec	T. del Valle	Tepetitxpa	Tlalmanalco	Zacualpan	Zinacantepec
<b>Egresos</b>	4.9	8.4	6.6	5.9	7.7	6.9	9.0	7.5	6.5	7.0	7.3
Servicios personales	6.2	6.9	5.2	2.8	5.0	4.0	8.5	6.8	6.0	6.8	9.3
Materiales y suministros	6.9	6.4	6.4	9.8	15.0	6.3	9.0	5.3	6.3	6.5	18.3
Servicios generales	1.0	9.1	2.0	2.1	7.8	10.5	17.6	9.4	10.1	4.8	18.7
Transferencias, asignaciones, subsidios y otros	6.6	8.4	9.6	4.9	19.2	-1.5	9.3	7.4	7.0	8.6	6.2
Bienes muebles, inmuebles e intangibles	11.4	21.9	34.0	-34.1	7.7	3.8	-11.3	6.9	9.1	7.8	43.6
Inversión pública	10.9	15.8	8.1	-12.6	61.1	12.0	10.6	6.6	6.2	14.0	4.3

FUENTE: INEGI. Estadística de finanzas públicas estatales y municipales.

### Comentario final

En los ingresos municipales y con base a los datos presentados, no existe una partida adicional que permita la conservación del patrimonio y atractivo de los PM y PCE, situación que pone en riesgo el atractivo turístico. Existe cierta regularidad en la TMC de los ingresos totales y en las participaciones federales, sin embargo aumenta la dispersión en aportaciones federales y estatales, lo que indica que varía la asignación de este recurso por el incumplimiento de los objetivos de la Ley de Coordinación Fiscal. Aunado a ello, los recursos por concepto de impuestos son muy variados en todos municipios, lo que puede ser una fuente considerable de recursos, si se establecen reglas claras para su captación.

En los egresos, al dar prioridad al pago de sueldos y salarios, compra de materiales, servicios generales, así como a las transferencia, se olvida un poco a la inversión pública, situación que va relacionada al cumplimiento de las normas del Plan Desarrollo Urbano de cada municipios y del Plan de Desarrollo

### Referencias

- Gobierno federal, Diario oficial de la federación (26/09/2014). ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos generales para la incorporación y permanencia al Programa Pueblos Mágicos, México.
- Gobierno del Estado de México, Gaceta de gobierno (7/10/2014). Lineamientos para declarar "pueblos con encanto", México.
- León León Arturo (2015). Apuntes de finanzas públicas, Ediciones FESC, UNAM, México.
- Amieva, H. J. (2004). Capítulo 1. Ingresos públicos. En Finanzas Públicas en México. México: Porrúa.
- INEGI (2016). Síntesis metodológica de la estadística de finanzas públicas estatales y municipales, México.
- INEGI (2020). Estadística de finanzas públicas estatales y municipales, México.

# Optimización Multiobjetivo: Enfoque Clásico y Heurístico

Dr. Edgar León Olivares<sup>1</sup>, Dr. Enrique González Gutiérrez<sup>2</sup>

**Resumen**— La optimización multiobjetivo se refiere a la posibilidad de encontrar un conjunto de soluciones factibles que correspondan a valores extremos de los objetivos. Para encontrar ese conjunto de soluciones óptimas se han desarrollado métodos denominados clásicos y otros llamados algoritmos heurísticos. En el trabajo que se está desarrollando se tiene el objetivo de analizar los resultados que se obtienen utilizando ambos métodos en problemas no convexos. Los resultados con algunos problemas de optimización bi-objetivo que se han trabajado, muestran que, en problemas de optimización convexa, no convexa y discreta, métodos clásicos como  $\epsilon$ -constraint son capaces de encontrar el conjunto de soluciones óptimas llamado frente de Pareto, al igual que las heurísticas como el PSO, Cuckoo search o el NSGA-II. Sin embargo, para el caso de problemas bi-objetivos no convexos el método de métrica ponderada rotada (Rotated Weighted Metric Method) fue bastante eficiente para encontrar puntos en toda la aproximación al frente de Pareto, es decir, en los segmentos que hacen al espacio de solución no convexo.

**Palabras clave**—Optimización multiobjetivo, Frente de Pareto, Algoritmo heurístico, Optimización no convexa.

## Introducción

Un gran número de problemas de optimización de la vida real requieren que dos o más características (función objetivo) del sistema bajo análisis se optimicen simultáneamente. Normalmente, estas funciones de rendimiento entran en conflicto, es decir, no es posible encontrar un diseño único que minimice todas las funciones. Por lo tanto, el objetivo principal de un problema de optimización multiobjetivo (MOP) es construir el frente de Pareto (PF del inglés Pareto Front), que representa las mejores soluciones entre los objetivos a optimizar (Lopez et al. 2013).

El MOP tiene amplias aplicaciones en ingeniería y gestión, por ejemplo, diseño mecánico, cálculo de estructuras, cadena de suministro, medicina, robótica, control y automatización, procesos productivos, entre otros. Sin embargo, debido a los desafíos teóricos y computacionales, no es fácil resolver los MOP. Por lo tanto, un MOP ha tenido una amplia gama de investigaciones durante las últimas décadas (Qiang Long et al. 2021). Los métodos desarrollados se pueden agrupar en dos categorías:

### Métodos clásicos

Nos referimos a estos métodos como métodos clásicos, principalmente para distinguirlos de los métodos heurísticos. Los métodos clásicos de optimización multiobjetivo han existido durante al menos las últimas cuatro décadas. Miettinen (1999) hace una clasificación de estos métodos en cuatro clases:

- Métodos de no preferencia;
- Métodos posteriori;
- Métodos a priori;
- Métodos interactivos.

Métodos de no preferencias: la mayoría de las veces, el tomador de decisiones no puede definir realmente lo que prefiere. Este grupo de métodos multicriterio no requieren ninguna articulación de preferencias. La mayoría de los métodos son simplificaciones de los métodos con la articulación a priori de las preferencias al establecer todos los pesos en uno. Métodos de este tipo son: Criterio global, Función de compromiso, Suma objetiva, Mínimo-máximo y Producto objetivo (Odu, 2013 y Ghane-Kanafi y Khorram, 2015).

Métodos posteriori: A veces, es difícil para un tomador de decisiones expresar una aproximación explícita de la función de preferencia. Por lo tanto, puede resultar eficaz permitir que el responsable de la toma de decisiones elija entre una variedad de soluciones. Es de suponer que las preferencias de quien toma las decisiones están integradas en el conjunto de parámetros. Las optimizaciones multicriterio que pertenecen a este grupo son el método de Programación física, el Algoritmo genético, Intersección de límites normales (NBI) y el método de Restricción normal (NC) (Odu, 2013).

Métodos a priori: Estos métodos permiten al usuario o diseñador especificar preferencias, que pueden articularse en términos de importancia relativa de diferentes objetivos. Algunos de los métodos que pertenecen a este grupo son Agregación lineal / Suma ponderada, Programación de compromiso, Mínimo-máximo ponderado, Programación de metas, Ponderado exponencial, Producto ponderado, Función objetiva acotada, Lexicográfico, Punto de referencia, y Enfoque de función de deseabilidad, entre otros que puedan clasificarse en este tipo de métodos.

<sup>1</sup> Dr. Edgar León Olivares es Profesor de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México.  
[edgar.leon@upt.edu.mx](mailto:edgar.leon@upt.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El Dr. Enrique González Gutiérrez es Profesor de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo, México.  
[enrique.gonzalez@upt.edu.mx](mailto:enrique.gonzalez@upt.edu.mx)



(Marler et al. 2004 y Mohammad 2005).

Los métodos interactivos utilizan la información de preferencias de forma progresiva durante el proceso de optimización (Deb 2001).

### Algoritmos heurísticos

Los MOP son prácticamente problemas grandes de tal manera que no pueden resolverse de manera óptima en un tiempo razonable y aceptable. Sin embargo, estos problemas deben resolverse, por lo que la forma alternativa es aceptar las soluciones locales o subóptimas con una precisión y un tiempo de optimización adecuados. Como resultado, se desarrollan los algoritmos heurísticos. Las heurísticas son criterios, métodos o principios para decidir cuál, entre varios cursos de acción alternativos, promete ser el más eficaz para lograr algún objetivo. Representan compromisos entre dos requisitos: la necesidad de simplificar dichos criterios y, al mismo tiempo, el deseo de verlos discriminar correctamente entre buenas y malas elecciones (Pearl, 1984). Los algoritmos heurísticos pueden ser muy eficaces y, en algunos casos, ofrecen la solución óptima global. Pero uno de sus inconvenientes es caer en trampas óptimas locales sin poder salir de la situación. Por tanto, se han propuesto algoritmos metaheurísticos para hacer frente a este inconveniente (Rajabi et al. 2021). Hoy en día, los nuevos métodos de optimización han atraído muchas atenciones y están en el punto de mira en comparación con los métodos clásicos. Además, la aplicación de nuevos métodos en problemas complicados está aumentando considerablemente (Weise, 2009). En el cuadro 1 se muestra una gama de algoritmos heurísticos, la lista completa se puede consultar en Rajabi (2021).

No.	Algoritmo	No.	Algoritmo
1	<i>Evolutionary Programming (EP)</i>	28	<i>Water Cycle Algorithm (WCA)</i>
2	<i>Genetic Algorithm (GA)</i>	29	<i>Wolf Search Algorithm (WSA)</i>
3	<i>Scatter Search Algorithm (SSA)</i>	30	<i>Mine Blast Algorithm (MBA)</i>
4	<i>Simulated Annealing (SA)</i>	31	<i>Atmosphere Clouds Model (ACM)</i>
5	<i>Tabu Search (TS)</i>	32	<i>Black Holes Algorithm (BHA)</i>
6	<i>Cultural Algorithms (CA)</i>	33	<i>Egyptian Vulture Optimization (EVO)</i>
7	<i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	34	<i>Penguins Search Optimization Algorithm (PSOA)</i>
8	<i>Ant Colony Optimization (ACO)</i>	35	<i>Swallow Swarm optimization (SSO)</i>
9	<i>Differential Evolution (DE)</i>	36	<i>Grey Wolf Optimizer (GWO)</i>
10	<i>Variable Neighborhood Search (VNS)</i>	37	<i>Golden Ball (GB)</i>
11	<i>Sheep Flocks Heredity Model (SFHM)</i>	38	<i>Animal Migration Optimization Algorithm (AMOA)</i>
12	<i>Harmony Search (HS)</i>	39	<i>Soccer League Competition Algorithm (SLC)</i>
13	<i>Bacterial Foraging Optimization (BFO)</i>	40	<i>Chicken Swarm (CS)</i>
14	<i>Social Cognitive Optimization (SCO)</i>	41	<i>Forest Optimization Algorithm (FOA)</i>
15	<i>Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA)</i>	42	<i>Heart Algorithm (HA)</i>
16	<i>Electromagnetism-like algorithm (EMA)</i>	43	<i>Kaizen Programming (KP)</i>
17	<i>Space Gravitational Algorithm (SGA)</i>	44	<i>Exchange Market Algorithm (EMA)</i>
18	<i>Particle Collision Algorithm (PCA)</i>	45	<i>African Buffalo Optimization (ABO)</i>
19	<i>Big Bang-Big Crunch (BB-BC)</i>	46	<i>Elephant Herding Optimization (EHO)</i>
20	<i>Group Search Optimizer (GSO)</i>	47	<i>Ions Motion Algorithm (IMA)</i>
21	<i>Invasive Weed Optimization (IWO)</i>	48	<i>General Relativity Search Algorithm (GRSA)</i>
22	<i>Small-world Optimization Algorithm (SWOA)</i>	49	<i>Jaguar Algorithm with Learning Behavior (JALB)</i>
23	<i>Cat Swarm Optimization (CSO)</i>	50	<i>Optics Inspired Optimization (OIO)</i>
24	<i>Saplings Growing UP Algorithm (SGA)</i>	51	<i>Runner-Root Algorithm (RRA)</i>
25	<i>Imperialist Competitive Algorithm (ICA)</i>	52	<i>Vortex Search Algorithm (VSA)</i>
26	<i>Artificial Bee Colony Algorithm (ABC)</i>	53	<i>Stochastic Fractal Search (SFS)</i>
27	<i>Central Force Optimization (CFO)</i>	54	<i>Prey-Predator Algorithm (PPA)</i>

Cuadro 1. Gama de algoritmos heurísticos.

Gran parte las investigaciones actuales tratan sobre el potencial de la optimización no convexa dada su importancia, por ejemplo, los investigadores en comunicaciones y redes han estado examinando la optimización no convexa en problemas importantes en las áreas de redes inalámbricas, ingeniería de Internet y teoría de la comunicación. Temas típicos de problemas desafiantes que surgen de la optimización no convexa en los sistemas de comunicación son: control de la congestión para aplicaciones inelásticas, control de potencia, enrutamiento de ruta única y la detección multiusuario. En el presente trabajo se hace un desarrollo de un MOP no convexo para analizar y

comparar los resultados obtenidos con el uso de algoritmos clásicos y heurísticos (Mung Chiang, 2021).

Este trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección Descripción del Método, se hacen algunas definiciones, se presenta el problema a resolver y los algoritmos utilizados, en la sección de Resultados se presentan de manera gráfica los resultados para cada algoritmo. Finalmente, la sección de Conclusiones y Resultados.

### Descripción del Método

El modelo matemático general de un MOP (Qiang, 2021), se presenta en la ecuación (1):

$$\text{MOP} \quad \begin{cases} \text{Minimiza } F(x) \\ \text{Sujeto a } x \in X \end{cases} \quad (1)$$

Donde  $F: \mathbb{R}^n \mapsto \mathbb{R}^m$  es un vector de funciones.  $X \in \mathbb{R}^n$  es un conjunto factible; podría incluir solo una restricción de caja o incluir tanto restricciones de caja como funcionales. Ghane-Kanafi y Khorram (2015) proporcionan los enunciados siguientes:

**Definición 1:** Un punto factible  $x^* \in X$  se llama

- Solución débilmente eficiente (débilmente óptima de Pareto) para MOP (1) si no existe otra  $x \in X$  tal que  $f_i(x) < f_i(x^*)$ ,  $i = 1, \dots, p$ ,
- Solución eficiente (Pareto óptimo) para MOP (1) si no existe otra  $x \in X$  tal que  $f_i(x) \leq f_i(x^*)$ ,  $i = 1, \dots, p$ , y hay algunos  $i \neq j$  tal que  $f_j(x) < f_j(x^*)$ .

Aplicando iterativamente estas reglas sobre un conjunto cualquiera de soluciones de un MOP, se puede establecer cuáles son las alternativas dominantes, conocidas como *Conjunto No Dominado*. Las soluciones restantes forman parte del *Conjunto de Soluciones Dominadas*. Si se logra establecer cuál es el conjunto de *Soluciones Dominantes* a través de todo el espacio objetivo, entonces se habla de Frente óptimo de Pareto (PF) (Peñuela Meneses y Granada Echeverri, 2007).

**Definición 2:** El punto  $y^l = (y_1^l, \dots, y_p^l)$  en el que  $y_i^l = \min_{x \in X} f_i(x)$ ,  $i = 1, \dots, p$ , es llamado punto ideal del MOP.

**Definición 3:** El punto  $y^U \in \mathbb{R}^p$  en el que  $y_i^U = y_i^l - \epsilon_i$ ,  $i = 1, \dots, p$  para algunos  $\epsilon = (\epsilon_1, \dots, \epsilon_p)$ , es llamado punto utópico del MOP.

Para ilustrar los resultados de un MOP con algoritmos clásicos y heurísticos se tomó un problema no convexo que se plantea en Deb (2001), para dos funciones objetivos, el cual se presenta en la ecuación (2) y el espacio de solución considerando las restricciones de límite para cada variable se muestra en la figura 1.

$$\left. \begin{aligned} \text{Min } f_1(x) &= x_1 \\ \text{Min } f_2(x) &= 1 + x_2^2 - x_1 - 0.2\sin(3\pi x_1) \\ 0 &\leq x_1 \leq 1, \quad -2 \leq x_2 \leq 2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

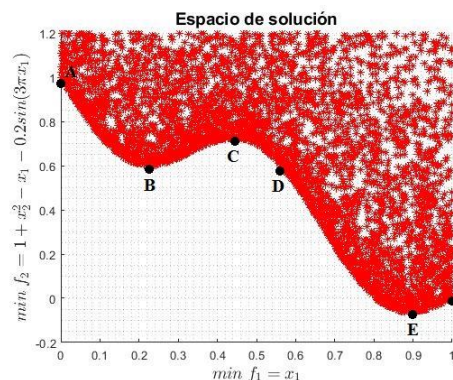


Figura 1. Espacio de solución para el MOP (2).

Los métodos clásicos utilizados son: Ingenuo y lento,  $\epsilon$ -constraint y métrica ponderada rotada. Por otra parte, los algoritmos heurísticos aplicados fueron: PSO, Cuckoo search y NSGA-II. En el cuadro 2 se describen los algoritmos.

<i>Ingenuo y lento</i>	<i><math>\epsilon</math>-constraint</i>
En este enfoque, cada solución $i$ se compara con cualquier otra solución en la población para verificar si está dominada por alguna solución en la población. Si se encuentra que la solución $i$ está dominada por cualquier solución, esto significa que existe al menos	Para aliviar las dificultades que enfrentan otros enfoques como el de suma ponderada para resolver problemas que tienen espacios objetivos no convexos, en éste método se sugiere reformular el MOP simplemente manteniendo uno de los objetivos y restringiendo el resto

<p>una solución en la población que es mejor que <math>i</math> en todos los objetivos. Por tanto, la solución <math>i</math> no puede pertenecer al conjunto no dominado. El siguiente enfoque describe un procedimiento paso a paso para encontrar el conjunto no dominado en un conjunto <math>P</math> dado de tamaño <math>N</math> (Deb, 2001).</p> <p>Paso 1: Iniciar contador <math>i = 1</math> y crear un conjunto no dominado vacío <math>P'</math>.</p> <p>Paso 2: Para cada solución <math>j \in P</math> (<math>j \neq i</math>) verificar si <math>j</math> domina a la solución <math>i</math>. Si la domina ir al paso 4.</p> <p>Paso 3: Si quedan más soluciones en <math>P</math>, incrementar <math>j</math> en 1 e ir al paso 2; en otro caso, <math>P' = P' \cup \{i\}</math>.</p> <p>Paso 4: Incrementar <math>i</math> en 1. Si <math>i &lt; N</math>, ir al paso 2, en otro caso parar y declarar <math>P'</math> como el conjunto no dominado.</p> <p><b>Métrica ponderada rotada (Deb, 2001)</b></p> <p>El método de suma ponderada rotada es una modificación al método de suma ponderada (Deb, 2001), en lugar de utilizar una suma ponderada de los objetivos, también se pueden utilizar otros medios de combinar varios objetivos en un solo objetivo. Para este propósito, a menudo se utilizan métricas ponderadas como <math>lp</math> y métricas de distancia de 100. Para pesos no negativos, la medida de distancia <math>lp</math> ponderada de cualquier solución <math>x</math> a partir de la <i>solución ideal</i> <math>z^*</math> se puede minimizar de la siguiente manera:</p> $\text{Minimizar } \tilde{l}_p = \left( \sum_{m=1}^M w_m  \tilde{f}_m(x) - z_m^* ^p \right)^{1/2},$ $\text{sujeto a } \begin{aligned} g_j(x) &\geq 0, & j &= 1, 2, \dots, ; \\ h_k(x) &= 0, & k &= 1, 2, \dots, ; \\ x_i^{(L)} &\leq x_i \leq x_i^{(U)} & i &= 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$ <p>Mediante el uso de diferentes matrices de rotación, la función anterior se puede minimizar. Para <math>p = 2</math>, en este caso, la métrica es equivalente a: <math>[(f(x) - z^*)^T C (f(x) - z^*)]^{1/2}</math>, donde <math>C = R^T \text{Diag}(w_1, \dots, w_m) R</math>. La matriz de rotación <math>R</math> transformará los ejes del objetivo en otro conjunto de ejes dictados por la matriz de rotación. De esta manera, las soluciones se alinean en un elipsoide girado, con esta estrategia y cambiando cada miembro de la matriz <math>C</math>, se puede obtener cualquier solución óptima de Pareto.</p>	<p>de los objetivos dentro de los valores especificados por el usuario (Deb, 2001). El problema modificado es el siguiente:</p> $\begin{aligned} \text{Minimizar } & f_\mu(x), \\ \text{sujeto a } & f_m(x) \leq \varepsilon_m \quad m = 1, 2, \dots, M \text{ y } m \neq \mu, \\ & g_j(x) \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, ; \\ & h_k(x) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, ; \\ & x_i^{(L)} \leq x_i \leq x_i^{(U)} \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$ <p>En la formulación anterior, el parámetro <math>\varepsilon_m</math> representa un límite superior del valor de <math>f_m</math> y no necesariamente significa un valor pequeño cercano a cero.</p> <p><b>Optimización de enjambre de partículas (PSO)</b> (Abdelhalim et al. 2018)</p> <p>1: <b>Inicialización:</b> la población inicial <math>x</math> y las velocidades asociadas <math>V</math> se generan aleatoriamente al comienzo del algoritmo. La población depende del problema, al igual que el tamaño del enjambre (<math>n</math>), que representa el número de partículas que vuelan en el espacio de búsqueda.</p> <p>2: <b>Actualización de la velocidad:</b> las velocidades se actualizan de acuerdo con los valores de retroalimentación de la mejor posición global actual <math>x_{Gbest}</math> y las posiciones de los individuos <math>x_{Lbest}</math> para cada iteración <math>k</math>, como se indica a continuación:</p> $V^{k+1} = \theta * V^k + \varepsilon_1 * c_1 (x_{Gbest} - x^k) + \varepsilon_2 * c_2 (x_{Lbest} - x^k)$ <p>3: <b>Actualización de la posición:</b> las nuevas posiciones de las partículas se actualizan de acuerdo con la actualización de las velocidades, como se muestra a continuación:</p> $x^{k+1} = x^k + V^{k+1}$ <p>donde <math>\theta</math> es el factor de inercia, a veces llamado peso; <math>c_1</math> y <math>c_2</math> son dos constantes positivas conocidas como parámetros sociales y cognitivos, respectivamente; y <math>\varepsilon_1</math> y <math>\varepsilon_2</math> son vectores aleatorios con componentes distribuidos uniformemente dentro de <math>[0, 1]</math>.</p>
<p><b>Búsqueda cuckoo a través de vuelos de Lévy</b></p> <p>1: Función objetivo <math>f(x)</math>, <math>x = (x_1, \dots, x_d)^T</math></p> <p>2: Genera la población inicial de <math>n</math> nidos anfitriones <math>x_i</math></p> <p>3: <b>Mientras</b> (<math>t &lt; \text{MaxGeneracion}</math>) o (criterio de parada)</p> <p>4: Consegir un cuckoo al azar</p> <p>5: Genera una solución por vuelos de Lévy</p> <p>6: <math>x_i^{t+1} = x_i^t + \alpha L(s, \lambda)</math></p> <p>7: <math>L(s, \lambda) = \frac{\lambda \Gamma(\lambda) \sin(\frac{\pi \lambda}{2})}{\pi} \frac{1}{s^{1+\lambda}}, (s \gg s_0 &gt; 0)</math></p> <p>8: Evalúa la calidad de la solución o valor del objetivo <math>f_i</math></p> <p>9: Elegir un nido entre los <math>n</math> (digamos <math>j</math>) al azar</p> <p>10: <b>Si</b> (<math>f_i &lt; f_j</math>),</p> <p>11: Reemplazar <math>j</math> por la nueva solución <math>i</math></p> <p>12: <b>Fin del Si</b></p> <p>13: Una fracción (<math>pa</math>) de peores nidos son abandonados</p> <p>14: Nuevos nidos/soluciones son construidos/generados por</p> <p>15: <math>x_i^{t+1} = x_i^t + \alpha s \otimes H(pa - \epsilon) \otimes (x_j^t - x_i^t)</math></p> <p>16: Mantener las mejores soluciones (o nidos con soluciones de calidad).</p> <p>17: Clasificar las mejores soluciones y encontrar la mejor actual.</p> <p>18: Actualizar <math>t \leftarrow t + 1</math></p> <p>19: <b>Fin del Mientras</b></p> <p>20: Presentar resultados numéricos y gráficos</p>	<p><b>Algoritmo genético de búsqueda no dominada elitista de segunda generación (NSGA-II)</b> (Hernández et al. 2016).</p> <p>1: <b>Inicio</b></p> <p>2: <b>Repite.</b></p> <p>3: Inicialización de parámetros</p> <p>4: Genera individuos aleatorios <math>\mu</math>.</p> <p>5: Evalúa a los individuos.</p> <p>6: <b>Si</b> <math>\mu</math> es factible <b>entonces</b></p> <p>7: <math>\mu \rightarrow Pt</math></p> <p>8: Deshecha <math>\mu</math></p> <p>9: <b>Hasta</b> Criterios de término.</p> <p>10: <math>F =</math> Ordenamiento no dominado (<math>Pt</math>)</p> <p>11: Genera <math>Qt</math> a partir de <math>Pt</math></p> <p>12: <b>Mientras</b> (Criterio de parada) <b>Repite</b></p> <p>13: Genera <math>Rt = Qt \cup Pt</math></p> <p>14: <math>F =</math> Ordenamiento no dominado rápido (<math>Rt</math>)</p> <p>15: <b>Mientras</b> <math> Pt + 1  \geq N</math> <b>hacer</b></p> <p>16: Distancia de Agrupamiento (<math>F_i</math>)</p> <p>17: <math>P_{t+1} = P_{t+1} \cup F_i</math></p> <p>18: Ordena (<math>P_{t+1}, \geq n</math>)</p> <p>19: <math>P_{t+1} = P_{t+1}[0 : N]</math></p> <p>20: <math>Qt+1 =</math> Genera nueva población <math>P_{t+1}</math></p> <p>21: <math>t = t + 1</math></p> <p>22: <b>Fin Mientras</b></p> <p>23: <b>Fin</b></p>

Cuadro 2. Descripción general de los algoritmos clásicos y heurísticos para el análisis del MOP propuesto.

### Resultados

Los algoritmos que se mencionaron en la sección anterior, fueron programados en Matlab y se ejecutaron en un equipo de cómputo Dell Inspiron Intel® Core™ i3-2330M CPU @ 2.20 Ghz, 3GB RAM, bajo sistema operativo Win7 Prof. 64 bits.

En las figuras 2 a 7 se muestran las gráficas que generan cada uno de los algoritmos y que representan el PF para el MOP (2).

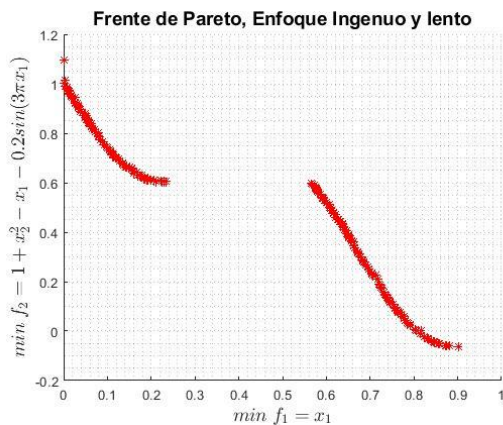


Figura 2. PF generado con el método Ingenuo y lento.

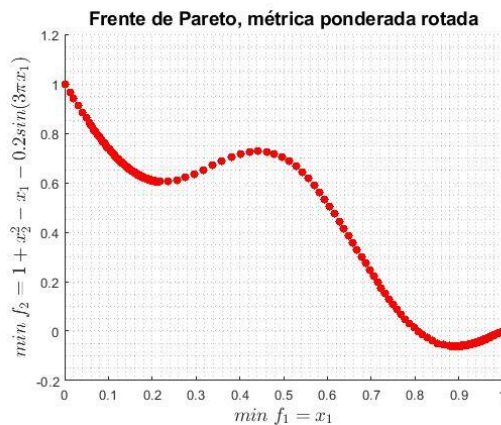


Figura 3. PF generado con el método métrica ponderada rotada.

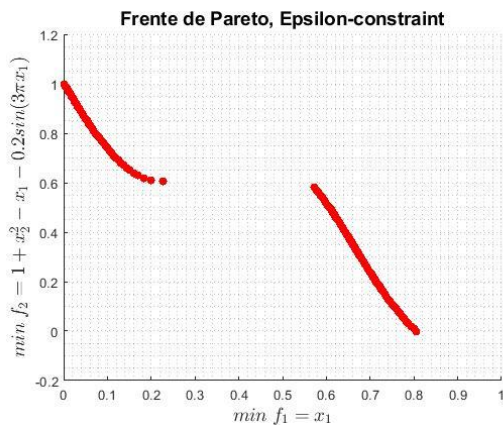


Figura 4. PF generado con el método de ε-constraint.

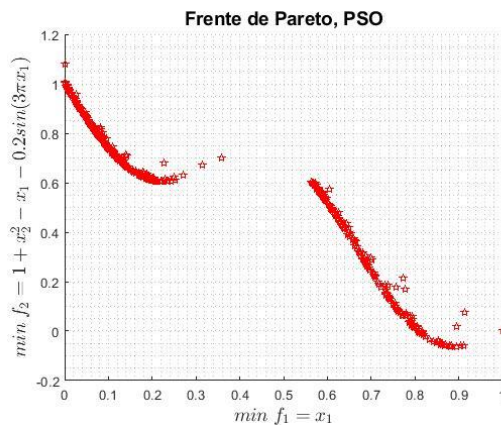


Figura 5. PF generado con el algoritmo PSO.

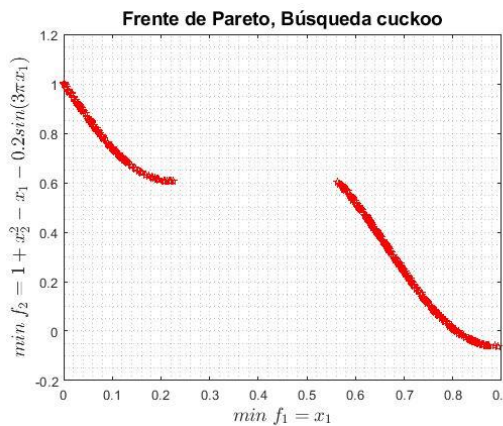


Figura 6. PF generado con el algoritmo búsqueda cuckoo.

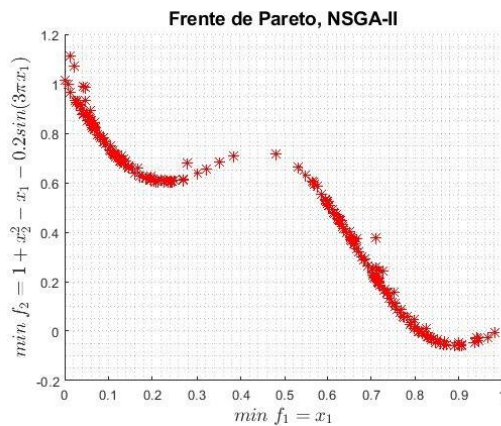


Figura 7. PF generado con el algoritmo NSGA-II.

### Conclusiones y Recomendaciones

Con base en los PF's para el MOP (2) en cuestión, los algoritmos ingenuo y lento,  $\epsilon$ -constraint y búsqueda cuckoo (figuras 2, 4 y 6 respectivamente) no generan ningún punto en los segmentos B-C, C-D y E-F (ver figura 1), no obstante generan el verdadero PF; la heurística de PSO (figura 5) entregó algunos puntos en la parte que hace a la función no convexa, el NSGA-II como se puede ver en la figura 7, fue capaz de generar más puntos en toda la aproximación al PF; finalmente el método de métrica ponderada rotada pudo generar puntos sobre todos los segmentos indicados en figura 1. Es importante mencionar que para el caso de los algoritmos heurísticos los resultados dependen de la configuración de los parámetros, del tamaño de la población y el criterio de parada (por ejemplo, el número de iteraciones). También cabe mencionar que, dependiendo del problema de que se trate y que tanto se conozca del mismo, es posible elegir un mejor algoritmo (ya sea clásico o heurístico) para dar solución. Actualmente seguimos explorando más algoritmos con problemas tanto convexos como no convexos.

Los investigadores interesados en esta línea de trabajo podrían probar diferentes algoritmos para optimización no convexa e incluso haciendo nuevos algoritmos híbridos para determinar su rendimiento y funcionalidad, por ejemplo, el método de escalarización para encontrar la frontera eficiente en problemas multiobjetivo no convexos que se presentan en Ghane-Kanafi y Khorram (2015), algoritmo de optimización de rayos (Beirami et al. 2020), entre otros. De igual forma para los investigadores interesados en los programas y parámetros utilizados en el presente trabajo, se pueden dirigir vía correo electrónico con el autor corresponsal.

### Referencias

- Abdelhalim, A., Nakata, K., El-Alem, M. y Eltawil, A. "Guided particle swarm optimization method to solve general nonlinear optimization problems," *Engineering Optimization*, Vol. 50, 2018.
- Beirami, A., Vahidinasab, V., Shafie-khah, Miadreza y Catalão, J. P.S. "Multiobjective ray optimization algorithm as a solution strategy for solving non-convex problems: A power generation scheduling case study," *Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 119, 2020.
- Deb, K. "Multi-objective optimization using evolutionary algorithms," Wiley, Chichester, UK, 2001.
- Ghane-Kanafi, A. y Khorram, E. "A new scalarization method for finding the efficient frontier in non-convex multi-objective problems," *Applied Mathematical Modelling*. Vol. 39, Issues 23–24, 2015.
- Hernández, C. A., Castilla, G., López A. y Mancilla J. E. "Un algoritmo multi-objetivo NSGA-II para la programación de los pasos de laminación en caliente de aceros," *Research in Computing Science*, Vol. 120, 2016.
- Lopez, R. H., Ritto, T. G., Sampaio, R. y De Cursi, J. E. S. "A new multiobjective optimization algorithm for Nonconvex pareto fronts and objective functions," *Mecánica Computacional*, Vol. 32, 2013.
- Marler, R. y Arora, J. "Survey of Multi-objective optimization methods for engineering," *Structural and Multidisciplinary Opt.* Vol. 26, 2004.
- Miettinen, K. "Nonlinear Multiobjective Optimization," *Kluwer Academic Publishers*, Boston, 1999.
- Mohammad, H. K. "Robust Multi-criteria Optimization of Surface Location Error and Material Removal Rate in High-Speed Milling under uncertainty," *A Dissertation presented to the Graduate School of the University of Florida in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy*, Universidad de Florida, 2005.
- Mung Chiang. "Nonconvex Optimization for Communication Systems," *Princeton University*, consultada por Internet el 17 de septiembre del 2021. Dirección de internet: <https://www.princeton.edu/~chiangm/nonconvex.pdf>.
- Odu, Godwin. "Review of Multi-criteria Optimization Methods – Theory and Applications," *IOSR Journal of Engineering*. Vol. 3. Issue 10, 2013.
- Pearl, J. "Intelligent search strategies for computer problem solving," *Addison-Wesley Publishing Company*, Universidad de L.A., USA, 1984.
- Peñuela Meneses C. A. y Granada Echeverri, M. "Optimización multiobjetivo usando un algoritmo genético y un operador elitista basado en un ordenamiento no-dominado (NSGA-II)," *Scientia et Technica*, Vol. 35, 2007.
- Qiang Long, Xue Wu y Changzhi Wu. "Non-dominated sorting methods for multi-objective optimization: review and numerical comparison," *Journal of Industrial and Management Optimization*, Vol 17, No. 2, 2021.
- Rajabi M.H., Toloie E.A. y Motadel, M.R. "A comprehensive review on meta-heuristic algorithms and their classification with novel approach," *Journal of applied research on industrial engineering*, Vol. 8, No. 1, 2021.
- Weise, T. "Global optimization algorithms-theory and application," *Self-published Thomas Weise*, 2009.
- Xin-She Yang. "Nature-Inspired Optimization Algorithms," *Elsevier publications*, 2014.

### Notas Biográficas

El **Dr. Edgar León Olivares** es profesor de la División de Ingenierías y Posgrado de la Universidad Politécnica de Tulancingo, en Hidalgo, México. Terminó sus estudios de postgrado en Optomecatrónica (PNPC) en la Universidad Politécnica de Tulancingo.

El **Dr. Enrique González Gutiérrez** es profesor de la División de Ingenierías y Posgrado de la Universidad Politécnica de Tulancingo, en Hidalgo, México.

## Justicia Digital: Hacia un Nuevo Paradigma

Dr. Carlos Enrique Levet Rivera<sup>1</sup>, Dr. Armando Adriano Fabre<sup>2</sup>, Dr. Ramar Mendoza Díaz<sup>3</sup>

**Resumen**— El objetivo de esta investigación es partir de los conceptos básicos del derecho humano al internet y su vinculación con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación en el ámbito judicial, con el propósito de procurar la impartición de justicia pronta y expedita como la base fundamental para sustentar que la justicia digital en México es necesaria porque contribuye a superar cualquier tipo de contingencia, y a su vez, hace posible que los procesos judiciales no se detengan. Con este nuevo paradigma se vislumbra la importancia de implementar tribunales digitales que permitan avanzar hacia la modernidad, inmediatez procesal y sustentabilidad. Concluyendo que, en la actualidad, es de sumo interés que los medios tecnológicos sean utilizados como un área de oportunidad funcional en los procesos judiciales.

**Palabras clave**— Justicia digital, internet, inmediatez, tecnologías de la información y comunicación, modernidad.

### Introducción

El presente estudio conceptualiza y analiza tres temáticas que están vinculadas entre sí; en primer lugar, el derecho humano al internet en el contexto de su implementación en conjunto con las Tecnologías de la Información y Comunicación -TIC's por sus siglas en español-; en segundo lugar, la necesidad de garantizar el cumplimiento del derecho humano a la impartición de justicia, pronta y expedita -con la ayuda de las TIC's- con el propósito de avanzar hacia un panorama de modernidad y justicia sustentable que logre sobrepujar adversidades, como por ejemplo la pandemia por SARS CoV-2, causante de la enfermedad Covid-19 a la que actualmente se enfrenta la humanidad, que ha dificultado el trabajo en los recintos judiciales; en tercer lugar, resaltar las ventajas que implica la justicia digital y los avances que se han logrado en el país.

### Descripción del Método

Esta investigación es el resultado de un análisis documental sobre el tratamiento que actualmente se le está dando a la justicia digital en México. Para su ejecución, se utilizó un enfoque de carácter analítico-dogmático, debido a las fuentes y preceptos del derecho vigente que se abordaron de manera conjunta con la teoría, como sustento del derecho humano al internet y a una justicia pronta y expedita.

### Generalidades

El autor Pinochet Cantwell (2006) señala que el internet trajo consigo un gran impacto en el desenvolvimiento de toda la actividad de la humanidad, al grado de que hoy en día no se puede concebir la vida en sociedad sin internet, para cualquier finalidad que se piense.

Por su parte el autor Castells (1996) define al internet como el tejido de nuestras vidas, dada su capacidad para distribuir el poder de la información por todos los ámbitos de la actividad humana, además a su percepción, el internet constituye actualmente la base tecnológica de la forma organizativa que caracteriza a la era de la información.

Es claro que en nuestro día a día, las nuevas tecnologías están presentes en cada momento, dado a que facilitan las comunicaciones, permiten evolucionar e innovar constantemente y rompen fronteras físicas, puesto que sin importar el lugar donde nos encontremos en el planeta, hacen posible que nos expresemos con cualquier otra persona a miles de kilómetros. Es por lo que, el uso de las TIC's a través de la red, han transformado la forma de desarrollo de nuestra sociedad, propiciando que el acceso a la información y conocimiento se incremente constantemente.

Sin embargo, en nuestro país es evidente que la brecha digital -definida por el autor Reygadas (2008) como un fenómeno complejo que comprende aspectos políticos, económicos y sociales, relacionados con problemas estructurales de la sociedad global como a pobreza, la exclusión y el desempleo, la precarización del trabajo, la inequidad de distribución de la riqueza entre otras problemáticas de la globalización-, resalta las desigualdades de oportunidades tecnológicas y en consecuencia, quebrantan el derecho humano al internet consagrado en nuestra Carta Magna.

<sup>1</sup> Dr. Carlos Enrique Levet Rivera, es docente de tiempo completo en la Licenciatura en Derecho del Sistema de Enseñanza Abierta de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. [clevet@uv.mx](mailto:clevet@uv.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Dr. Armando Adriano Fabre, es docente de tiempo completo en la Licenciatura en Derecho del Sistema de Enseñanza Abierta de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. [adriano@uv.mx](mailto:adriano@uv.mx).

<sup>3</sup> Dr. Ramar Mendoza Díaz, es docente de tiempo completo en la Licenciatura en Derecho del Sistema de Enseñanza Abierta de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz. [ramarmendoza@uv.mx](mailto:ramarmendoza@uv.mx)

Ahora bien, la pandemia Covid-19 nos ubicó frente a las deficiencias de las estrategias de desarrollo y continuidad para atender las urgencias inmediatas, así como a las limitaciones del Poder Judicial para hacer frente al escenario devastador provocado por ésta. En ese contexto, es cierto que no se ha dado cumplimiento al derecho humano de impartición de justicia pronta y expedita, en virtud de que muchos juzgados cerraron durante meses sus instalaciones y prácticamente las actividades se detuvieron, dejando de correr los términos procesales (Poder Judicial del Estado de Veracruz, 2020); ante estas circunstancias, las alternativas digitales para solucionar el problema no fueron consideradas.

A pesar de que el tema de la justicia virtual ha estado sobre la mesa desde algunos años atrás, lo cierto es que las nuevas necesidades y los problemas que se han presentado durante el avance de esta pandemia global han puesto en el ojo del huracán los debates sobre la importancia de implementar las nuevas tecnologías en la impartición de justicia.

No pasa inadvertido que habrá que tomar en cuenta las limitaciones que se han presentado a niveles tecnológicos, pero también la obligación de buscar nuevas alternativas y desde este punto de partida de la garantía de los derechos humanos, avanzar hacia un nuevo paradigma que permita modernizar la justicia, cumple con el adelgazamiento de la brecha digital y acerca la justicia a todos los sectores de la población. A continuación, realizamos un análisis general sobre el impacto que tiene el derecho humano al internet, y el acceso a la justicia, para justificar el avance hacia la justicia digital.

### **Derecho humano al internet**

El derecho al acceso a internet en la esfera internacional de los derechos humanos puede divisarse en instrumentos como la Declaración Universal de Derechos Humanos, que en su artículo 27, primer apartado, dispone que: *“Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes, y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten”*.

A su vez, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de Naciones Unidas, específicamente en la Observación General número 21, establece los elementos de accesibilidad, que consisten en disponer de oportunidades efectivas y concretas, para que los individuos y las comunidades disfruten plenamente de una cultura que esté al alcance físico y financiero de todos, comprendiendo también el derecho de toda persona a buscar, recibir y compartir información sobre todas las manifestaciones de la cultura en el idioma de su selección, así como el acceso de las comunidades a los medios de expresión y difusión.

Del mismo modo, el artículo 6° de la Declaración Universal de la UNESCO sobre la Diversidad Cultural dispone que la libertad de expresión, el pluralismo de los medios de comunicación, el multilingüismo, la igualdad de acceso a las expresiones artísticas, al saber científico y tecnológico -comprendida su forma electrónica- y la posibilidad para todas las culturas, de estar presentes en los medios de expresión y de difusión, son los garantes de la diversidad cultural

Asimismo, como referencia de instrumento de derecho internacional, existe la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT por sus siglas en español, un organismo de Naciones Unidas, que, en su Declaración de Principios de Ginebra del año 2003, reconoce que la educación, el conocimiento, la información y la comunicación son esenciales para el progreso, la iniciativa y el bienestar de los seres humano. Es más, las Tecnologías de la Información y la Comunicación tienen inmensas repercusiones en prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas, en razón a que el rápido progreso de estas tecnologías brinda oportunidades sin precedentes para alcanzar niveles más elevados de desarrollo. De esta manera, se establece la capacidad universal de acceder y contribuir a la información, las ideas y el conocimiento, como un elemento indispensable en una sociedad de la información integradora.

El derecho de acceso a internet es considerado como un nuevo derecho social que debe ser satisfecho por el Estado. Actualmente es innegable que el internet, más allá de limitarse a la información y uso académico, tiene múltiples usos y es un recurso mundial disponible para toda la humanidad, puesto que comprende dos dimensiones, la primera, el acceso a contenidos en línea sin restricciones, salvo en los casos limitados por las leyes; y la segunda, se refiere a la disponibilidad de infraestructura y tecnologías de la comunicación e información, tales como: cableado, fibra óptica, modem, dispositivos móviles y softwares para poder utilizar el internet.

Germán Alfonso López Daza y Carlos Fernando Gómez García (2020) consideran que el concepto del acceso al internet genera controversias, ya que se concibe como un derecho fundamental o bien, como un simple garante para la efectivización de otros derechos. Con ello, surge la duda sobre si es un principio autónomo o una garantía para prestar este servicio. Lo cierto es que, el internet es un medio que permite que los derechos fundamentales de las personas tengan una cobertura amplia.

En nuestro país, a partir del año 2013, el derecho humano de acceso al internet adquirió un grado constitucional en el artículo 6° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, al reconocer el derecho a la información en la reforma constitucional en Telecomunicaciones y Radiodifusión (Congreso de la Unión, 2013).

Este hecho trajo consigo diversos compromisos que asumió el Estado; en primer lugar, se estableció que el Estado debe garantizar la libre manifestación de las ideas, excepto en el caso de que el ataque a la moral, la vida privada o los derechos de terceros provoquen algún delito o perturben el orden público; en segundo lugar, se estipuló que la garantía del derecho a la información es una obligación estatal, de modo que todas las personas pueden tener el libre acceso a información plural y oportuna, así como a buscar, recibir y difundir información e ideas de toda índole por cualquier medio de expresión; en tercer lugar, se incluyó el derecho de réplica y con ello, el Estado asumió el compromiso de establecer condiciones de competencia efectiva en la prestación de los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, incluyendo el de banda ancha e internet, con el propósito de garantizar el derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación.

Es importante mencionar que, a partir de esta reforma se formalizó la base para avanzar hacia una mayor competitividad y oferta de servicios tecnológicos de información, para continuar con un crecimiento modernizado y globalizado; no obstante, circunstancias adversas como la pandemia Covid-19 nos mostró que el derecho al internet no se encuentra satisfecho en México; precisamente cuando se obligó al cierre de escuelas en todos los niveles de educación -ciclo escolar 2019-2020- el uso de recursos tecnológicos fue la vía idónea para evitar los contagios y continuar con las clases a distancia, sin embargo, las desigualdades respecto al acceso y el uso de las tecnologías de la información -internet, computadora, celular inteligente, tabla digital- se hicieron evidentes, situación que se pudo constatar con los resultados que arrojó la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de TIC's en Hogares realizada por el INEGI en el año (2019) de la que se desprende que el 92.5% de los hogares cuentan con televisión; el 56.4% tienen conexión a internet; mientras que el 44.3% cuenta con una computadora en casa. Hasta el día en el que se escribe el presente artículo, las desigualdades en el acceso y el uso tecnológico en la población mexicana continua sin enmendarse.

### **Derecho humano a una justicia expedita, pronta, completa gratuita e imparcial**

Hierro Liborio (2002) afirma que uno de los valores fundamentales de la comunidad internacional es el de garantizar de manera efectiva el derecho de acceso a la justicia de las personas; éste se encuentra contenido en diversas declaraciones, tratados, resoluciones, sentencias u opiniones consultivas.

Como referente de instrumento internacional que definen al derecho de acceso a la justicia, tenemos al Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos -PIDCP por sus siglas en español-, que en su artículo 14 establece que: *“todas las personas son iguales ante los Tribunales y las Cortes de Justicia, tendrán derecho a ser oídas públicamente y con las debidas garantías por un tribunal competente, independiente e imparcial, establecido por la ley, en la substanciación de cualquier acusación”*.

Por otra parte, la Convención Americana sobre Derechos Humanos Pacto de San José, regula en los artículos 7, 8 y 25 el derecho de acceso a la justicia, estableciendo que: *“toda persona tiene derecho a un recurso sencillo y rápido o cualquier otro recurso efectivo ante los jueces o tribunales competentes, que la ampare contra actos que violen sus derechos fundamentales reconocidos por la Constitución, la ley o la presente Convención”*. Sobre la base de esto, el Estado debe adoptar medidas afirmativas de índole judicial, legislativas y ejecutivas, con el objetivo de organizar todo el aparato gubernamental y en general, todas las estructuras a través de las cuales se manifiesta el ejercicio del poder público, de tal manera que sean capaces de asegurar jurídicamente a sus habitantes el libre acceso a la justicia.

En nuestro país, todos los tribunales encargados de la administración de justicia justifican su actuación de conformidad con el artículo 17 Constitucional, pero en la práctica el procedimiento es distinto -largo, tedioso y costoso- de tal modo que están involucrados diversos factores que impiden que la justicia se imparta en los términos del aludido artículo: limitaciones de presupuesto, infraestructura, falta personal y demás inconvenientes que se presenten. Para garantizar este derecho humano con celeridad y transparencia, es necesario que se utilicen alternativas tecnológicas que aligeren la carga de trabajo manual de los operadores de justicia y se promueva la aplicación de juicios por medios electrónicos.

### **Implicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la impartición de justicia**

Actualmente no existe duda que se cuenta con la intención de utilizar estas tecnologías en los sistemas de impartición de justicia, a fin de agilizar la solución de conflictos y el acceso a la información de los servicios judiciales, sin embargo, el nivel de incorporación ha sido diverso e insuficiente.

Las TIC's son fundamentales para mantenernos interconectados en lo que conocemos como la sociedad de la información, porque permiten que estemos actualizados en cualquier temática, ya que están implicadas en todos los ámbitos de nuestra vida -entretenimiento, cultura, educación, política entre otras-; de tal forma que el no poner en práctica estos recursos en la esfera jurídica de impartición de justicia, equivale a cerrarse a la realidad del siglo XXI; es por ello que resulta necesario que los recintos judiciales se enfoquen en fortalecer el sistema de impartición de



justicia con el uso de los medios electrónicos, cuidando garantizar la seguridad jurídica. Ante esta situación, uno de los retos más sobresalientes es que el Estado tenga apertura hacia un modelo vanguardista de prestación de servicios que garanticen la seguridad jurídica y tecnológica, lo que implicaría que se creara una legislación que permita la transición del papel hacia los medios electrónicos, abarcando desde los procesos de información y consulta en línea, trámites realizables en internet, pagos, uso de firma electrónica, entre otros, a fin de evitar riesgos como: la afectación de la legitimidad del sistema, respeto por el debido proceso, cumplimiento de los estándares de derechos humanos, y principalmente, ofrecer un buen servicio a los ciudadanos, para que tengan la certeza de que están ante una institución moderna que sigue trabajando por impartir justicia pronta y expedita y dejando a un lado la tradición de la falta de información, altos costos, corrupción, mora, inconvenientes geográficos e infraestructura, que obstaculizan el cumplimiento del acceso a la justicia.

Por lo anterior, se hace hincapié en que el Poder Judicial se sume a los esfuerzos para mejorar la impartición de Justicia a través de las TIC's como un medio idóneo que colabore en la consolidación del Estado de Derecho con instituciones vanguardistas, infraestructura tecnológica, recursos materiales y humanos debidamente capacitados.

### **Ventajas de la función jurisdiccional electrónica**

Las TIC's hacen posible el intercambio de información electrónica entre diversos sistemas, de esta manera se puede concentrar la información y se agiliza el intercambio, creando expedientes completamente digitalizados. De igual modo, el ofrecer servicios como la consulta pública o privada de casos, dependiendo de la materia que se trate, envío de demandas y escritos, validación de documentos, notificaciones electrónicas, interoperabilidad, conlleva beneficios claros como, reducción de recursos humanos, reducción de costos, entre otras.

Al respecto, existen las e-ventajas y las e-xpedito (Morales Navarro, 2012) que implican el facilitarle a las partes involucradas en los procesos, el revisar directamente sus procesos judiciales sin tener que acudir a los tribunales, esto se traduce en una mayor disponibilidad de acceso al proceso en cualquier momento, por cualquiera de las partes, sin limitaciones de horario de trabajo del poder judicial, actividad que puede ser realizada en cualquier lugar, mientras se tenga acceso a internet; e-xclusivo (Morales Navarro, 2012) se refiere a que se debe contar con una clave única y un usuario para consultar todos los procesos judiciales que se tramitan dentro de la administración de justicia, logrando que la seguridad de los datos no se vea afectada y a su vez, marcando un historial del expediente electrónico; e-conómico (Morales Navarro, 2012), está vinculada con el ahorro de tiempo y costos materiales a las personas usuarias; e-eficiente (Morales Navarro, 2012), consiste en que garantiza la efectividad, debido a que agilizan la tramitación de los procesos judiciales sin la necesidad de la intervención de los recursos humanos que realicen trabajos meramente burocráticos, al mismo tiempo que se potencializa la productividad del personal profesional, a fin de que analicen de manera más profunda el conflicto y se brinden resoluciones idóneas; e-cológico (Morales Navarro, 2012), está abocado en la reducción del uso del papel, y desde luego, en la reducción de gas de carbono, en virtud de que no hay necesidad de que las partes interesadas ni los abogados se trasladen a los tribunales para consultar un expediente, siendo la manera más sustentable de llevar a cabo la administración de justicia.

Ahora bien, los beneficios anteriormente señalados se ven amplificados en la realidad pandémica a la que se enfrenta la humanidad, debido a que nuestras actividades han sufrido cambios: como la necesidad de estar en cuarentena trabajando desde casa, por lo que el tener la alternativa del expediente digital sin duda es el ideal para lograr que la impartición de justicia no se detenga.

### **Avances en México en materia de justicia electrónica**

En nuestro país, el artículo 122, apartado A, numeral I de nuestra Carta Magna, que a la letra dice “*la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establecerá las normas y las garantías para el goce y la protección de los derechos humanos en los ámbitos de su competencia, conforme a lo dispuesto por el artículo 1º de esta Constitución*”; deja abierta la posibilidad de realizar las reformas que se estimen pertinentes al sistema de justicia. Un ejemplo de esto es la plataforma informática de la Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México, (Gaceta Oficial de la Ciudad de México 563, 2021) la cual se implementó para facilitar a la ciudadanía servicios como la denuncia virtual, querellas, actas especiales entre otros asuntos perseguidos a petición de parte. En el mismo orden de ideas, el Código Nacional de Procedimientos Penales, establece en el artículo 336, la participación de los testigos mediante las tecnologías digitales: “*las personas que no puedan concurrir a la sede judicial por estar físicamente impedidas serán examinadas en el lugar donde se encuentren y su testimonio será transmitido por sistemas de reproducción a distancia*”.

Otro avance tecnológico es la Firma Electrónica Certificada del Poder Judicial de la Federación -FIREL por sus siglas en español- (Pleno del Consejo de la Judicatura Federal, 2014), que es el instrumento a través del cual se ingresa al Sistema Electrónico para presentar medios de impugnación, enviar promociones y/o documentos, recibir comunicaciones, notificaciones y/o documentos oficiales, así como consultar acuerdos, resoluciones y sentencias

relacionadas con los asuntos que son competencia de la Suprema Corte, del Tribunal Electoral, de los Tribunales de Circuito y de los Juzgados de Distrito; produce los mismos efectos que la firma autógrafa, con base en lo previsto en el artículo 3° de la Ley de Amparo, así como en las disposiciones generales aplicables a los demás asuntos de la competencia de todos los tribunales que forman parte del Consejo de la Judicatura Federal, permitiendo la impartición de justicia en la vía digital.

Finalmente, destacamos que en el Estado de Veracruz se había dado un gran paso al crear los Juzgados Mixtos en modalidad digital, situación que permitía el registro, seguimiento y reporte de un expediente en vía de Jurisdicción Voluntaria. Como parte del funcionamiento de dicho juzgado, el personal actuante utilizaba la FIREL, en reemplazo de la firma autógrafa; los expedientes electrónicos sustituían los expedientes físicos impresos, bajo los principios de equivalencia funcional, esto es, que la firma electrónica avanzada en un documento que satisface el requisito de la firma autógrafa; autenticidad, consiste en que la firma electrónica es un mensaje de datos que permite dar certeza de que los mismos han sido emitidos por el firmante de manera tal que su contenido le es atribuible al igual que las consecuencias jurídicas que de él deriven; integridad, que consiste en que la FIREL permite dar certeza de que el documento ha permanecido completo e inalterado desde su firma; neutralidad tecnológica que significa que garantiza que la tecnología usada para la emisión de certificados digitales no excluya, restrinja o favorezca alguna tecnología en particular. Desafortunadamente todo lo que se había logrado avanzar para consolidar el uso de la justicia digital sufrió un gran retroceso con el argumento de hacer frente a la austeridad republicana, trayendo consigo que el 30 de junio de 2021, el Poder Judicial del Estado de Veracruz publicara un acuerdo en que se decreta el cierre de estos juzgados, cuando en realidad, se han comprobado las ventajas económicas que acarrearán los juzgados digitales (Gaceta Oficial del Estado de Veracruz, 2021).

## Comentarios Finales

### Conclusiones

Nuestra sociedad avanza constantemente en temas tecnológicos, cerrarnos ante esa realidad sería vivir engañados o en una época obsoleta. Tomar la tecnología y usarla a nuestro favor es lo más inteligente que podemos hacer ante el cambio.

Por otra parte, la impartición de justicia no es estática, conforme la sociedad avanza, ésta también tendrá que hacerlo, caminando hacia la vanguardia y cumpliendo con las expectativas de la ciudadanía que merece servicios eficientes y pronto.

El Covid-19 hizo su aparición en México con un sistema anticuado, sin preparación adecuada para la prevención de situaciones pandémicas, con una impartición de justicia incierta que deja al descubierto la gran carencia en modernización y avances tecnológicos; ante este escenario, la implementación de la justicia digital se ha hecho más relevante, debido a las bondades que acarrea el uso de la tecnología para hacer frente a cualquier situación que requiera distanciamiento social.

Innovar puede ser motivo de inseguridad, pero tomar las TIC's para beneficio del cumplimiento de un derecho humano -como la administración de justicia-, debe ser primordial puesto que es uno de los pilares del Estado de Derecho. Por lo tanto, el generar nuevas áreas de oportunidad, resolver desafíos y considerar todas las ventajas como incremento de la transparencia, rendición de cuentas, acceso universal, no discriminación, debe ser esencial para incrementar la cultura de la digitalización.

## Referencias

- Castells, M. (1996). *La era de la información: economía, sociedad y cultura*. México: Siglo XXI.
- Congreso de la Unión. (11 de Junio de 2013). Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de telecomunicaciones. México. Recuperado el 02 de Octubre de 2021, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013)
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado de: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_241220.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_241220.pdf)
- Convención Americana sobre Derechos Humanos "Pacto de San José" (1969). Recuperado de: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef\\_2020/PEF\\_2020\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/pef_2020/PEF_2020_abro.pdf)
- Gaceta Oficial de la Ciudad de México 563. (2021). Acuerdo FGJCDMX/12/2021, por el que se crea y declara el inicio de funciones de la Agencia de Denuncia Digital y de las Unidades de Denuncia Digital. Recuperado el 05 de Octubre de 2021, de [http://www3.contraloriadf.gob.mx/prontuario/index.php/normativas/Template/v\\_normas/1](http://www3.contraloriadf.gob.mx/prontuario/index.php/normativas/Template/v_normas/1)
- Gaceta Oficial del Estado de Veracruz. (30 de Junio de 2021). Acuerdo que aprueba el cierre de juzgados del poder judicial del estado de Veracruz. Veracruz, México. Recuperado el 06 de Octubre de 2021, de <https://lasillarotarm.blob.core.windows.net/docs/2021/07/01/gac2021-258-miercoles-30-tomo-ii-ext-pdf-1625180534220.pdf>
- Hierro Liborio, L. (2002). El concepto de justicia y teoría de los derechos. En E. Díaz, & J. Colomer, *Estados, justicia y derechos*. Madrid: Alianza.
- INEGI. (2019). Encuesta sobre disponibilidad y Uso de TIC,. México. Recuperado el 02 de Octubre de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/temas/ticshogares/>
- López Daza, G., & Gómez García, C. (2020). Estado de excepción y restricción al derecho a la educación en Colombia por la Covid-19. *Opinión jurídica*(40). Recuperado el 02 de Octubre de 2021, de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/opinion/article/view/3342/3125>

- Morales Navarro, K. (2012). La inclusión de las tecnologías en la gestión judicial. *Centro de Estudios de Justicia de las Américas*(26).  
Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (1966). Recuperado de: <https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/ccpr.aspx>  
Pinochet Cantwell, F. (2006). *El derecho de internet*. Chile: Editorial de Derecho de Chile.  
Pleno del Consejo de la Judicatura Federal. (2014). Acuerdo General 34/2014 que regula la Firma Electrónica Certificada. México. Recuperado el 06 de Octubre de 2021, de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5363725&fecha=13/10/2014#:~:text=ACUERDO%20GENERAL%2034%2F2014%2C%20DEL,EMITIDA%20POR%20EL%20PROPIO%20CONSEJO.](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5363725&fecha=13/10/2014#:~:text=ACUERDO%20GENERAL%2034%2F2014%2C%20DEL,EMITIDA%20POR%20EL%20PROPIO%20CONSEJO.)  
Poder Judicial del Estado de Veracruz. (17 de Marzo de 2020). Circular No. 6. Veracruz. Recuperado el 05 de Octubre de 2021, de [https://www.pjeveracruz.gob.mx/pjev/archivos/archivos/transparencia/Ley875/I/CIRCULARES/2020/CIRCULAR\\_06.pdf](https://www.pjeveracruz.gob.mx/pjev/archivos/archivos/transparencia/Ley875/I/CIRCULARES/2020/CIRCULAR_06.pdf)  
Reygadas, L. (2008). Tres matices generadoras de desigualdades. En R. Cordera, P. Ramírez, & A. Ziccardi, *Pobreza urbana, desigualdad y exclusión social en la ciudad del siglo XXI*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- /

### Notas biográficas

El **Dr. Carlos Enrique Levet Rivera**, es docente de tiempo completo en la Licenciatura en Derecho del Sistema de Enseñanza Abierta de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz, es Doctor en Derecho por el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Veracruzana, titular de la Notaría Pública Número 52 de la décimo séptima demarcación notarial y miembro activo del Colegio de Notarios del Estado de Veracruz A.C. Ha participado en diversos congresos como ponente.

El **Dr. Armando Adriano Fabre**, es docente de tiempo completo en la Licenciatura en Derecho del Sistema de Enseñanza Abierta de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz, es Doctor en Derecho por la Universidad de las Naciones campus Veracruz, titular de la Notaría Pública Número 61 de la décimo séptima demarcación notarial y miembro activo del Colegio de Notarios del Estado de Veracruz A.C. Ha participado en diversos congresos como ponente.

El **Dr. Ramar Mendoza Díaz**, es docente de tiempo completo en la Licenciatura en Derecho del Sistema de Enseñanza Abierta de la Universidad Veracruzana, Región Veracruz, es Doctor en Derecho por la Universidad de las Naciones campus Veracruz, coordinador de la Maestría en Derechos Humanos y Justicia Constitucional del Sistema de Enseñanza Abierta, Región Veracruz y miembro activo del Colegio de Doctores en Derecho del Estado de Veracruz A.C. Ha participado en diversos congresos como ponente

# La Musicoterapia como Tratamiento Alternativo en la Enfermedad de Alzheimer

Librado Dominguez Luis Donald, Dra. Leova Pacheco Gil

**Resumen-**se realizó una revisión sistemática sobre el efecto de la Musicoterapia como Tratamiento Alternativo en la Enfermedad de Alzheimer. Se revisaron las siguientes bases de datos: Pubmed, Science, Scielo y Google Académico con las palabras claves: enfermedad de Alzheimer, musicoterapia. Se encontraron 258 publicaciones, se aplicaron criterios de inclusión: fecha de publicación 2010 a 2020, relación de la enfermedad y la musicoterapia, grado de enfermedad evaluado por diversas escalas; se obtuvieron 10 artículos. Se estudió una población de 628 pacientes: 333 tratados con musicoterapia y 295 parte de un grupo control. El número de sesiones osciló entre 2 y 24 semanas, con duración promedio de 47 minutos y promedio de horas en las que se aplicaron la musicoterapia fue de 51. Se encontró mejoría en síntomas como: memoria en 286 personas de la población total, depresión en 162, entre otros parámetros.

**Palabras clave-**Enfermedad de Alzheimer, musicoterapia

## Introducción

La demencia hoy en día es una enfermedad que afecta cada vez más a los adultos

mayores, impactando tanto en su vida social como familiar; según la OMS. “es un síndrome que implica el deterioro de la memoria, el intelecto, el comportamiento y la capacidad para realizar actividades de la vida diaria”. Una de las formas de demencia más común es la enfermedad Alzheimer, representando entre un 60-70% de los casos. Según el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS): “El Alzheimer es una enfermedad que afecta a las células del cerebro (neuronas), provocando que se degeneren y mueran. Quienes la padecen presentan deterioro progresivo en la capacidad para procesar el pensamiento (memoria, orientación, lenguaje, aprendizaje, calculo, etc.) el síntoma más representativo es el deterioro progresivo de las funciones mentales como: pérdida de la memoria, dificultad para realizar tarea familiares, problemas para articular el lenguaje (olvida las palabras correctas), problemas para reconocer objetos y/o rostros conocidos, desorientación en tiempo y espacio (olvida fechas y lugares), juicio pobre (no sabe qué hacer en situaciones simples), alteraciones en el cálculo, pérdida de objetos personales como llaves, ropa, etc.

Actualmente no se conoce algún tratamiento que cure por completo este padecimiento, sin

embargo, existen múltiples terapias no farmacológicas (intervenciones psicosociales) que ayudan a que el proceso de deterioro sea lento, una de ellas es la musicoterapia, modalidad de tratamiento en pacientes con Alzheimer en donde se utiliza la música y sus elementos para mejorar la comunicación, el aprendizaje, la movilidad y otras funciones mentales o físicas de estos pacientes. Muchos autores han realizado diversos estudios en donde defienden (desde hace años) el efecto beneficioso de la musicoterapia sobre las funciones cognitivas y afectivas de pacientes con Alzheimer.

El diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer sigue siendo neuropatológico, y solo se realiza en vida de manera excepcional. En la práctica se debe de guiar por la clínica, la exploración neurocognitiva y las pruebas complementarias. Probablemente será necesario un seguimiento evolutivo antes de alcanzar un diagnóstico específico.

El declinar cognitivo es seguramente el hecho central del cuadro de la demencia de Alzheimer. Hay algunos informes que muestran que la música puede ser un instrumento con cierta eficacia en la mejoría de los defectos cognitivos, aunque no hay muchos estudios controlados sobre esta cuestión. En las últimas décadas han prosperado los estudios sobre la memoria, debido a que ha aumentado el interés por procesos que cursan básicamente con amnesia, singularmente las demencias, que se han convertido en un problema social y sanitario de primer orden. Pero junto con ello el estudio de la memoria se ha visto impulsado porque se ha encontrado un modelo adecuado con la analogía con el ordenador utilizados por los psicólogos cognitivista.

Actualmente no se conoce algún tratamiento que cure por completo este padecimiento, sin embargo, existen múltiples terapias no farmacológicas (intervenciones psicosociales) que ayudan a que el proceso de deterioro sea lento, una de ellas es la Musicoterapia, modalidad de tratamiento en pacientes con Alzheimer en donde se utiliza la música y sus elementos para mejorar la comunicación, el aprendizaje, la movilidad y otras funciones mentales o físicas de estos pacientes. Muchos autores han realizado diversos estudios en donde apoyan desde hace

algunos años el efecto benéfico de la Musicoterapia sobre las funciones cognitivas y afectivas de pacientes con Alzheimer.

### Descripción del método

Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos: PubMed, Science Direct, Scielo y Google Académico, empleando como palabras clave Musicoterapia, Alzheimer Disease, Music Therapy y Demencia, se obtuvo 258 resultados iniciales. Se seleccionó únicamente los trabajos publicados entre enero de 2010 y agosto de 2020, obteniendo 103 artículos, posteriormente se excluyeron los que no trataban la relación específica de la Musicoterapia y Alzheimer, de donde se obtuvieron 53 resultados, de estos se descartaron los que no utilizaran el MMSE (mini examen mental) y se consiguieron 24 publicaciones, se eliminaron los que no usaran el inventario neuropsiquiátrico o la escala de depresión geriátrica, de donde se obtuvieron 11 artículos. Por último, se excluyeron los que no tenían una duración de la terapia entre 3 y 6 meses, obteniendo 9 artículos. Por otro lado, se revisó un grupo de artículos que no incluyeran los criterios de edad y duración del tratamiento, encontrando 1 artículo; al final se obtuvo un total de 10 artículos. El total de pacientes evaluados en los 10 artículos fueron 628 pacientes: 333 participaron en sesiones de musicoterapia y 295 en otras actividades (pintura=28, juegos de mesa n=12, lectura lirica n=99 y grupo control n=156).

Imagen 1. Árbol de metodología

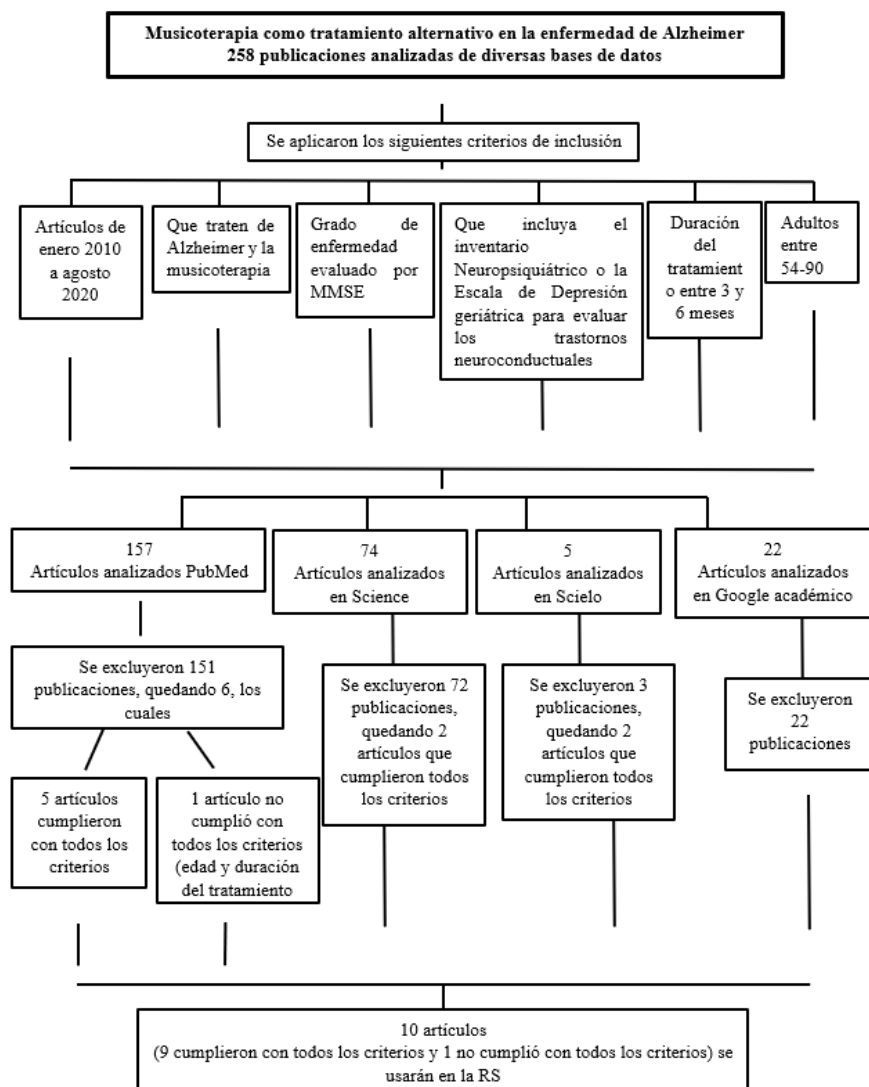


Fig. 1 Metodología

## Resultados

Los 10 artículos revisados tienen como finalidad analizar efectos de la Musicoterapia sobre los trastornos neuroconductuales de los pacientes con Enfermedad de Alzheimer, principalmente en los síntomas de ansiedad y depresión. Se incluyeron 628 pacientes, de los cuales fueron 333 fueron tratados con Musicoterapia y 295 fueron parte de grupos control. Algunos investigaron el efecto de la musicoterapia en el área cognitiva global, sin embargo, la mayoría de los autores se centraron en funciones cognitivas específicas como: memoria, lenguaje y orientación.

El género musical empleado en las sesiones en cada uno de los artículos revisados fue variable, por ejemplo, una investigación aplicó música triste para estimular la memoria autobiográfica, no obstante, la mayoría de los estudios realizados utilizó la preferencia musical del paciente.

La frecuencia y la duración de las sesiones (ver gráfica 1) es variada, teniendo como mínimo 2 semanas y como máximo 24 semanas, con un promedio de 17.5 semanas. Por otro lado, en la duración de cada sesión, el mínimo fue de 30 minutos y el máximo de 2 horas; con un promedio de 47 minutos. El número total de horas de aplicación de la Musicoterapia en los estudios fue como mínimo 5 horas y como máximo 168 horas, con un promedio de 51 horas.

### Duración tratamiento

Artículo	Duración en semanas	Número de sesiones	Número de horas
CHEIN-HSUN, L	24	336	168
DELPHIN-COMBE, F	2	10	5
GOMEZ-GALLEGO, M	12	24	18
GUETIN, S	24	24	12
HEE-JIN, K	24	120	60
LYU, J	12	168	100
MEILAN, J			
MOREIRA, S	24	48	48
PONGAN, E	12	12	24
SATOH, M	24	24	24

Figura 2. Duración tratamiento

Se notó mejoría en la puntuación de las siguientes evaluaciones (tabla 1,2 y 3).

- Mini-Examen del Estado Mental (MMSE): antes de la intervención con Musicoterapia, el rango de puntaje de los 10 artículos fue de 15.02-17.55; terminando la duración de la terapia, se logró un rango de 19.28-19.64, tomando en cuenta que entre más elevada es la puntuación, menor es la gravedad de los síntomas.
- Inventario Neuropsiquiátrico: antes de la intervención el rango fue de 16.37-17.71; terminando, se logró un rango de 7.57-13.01, en este examen, entre más bajo son los resultados, mayor es la mejoría de los síntomas neuroconductuales.
- Escala de Depresión Geriátrica: antes de la intervención el rango fue de 16.31-16.7; terminando, se logró un rango de 8.9-14.8, en esta evaluación, entre más baja es la puntuación, mayor es la mejoría de los síntomas neuroconductuales.

**Tabla 1. Puntuaciones de las evaluaciones de los 333 pacientes**

MMSE	NPI	GDS
Rango inicial: 15.02-17.55	Rango inicial: 16.37-17.71	Rango inicial: 16.31-16.7
Rango final: 19.28-19.64	Rango final: 7.57-13.01	Rango final: 8.9-14.8

MMSE: mini examen mental; NPI: inventario neuropsiquiátrico; GDS: escala de depresión geriátrica

**Tabla 2. Resultados de los estudios**

Autor/a	Total de pacientes	Síntomas que mejoraron	Número de pacientes que mejoraron
Chien-Hsun, L. et al. (2015).	Grupo musicoterapia: 20 Grupo control: 21	Síntomas psicológicos.	20 (48.78%)
Delphin-Combe, F. et al. (2013).	Grupo musicoterapia: 12 Grupo control: 12	Ansiedad.	12 (50%)
Gómez-Gallego, M. et al. (2015).	Grupo musicoterapia: 24	Orientación, lenguaje y memoria.	24 (100%)
Guétin, S. et al. (2010).	Grupo musicoterapia: 15 Grupo control: 15	Ansiedad y depresión.	15 (50%)
Hee-Jin, K. et al. (2015).	Grupo musicoterapia: 32 Grupo control: 21	Memoria.	32 (60.37%)
Lyu, J. et al. (2018).	Grupo musicoterapia: 100 Grupo control: 198	Memoria y lenguaje.	100 (33.55%)
Meilán, J. et al. (2013).	Grupo musicoterapia: 25	Memoria.	25 (100%)
Moreira, S. et al. (2018).	Grupo musicoterapia: 64	Memoria y depresión.	64 (100%)
Pongan, E. et al. (2017).	Grupo musicoterapia: 31 Grupo control: 28	Ansiedad, depresión y memoria.	31 (52.54%)
Satoh, M. et al. (2015).	Grupo musicoterapia: 10	Síntomas cognitivos.	10 (100%)

**Tabla 3. Resultados de la evaluación de los síntomas que mejoraron**

Síntomas que mejoraron	Número de pacientes tratados con musicoterapia que mejoraron (n=333)
<b>Memoria</b>	286 (85.88%)
<b>Lenguaje</b>	134 (40.24%)
<b>Depresión</b>	130 (39.03%)
<b>Ansiedad</b>	78 (23.42%)
<b>Orientación</b>	34 (10.21%)

## Conclusión

En esta revisión, la Musicoterapia es una intervención que mejora significativamente los síntomas asociados a problemas neuroconductuales, cognitivos y sociales. Sin embargo, se necesita mayor evidencia para poder establecerlo como un tratamiento alternativo eficaz para los pacientes con Enfermedad de Alzheimer (EA), considerando esto, la música podría ser la terapia del futuro, mejorando la calidad de vida de los pacientes.

## Bibliografía

1. Chien-Hsun, L. et al. (2015). Adjunct effect of music therapy on cognition in Alzheimer's disease in Taiwan: a pilot study. Adjunct effect of music therapy on cognition in Alzheimer's disease in Taiwan: a pilot study (nih.gov)
2. Delphin-Combe, F. et. al. (2013). Effet d'une intervention non médicamenteuse, Voix d'Or®, sur les troubles du comportement dans la maladie d'Alzheimer ou une maladie apparentée. [Effect of a non-pharmacological intervention, Voix d'Or®, on behavior disturbances in Alzheimer disease and associated disorders] - PubMed (nih.gov)
3. Gómez-Gallego, M., & García, J. (2015). Musicoterapia en la enfermedad de Alzheimer: efectos cognitivos, psicológicos y conductuales. *Neurología*, 32(5), 300-308. Musicoterapia en la enfermedad de Alzheimer: efectos cognitivos, psicológicos y conductuales | *Neurología* (elsevier.es)
4. Guetin, S., Portet, F., Picot, M., Pommié, C., Messaoudi, M., Djabelkir, L., & Touchon, J. (2010). Effect of music therapy on anxiety and depression in patients with Alzheimer's type dementia: randomised, controlled study. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 28(1), 36-46. Effect of music therapy on anxiety and depression in patients with Alzheimer's type dementia: randomised, controlled study - PubMed (nih.gov)
5. Hee-Jin, K., Yang, Y., Oh, J., Oh, S., Choi, H., Kim, K. H., & Kim, S. (2015). Effectiveness of a community-based multidomain cognitive intervention program in patients with Alzheimer's disease. *Geriatrics & Gerontology International*, 16(2), 191-199. Effectiveness of a community-based multidomain cognitive intervention program in patients with Alzheimer's disease - PubMed (nih.gov)
6. Lyu, J., Zhang, J., Mu, H., Li, W., Champ, M., Xiong, Q., & Li, M. (2018). The effects of music therapy on cognition, psychiatric symptoms, and activities of daily living in patients with Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 64(4), 1347-1358. The Effects of Music Therapy on Cognition, Psychiatric Symptoms, and Activities of Daily Living in Patients with Alzheimer's Disease - PubMed (nih.gov)
7. Meilán, J., Iodice, R., Carro, J., Sánchez, J. A., Palmero, F., & Mateos, A. M. (2013). Improvement of autobiographic memory recovery by means of sad music in Alzheimer's disease type dementia. *Aging clinical and experimental research*, 24(3), 227-232. Improvement of autobiographic memory recovery by means of sad music in Alzheimer's Disease type dementia - PubMed (nih.gov)
8. Moreira, S., Justí, F., & Moreira, M. (2018). Can musical intervention improve memory in Alzheimer's patients? Evidence from a systematic review. *Dementia & neuropsychologia*, 12(2), 133-142. Can musical intervention improve memory in Alzheimer's patients? Evidence from a systematic review (scielo.br)
9. Pongan, E., Tillmann, B., Leveque, Y., Trombert, B., Getenet, J. C., Auguste, N., & Vulliez, E. (2017). Can musical or painting interventions improve chronic pain, mood, quality of life, and cognition in patients with mild Alzheimer's disease? Evidence from a randomized controlled trial. *Journal of Alzheimer's Disease*, 60(2), 663-677. Can Musical or Painting Interventions Improve Chronic Pain, Mood, Quality of Life, and Cognition in Patients with Mild Alzheimer's Disease? Evidence from a Randomized Controlled Trial - PubMed (nih.gov)
10. Satoh, M., Yuba, T., Tabei, K., Okubo, Y., Kida, H., Sakuma, H., & Tomimoto, H. (2015). Music therapy using singing training improves psychomotor speed in patients with Alzheimer's disease: a neuropsychological and fMRI study. *Dementia and geriatric cognitive disorders extra*, 5(3), 296-308. Music Therapy Using Singing Training Improves Psychomotor Speed in Patients with Alzheimer's Disease: A Neuropsychological and fMRI Study (nih.gov)



# Análisis de la Estructura de Bandas Electrónicas en Diferentes Alótropos de Carbono

Erick Alejandro Lima Olivares<sup>1</sup>, Dr. Celso Velásquez Ordoñez<sup>2</sup>,  
Dra. María Luisa Ojeda Martínez<sup>3</sup>, Dr. Víctor Manuel Rentería Tapia<sup>4</sup>, Dr. Miguel Ojeda Martínez<sup>5</sup>

**Resumen**— El carbono es de gran importancia debido a las distintas propiedades de sus alótropos, por ejemplo, el óxido de grafeno tiene comportamiento como semiconductor. En este trabajo analizamos la modificación en la estructura de bandas electrónicas en diferentes estructuras basadas en carbono, iniciando con grafito hasta llegar a un modelo propuesto de óxido de grafeno reducido. Los cálculos de la estructura de bandas se realizaron mediante la “Teoría de los Funcionales de la Densidad” usando el programa SIESTA. Se crearon modelos de grafito, grafeno, óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido, los cuales fueron relajados a la mínima energía para finalmente obtener sus bandas electrónicas. Los resultados demostraron que el grafito y el grafeno tienen un comportamiento como materiales conductores, mientras que el óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido mostraron ser semiconductores.

**Palabras clave**— Alótropos, DFT, Grafito, grafeno, OG, Jmol.

## Introducción

El carbono es un elemento altamente conocido que ha sido muy estudiado en una de sus formas sólidas  $sp^2$  (grafito), esta hibridación se debe al sistema conjugado donde existe una deslocalización electrónica originado por el orbital p que se encuentra de forma ortogonal provocando que los electrones se desplacen libremente de una capa a otra produciendo una conductividad (Chemistry Libre Text 2019).

Estructuralmente, el grafito se presenta por un conjunto de láminas apiladas formadas a partir de arreglos hexagonales de átomos, siendo este un alótropo del carbono junto al grafeno y óxido de grafeno.

La diferencia en la estructura del grafeno y del grafito recae en que el grafeno contiene solo una capa de átomos de carbono requiriendo que las capas de la estructura lamelar se encuentren más lejanas entre sí, esto para que no haya ninguna interacción intermolecular entre los átomos de carbono de una capa con otra, a pesar de ser una estructura similar no presenta la misma propiedad eléctrica, el band gap muestra una singularidad muy diferente al grafito, el mismo criterio es utilizado para el caso de óxido de grafeno (OG) y OG-H cuya particularidad recae en incorporación de átomos de oxígeno provocando que la hibridación no solo sea  $sp^2$  sino orbitales  $sp^3$  que ya no corresponde a electrones deslocalizados dando un band gap más grande.

## Descripción del Método

Se realizó el modelo de la celda primitiva del grafito y grafeno colocando las coordenadas de cada átomo y respetando la distancia de los enlaces y los ángulos que deben existir, cuyos valores son:

- Enlace C-C: 1.42 Å
  - Enlace C-O: 1.43 Å
  - Enlace O-H: 0.96 Å
- (UPV s.f.)

Para visualizar los modelos generados se utilizó el software Jmol, esto con el fin de verificar con los modelos representen lo que experimentalmente se conoce. Las estructuras son de forma lamelar cambiando en si la posición de los átomos con respecto a otra.

La celda fue modelada partiendo de la estructura hexagonal. Esto se define de esta manera ya que la celda está conformada por vectores y ángulos. Para la base los vectores  $\vec{a}$  y  $\vec{b}$  fueron modelados con la misma magnitud,  $|\vec{a}|$  y  $|\vec{b}|$  es de 2.468 Å, mientras que el vector  $\vec{c}$  que se relacionó con la altura de la red fue modelada con  $|\vec{c}|$  a 8.685 Å, por otro lado, los ángulos fueron de gran importancia ya que estos nos indican en gran medida la celda trigonal, se recurrió al uso de tres ángulos:  $(\alpha, \beta, \gamma)$ , Alfa corresponde al ángulo que se forma entre  $\vec{a}$  y  $\vec{c}$ , con un valor de  $90^\circ$ , de igual

<sup>1</sup> Erick Alejandro Lima Olivares es estudiante de la Ingeniería en Diseño Molecular de Materiales en la Universidad de Guadalajara, Ameca, Jalisco. [erick.lima5815@alumnos.udg.mx](mailto:erick.lima5815@alumnos.udg.mx)

<sup>2</sup> Dr. Celso Velásquez Ordoñez es Profesor e Investigador del Centro Universitario de los Valles, Ameca, Jalisco

<sup>3</sup> Dra. María Luisa Ojeda Martínez es Profesora e Investigadora del Centro Universitario de los Valles, Ameca, Jalisco

<sup>4</sup> Dr. Víctor Manuel Rentería Tapia es Profesor e Investigador del Centro Universitario de los Valles, Ameca, Jalisco

<sup>5</sup> Dr. Miguel Ojeda Martínez Profesor e Investigador del Centro Universitario de los Valles, Ameca, Jalisco

[miguel.ojeda9380@academicos.udg.mx](mailto:miguel.ojeda9380@academicos.udg.mx) (autor correspondiente)

forma Beta tiene el mismo valor, la diferencia es que este es sobre el ángulo que se forma entre  $\vec{b}$  y  $\vec{c}$ , en cambio se obtuvo un ángulo obtuso de  $120^\circ$  con respecto al  $\vec{a}$  y  $\vec{b}$ .

*Grafito*

La estructura primitiva del grafito se formó de cuatro átomos de carbono, ubicados en dos capas, una inferior y otra superior como se muestra en la Figura 1. La distancia entre las capas es de 0.434 nm

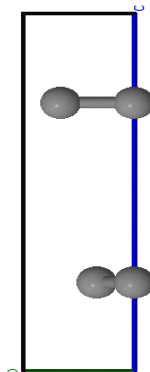


Figura 1. Estructura primitiva del grafito.

Mediante los criterios de la distancia entre los distintos enlaces se crearon las siguientes coordenadas cartesianas de los átomos de C:

- C1 inferior: (0.000, 0.000, 2.171)
- C2 inferior: (1.234, 0.712, 2.171)
- C1 superior: (0.000, 0.000, 6.514)
- C2 superior: (0.000, 1.425, 6.514)

(UPV s.f.)

Y Convertidas a coordenadas fraccionales por medio de la matriz (1.1), de tal forma que el programa SIESTA pueda interpretar los valores de las coordenadas.

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{a} & -\frac{\cos(\gamma)}{a \cdot \sin(\gamma)} & bc \frac{\cos(\alpha)\cos(\gamma) - \cos(\beta)}{\Omega \cdot \sin(\gamma)} \\ 0 & \frac{1}{b \cdot \sin(\gamma)} & ac \frac{\cos(\beta)\cos(\gamma) - \cos(\alpha)}{\Omega \cdot \sin(\gamma)} \\ 0 & 0 & \frac{ab \cdot \sin(\gamma)}{\Omega} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

(1.1)

Para poder transformar a forma fraccional se usó la matriz (1.1) donde  $(x, y, z)$  corresponden a las coordenadas cartesianas de los átomos de las distintas especies, los valores  $(a, b, c)$  son las magnitudes de los vectores de la red de Bravais, las letras griegas  $(\alpha, \beta, \gamma)$  son los ángulos entre los vectores y  $\Omega$  es el volumen de celda unitaria, ecuación (1.2).

$$\Omega = abc\sqrt{1 - \cos^2(\alpha) - \cos^2(\beta) - \cos^2(\gamma) + 2\cos(\alpha)\cos(\beta)\cos(\gamma)}$$

(1.2)

*Modelo*

Para el grafeno se utilizaron las coordenadas de la capa inferior, además debido a que la interacción de las capas debe ser mínima por lo que se propuso que la distancia entre ellas fuera de un tamaño mayor, recordar que el grafeno solo es una lámina de la secuencia hexagonal de carbonos, Figura 2.

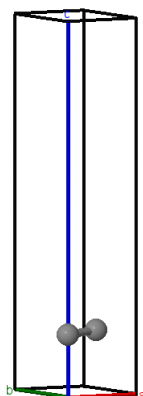


Figura 2. Estructura primitiva del grafeno, se aprecia la estructura hexagonal.

En el caso de rOG y OG se incorporaron dos átomos de oxígeno (Lundie 2014) y además dos átomos de hidrógeno para el OG. La incorporación de los oxígenos genera grupos epoxi (un átomo de oxígeno unido a dos átomos de carbono) lo que lleva a que la estructura propuesta de dos carbonos por nivel no es conveniente debido a que cada uno tendrían cinco enlaces, para evitar esto se modeló una supercelda que contiene dos átomos extras de carbono, Figura 3.

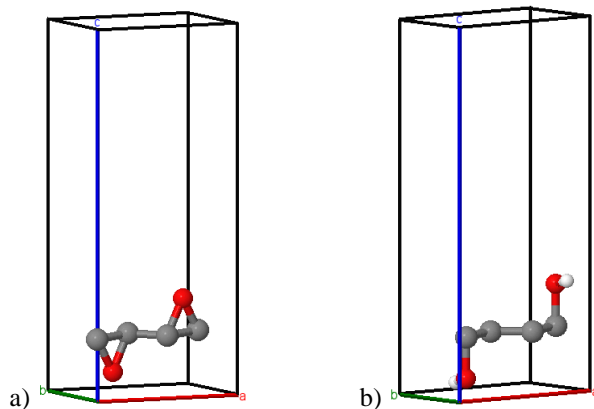


Figura 3. a) Estructura primitiva del rOG, b) Estructura primitiva del OG

El incremento de dos a cuatro carbonos no solo llevó a una modificación en la estructura, sino también a un cambio en la celda unitaria, al ser una estructura más grande el espacio que ocupa dentro es mayor, para esto se utilizó los datos de la celda unitaria del grafito modificando  $|\vec{a}|$  al doble, manteniendo a  $|\vec{b}|$  y  $|\vec{c}|$  con los mismos valores, claramente al sufrir un cambio  $|\vec{a}|$  el volumen cambia para ello este se obtiene mediante la ecuación (1.2)

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

##### Grafito

Una vez relajada la estructura del grafito nos llevó a valores un tanto diferentes a los que se propusieron en nuestro modelo, esto es así porque corresponde a la estructura más estable. Con respecto a la celda la magnitud de los vectores  $|\vec{a}|$  y  $|\vec{b}|$  cambió a 2.457 Å, de la misma forma  $|\vec{c}|$  dio como valor 6.042 Å, los ángulos se mantuvieron iguales y la energía de Fermi resultó de 4.7626.

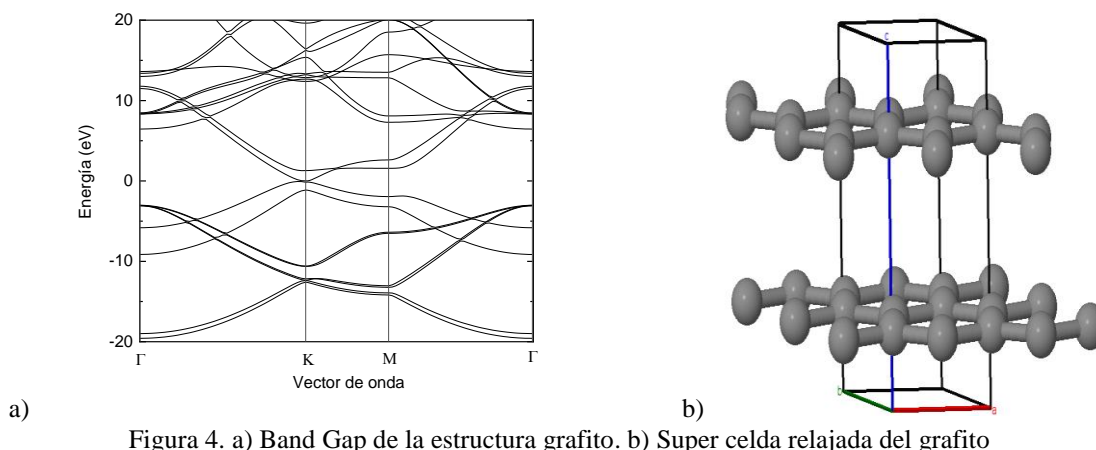


Figura 4. a) Band Gap de la estructura grafito. b) Super celda relajada del grafito

La información de la figura 4. se observa que la banda prohibida se encuentra en el 0, de esa manera se obtuvo que la banda de conducción como de valencia tienen una pequeña superposición lo que lo define como un semimetal, el punto donde hay esta superposición fue en K lo que indica una temperatura de más de 20°C en el sistema (Lanzara 2015), lo que nos lleva a una comprobación ya que el estudio se hizo a 26.85 °C, a su vez las bandas que se tienen un contacto forman parte de estados  $\pi$  y  $\pi^*$  lo que indica un sistema conjugado de hibridación  $sp^2$ .

Los valores obtenidos en el grafito influyeron de gran parte para la relajación de las demás estructuras. El modelo de la celda se realizó en base a los datos que se obtuvieron sobre a la magnitud de cada uno de los vectores, siendo  $|\vec{a}|$  y  $|\vec{b}|$  2.457 Å, respecto a  $|\vec{c}|$  13.042 Å, esto significa que al valor obtenido se le sumó 7 Å, esto se debió a que se debe cumplir que la distancia entre las capas sea lo suficiente para que no exista alguna fuerza intermolecular (fuerzas de Van der Waals).

#### Grafeno

Dado que lo obtenido para el grafito nos llevó a un resultado muy acertado, lo mismo se esperaba de este material, de igual manera se obtuvo que el grafeno es un material conductor, pero de tipo zero-gap material (material de cero espacios) (Endinburgh instruments s.f.). La celda con la que se trabajó obtuvo un cambio solo respecto al vector  $|\vec{b}|$ , el cual dio un valor de 2.456 Å, respecto a los demás vectores y ángulos, estos se mantuvieron iguales.

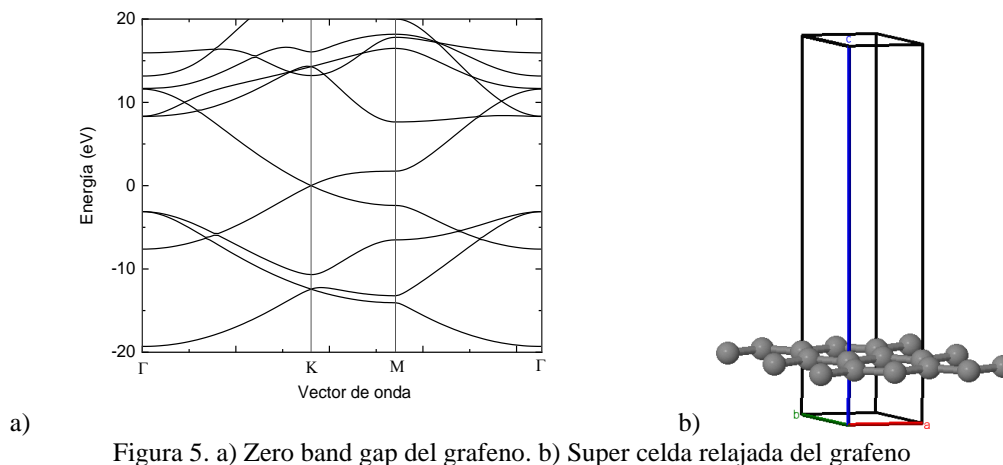
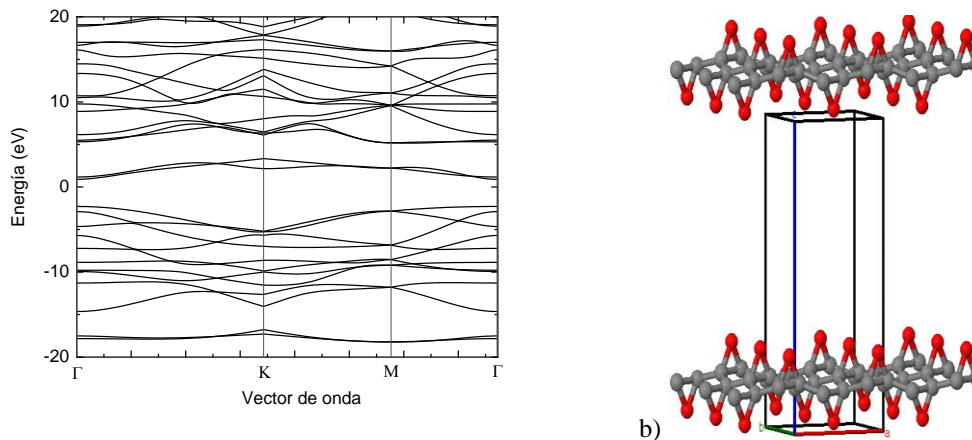


Figura 5. a) Zero band gap del grafeno. b) Super celda relajada del grafeno

De acuerdo con la figura 5 el punto donde existe el acercamiento de la banda de valencia y la banda de conducción fue de misma manera que el grafito, en K, además de formar estados  $\pi$  y  $\pi^*$  esto es debido a que se realizó la relajación a la misma temperatura y que el grafeno es sistema conjugado con hibridación  $sp^2$ .

#### Oxido de grafeno reducido (rGO)

A partir de una estructura de grafeno se le colocó dos átomos de oxígeno formando grupos epóxidos con dos átomos de carbono, los cuales influyeron mucho en la relajación de nuestra estructura, los valores de la celda sufrieron cambio en todos los vectores, el vector  $|\vec{a}|$  dio un valor de 4.936,  $|\vec{b}|$  2.467946, mientras que  $|\vec{c}|$  13.008. El band gap con valor de 3.1976, muestra de un comportamiento de un semiconductor, de igual forma la hibridación del rGO es de tipo  $sp^3$ .

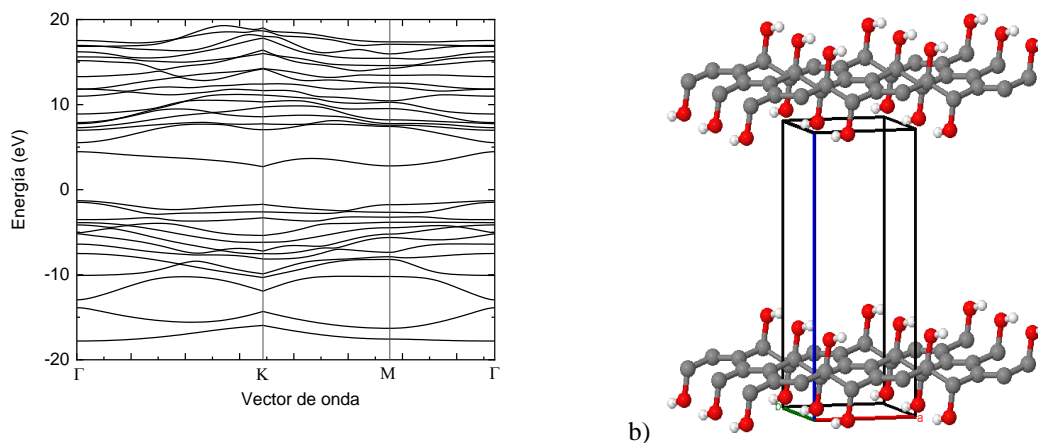


a) b) **Figura 6. a) Band gap rGO. b) Super celda relajada del oxido de grafeno reducido**

En el band gap de la Figura 6. Podemos ver que, a diferencia del grafito y grafeno, el cambio de hibridación  $sp^2$  a  $sp^3$  genera cambios en la estructura de las bandas, no se presentan estados  $\pi$  y  $\pi^*$ , esto es claramente a una hibridación  $sp^3$  que forma el enlace C-O, por lo que presenta propiedades de un semiconductor.

*Oxido de grafeno (GO)*

El Óxido de Grafeno da un resultado muy similar al rGO, la celda relajada prestó los mismos cambios que la estructura de rGO, el vector  $|\vec{a}|$  dio un valor de 4.936,  $|\vec{b}|$  2.467946, mientras que  $|\vec{c}|$  13.008, esto se debe a que se utilizó los mismos valores para dicha celda.



a) b) **Figura 7. a) Band gap GO. b) Super celda relajada del oxido de grafeno**

A diferencia de este, presenta átomos de hidrogeno unidos a los oxígenos, Figura 7, este enlace presenta una hibridación  $sp^3$  al igual que el enlace de C-O, por esto mismo se obtiene un band gap con propiedades similares. El resultado fue de un semiconductor, pero con un valor de 3.9919 siendo una diferencia de 0.7943 mayor respecto al rGO, esta diferencia indica que es un peor semiconductor, siendo la diferencia principal en los electrones libres ocupados por los átomos de hidrogeno lo que lleva a una menor conductividad, además que los estados  $\pi$  y  $\pi^*$  no se encuentran presentes.

Alótropo	Enlaces iniciales		Enlaces relajados	
Grafito	C1-C3	1.42 Å	C1-C3	1.42 Å
	C2-C4	1.42 Å	C2-C4	1.42 Å
Grafeno	C1-C2	1.42 Å	C1-C2	1.42 Å
rOG	C1-C2	1.42 Å	C1-C2	1.45 Å
	C2-C3	1.42 Å	C2-C3	1.46 Å
	C3-C4	1.42 Å	C3-C4	1.45 Å
	C1-O1-C2	1.43 Å	C1-O1-C2	1.42 Å
	C4-O2-C3	1.43 Å	C4-O2-C3	1.42 Å
OG	C1-C2	1.42 Å	C1-C2	1.50 Å
	C2-C3	1.42 Å	C2-C3	1.41 Å
	C3-C4	1.42 Å	C3-C4	1.50 Å
	C1-O1	1.43 Å	C1-O1	1.41 Å
	C4-O2	1.43 Å	C4-O2	1.41 Å
	H1-O2	0.96 Å	H1-O2	1.02 Å
	H2-O1	0.96 Å	H2-O1	1.02 Å

Tabla 1. Diferencia en angstroms entre distancia de enlaces después de la relajación

### Conclusiones

Se concluyó que todas las estructuras propuestas fueran las adecuadas, así como la posición exacta de cada átomo, el tamaño de la celda y los vectores propuestos de cada uno, los resultados obtenidos fueron muy similares a lo estudiado anteriormente para el grafito y el grafeno. El grafito se esperaba un comportamiento de tipo conductor debido a que su estructura posee una dislocación de electrones, el grafeno a pesar de que es la misma estructura no se apreció el mismo resultado ya que al tener las láminas más separadas presenta una propiedad llamada “Zero Band Gap” donde no hay una distancia de separación o superposición de la banda de conductividad respecto a la de valencia, para el caso de rGO y OG, el uso de los átomos tanto de oxígeno como hidrogeno llevaron a obtener un band gap de tal forma que los materiales tienen un comportamiento de aislante al ser de mayor tamaño, por lo que la incorporación de estos átomos provoca que ya no exista la deslocalización de electrones.

### Referencias

«Analysis of energy gap opening in graphene oxide.» *Journal of Physics: Conference Series*, 2014: 1-3.

«Chemistry Libre Text.» *1.10: Pi Conjugation*. 5 de Junio de 2019.

[https://chem.libretexts.org/Courses/Purdue/Purdue%3A\\_Chem\\_26505%3A\\_Organic\\_Chemistry\\_I\\_\(Lipton\)/Chapter\\_1.\\_Electronic\\_Structure\\_and\\_Chemical\\_Bonding/1.10%3A\\_Pi\\_Conjugation](https://chem.libretexts.org/Courses/Purdue/Purdue%3A_Chem_26505%3A_Organic_Chemistry_I_(Lipton)/Chapter_1._Electronic_Structure_and_Chemical_Bonding/1.10%3A_Pi_Conjugation) (último acceso: 15 de septiembre de 2021).

«Edinburgh instruments.» *Tuning the Photoluminescence of Graphene Oxide*. s.f. <https://www.edinst.com/graphene-oxide-photoluminescence/> (último acceso: 4 de septiembre de 2021).

Lanzara, Alessandra. *Physics*. 21 de Septiembre de 2015. <https://physics.aps.org/articles/v8/91>.

Lundie, Mark. «Analysis of energy gap opening in graphene oxide.» *Journal of Physics: Conference Series*, 2014: 1-3.

«UPV.» *Enlace Covalente*. s.f. [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm03/pfcm3\\_3\\_2.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm03/pfcm3_3_2.html) (último acceso: 23 de agosto de 2021).

# Análisis de Efectos de Indicadores de Temperatura Máxima Extrema en el Estado de Sinaloa

Omar Llanes Cárdenas<sup>1\*</sup>, Mariano Norzagaray Campos<sup>1</sup>,  
Gabriel Eduardo González González<sup>1</sup> y Jesús Saúl López Rocha<sup>1</sup>

**Resumen**— El objetivo de este trabajo fue determinar la tendencia y efectos de los indicadores de temperatura máxima extrema (frecuencia, duración media diaria, duración diaria anual e intensidad de extremos calientes y la temperatura máxima maximórum). Los datos de temperatura máxima diaria fueron obtenidos de la base de datos CLICOM, se calcularon las tendencias no paramétricas, así como los períodos de retorno de cada indicador. Entre los resultados más relevantes se encuentran que para el año 2023 se pueden predecir los indicadores de temperatura máxima extrema excepto para los extremos calientes. Estos resultados pueden ayudar a desarrollar planes de cambio de fecha de siembra y cosecha de los cultivos más sensibles a altas temperaturas máximas en el estado considerado el granero de México.

**Palabras clave**—extremos calientes, tendencias, temperatura máxima extrema, Sinaloa.

## Introducción

El estado de Sinaloa, es líder a nivel nacional en la producción de alimentos, principalmente granos y hortalizas (Banco mundial *et al.*, 2014). Es de vital importancia conocer los efectos que se están teniendo por las altas temperaturas máximas y de confirmarse los efectos adversos de este indicador en la agricultura, se deben desarrollar planes de manejo, prevención y adaptación de nuevas especies de cultivos que resistan a estas inclemencias (Ahumada *et al.*, 2014). En este trabajo se determinaron las tendencias de algunos indicadores de temperatura máxima extrema: frecuencia (FR), duración media diaria (DAA), duración diaria anual (DDA) e intensidad (IN) de extremos calientes y la temperatura máxima maximórum (TMm). Se calculó la función de distribución de probabilidad ajustada para posteriormente calcular los períodos de retorno ajustados (PRA) de cada uno de estos indicadores anteriormente señalados. Este trabajo aporta nuevos conocimientos en el comportamiento de algunos indicadores de temperatura máxima extrema para poder establecer planes de prevención o adaptación con el menor porcentaje de error probabilístico (Strupczewski *et al.*, 2001).

## Materiales y método

### Tendencia de indicadores de temperatura máxima extrema

Se aplicaron tendencias no paramétricas de Mann-Kendall a la serie de variables de la temperatura máxima extrema de 19 estaciones meteorológicas del estado de Sinaloa, México, pertenecientes a la base de datos del CLICOM (Figura 1).

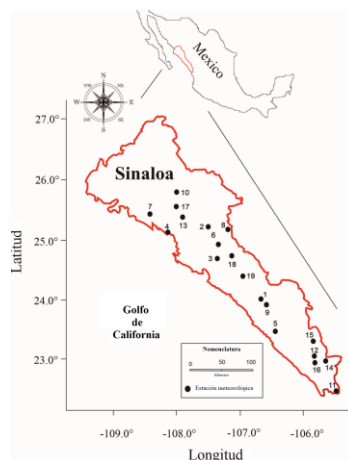


Figura 1. Área de estudio.

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Sinaloa. \*oma\_llanes@hotmail.com (autor correspondal).

*Funciones de distribución de probabilidad ajustadas*

Se aplicaron 16 funciones de distribución de probabilidad mediante el software XLstat versión 2014. Mediante el comportamiento de los p-valores de las funciones de distribución de probabilidad se conocieron las que tuvieron mayor ajuste, siendo las ecuaciones siguientes las seleccionadas: Funciones Log (Eq 1), lognormal (Eq 2) y GEV (Eq 3), respectivamente:

$$F(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{1 + e^{-(x-\mu)/\sigma}} \quad \text{Eq 1}$$

$$F(x, k, \beta, \mu) = \exp \left[ - \left[ 1 + k \left( \frac{x - \mu}{\beta} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \right] \quad \text{Eq 2}$$

$$F(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{\ln x - \mu}{\sigma \sqrt{2}} \right) \right] \quad \text{Eq 3}$$

*Períodos de retorno de Funciones de distribución de probabilidad ajustadas*

Se obtuvieron los parámetros de forma, localización y escala para las funciones de distribución de probabilidad ajustadas, para de esta misma manera obtener los PRA de los indicadores de la temperatura máxima extrema, aplicando la siguiente ecuación:

$$ARP = \frac{1}{1 - F(x)} \quad \text{Eq 4}$$

**Resultados y discusión**

*Tendencia de indicadores de temperatura máxima extrema*

A continuación, se presentan los resultados de las tendencias no paramétricas de los indicadores de temperatura máxima extrema (Cuadro 1), donde se puede argumentar que las estaciones GUT, JAI, OTA y ROS fueron las únicas que registraron tendencias significativas en los cinco parámetros estudiados, donde GUT fue la única estación con tendencias positivas, debido a la temperatura máxima extrema (Ruiz et al., 2016).

Estación meteorológica	Indicadores de temperatura máxima extrema				
	FR	DAA	DDA	IN	TMm
	(EC dec <sup>-1</sup> )	(día EC <sup>-1</sup> dec <sup>-1</sup> )	(día dec <sup>-1</sup> )	(°C dec <sup>-1</sup> )	(°C day <sup>-1</sup> dec <sup>-1</sup> )
ACA	-2.19	-3.28	-20.94	-12.60	-1.41
BAD	-1.56	-3.33	-14.06	-12.92	-1.25
CUL	3.44	2.34	25.31	12.62	1.41
EPL	-2.81	-9.38	-18.75	-12.91	-1.88
EQU	-1.88	-1.69	-9.38	-11.77	-0.78
EVA	2.50	4.06	26.25	12.81	0.78
GUA	3.75	2.09	24.69	12.80	1.25
GUT	1.56	6.15	20.31	13.62	0.94
IXP	2.139	2.71	35.00	12.97	0.31



JAI	<b>-1.56</b>	<b>-4.27</b>	<b>-16.56</b>	<b>-12.74</b>	<b>-1.25</b>
LCO	-2.81	-2.67	-24.06	-12.11	-0.63
LTO	-1.88	-2.50	-13.13	-12.12	-0.47
MOC	-2.19	5.39	26.88	-12.81	-1.09
OTA	<b>-2.19</b>	<b>-2.66</b>	<b>-16.25</b>	<b>-12.68</b>	<b>-1.41</b>
POT	1.88	5.00	35.00	9.37	<b>2.50</b>
ROS	<b>-1.56</b>	<b>-4.45</b>	<b>-18.44</b>	<b>-11.97</b>	<b>-0.78</b>
SJO	-2.19	<b>-3.75</b>	-21.25	-13.64	-1.41
SAN	1.88	2.50	11.88	12.62	0.47
SCA	1.56	2.50	16.56	12.50	-0.78
Anual	1.91	-2.08	12.09	-12.21	-13.11

Cuadro 1. Identificación de tendencias significativas (negritas) de la temperatura máxima extrema

*Funciones de distribución de probabilidad ajustadas*

De las 16 funciones de distribución de probabilidad solo tres fueron las elegidas como funciones ajustadas, debido a que registraron los mayores p-valores: (FR con Log y p-valor = 0.9944; DAA con GEV y P-valor = 0.9795; DDA con Log y P-valor = 0.9728; IN con Lognormal y P-valor = 0.9517; TMm con Log y p-valor = 0.9088), estos resultados se pueden apreciar en el cuadro 2:

Función de distribución de probabilidad	p-valores (adimensional)				
	FR	DAA	DDA	IN	TMm
Beta4	0.0679	0.6054	0.0562	0.8202	0.3280
Chi-square	0.0095	0.0015	0.7976	0.5283	< 0.0001
Erlang	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Exponential	0.0008	< 0.0001	0.0041	< 0.0001	< 0.0001
Fisher-Tippett (1)	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Fisher-Tippett (2)	0.8579	0.8430	0.5771	0.2979	0.0890
GEV	0.9624	<b>0.9795</b>	0.8508	0.8664	0.7429
Gumbel	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Lognormal	0.9390	0.9793	0.7933	<b>0.9517</b>	0.8187
Log	<b>0.9944</b>	0.9573	<b>0.9728</b>	0.9070	<b>0.9088</b>

Normal	0.4472	0.6742	0.3552	0.9395	0.8425
Normal-standard	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Student	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Weibull (1)	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Weibull (2)	0.4857	0.6088	0.4564	0.8664	0.5282
Weibull (3)	0.7512	0.8860	0.5856	0.9207	0.8096

Cuadro 2. P-valores (Funciones de distribución de probabilidad ajustadas, negritas) de TMe.

A continuación, en el cuadro 3 se visualizan los coeficientes de los parámetros de forma, escala y localización de cada indicador de la temperatura máxima extrema, los cuales se utilizaron para calcular los PARA, donde los valores se registraron para la función de distribución de probabilidad Log (Figura 2).

Indicador de temperatura máxima extrema	Log		Lognormal		GEV		
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	k	$\beta$	$\mu$
FR	2.6633	0.5803					
DAA					0.0581	0.9286	3.3820
DDA	14.2118	3.6502					
IN			3.3935	0.1753			
TMm	40.3902	0.3269					

Cuadro 3. Parámetros de forma, escala y localización de los indicadores de la temperatura máxima extrema.

### Períodos de retorno ajustados

Los resultados del análisis que se muestran en la figura 2, son pronósticos de eventos extremos para los años 2021.36, 2021.08, 2019.68, 2023.31 y 2019.68, respectivamente para los indicadores FR, DAA, DDA, IN y TMm. Todos los indicadores, ocurrirán simultáneamente y por primera vez para el año 2023.31, lo que puede ayudar para la programación de siembra de cultivos más resistentes a las elevadas temperaturas, a reprogramar fechas de siembra y cosecha o a realizar un cambio integral de las actividades agrícolas las cuales pueden ser afectadas por los efectos de las altas temperaturas máximas del estado de Sinaloa.

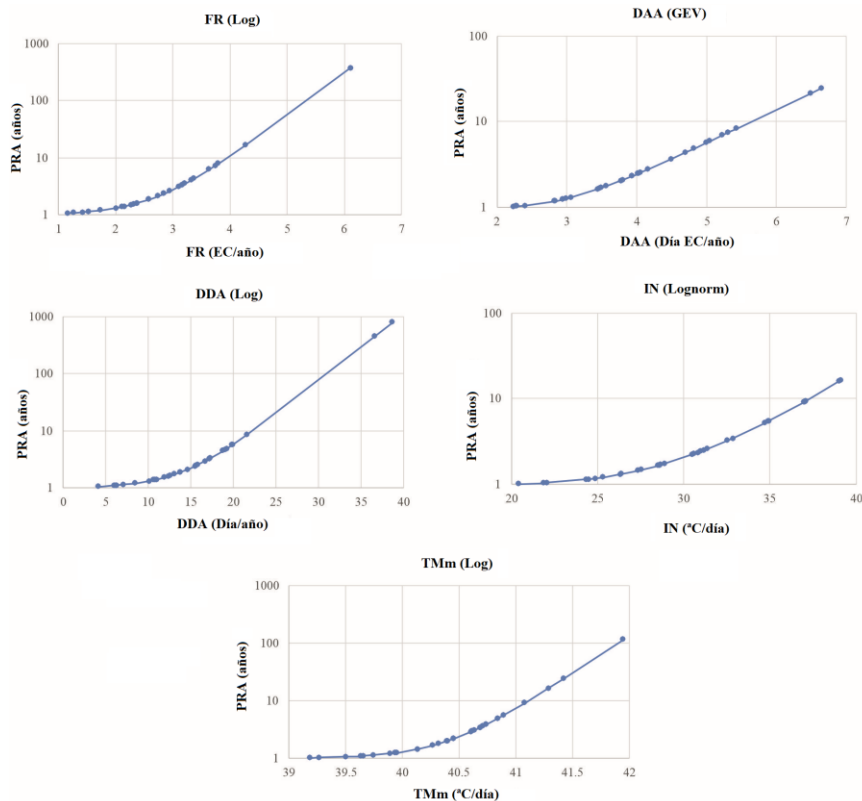


Figura 2. PRA para los indicadores de temperatura máxima extrema.

### Conclusiones

Se generan nuevos conocimientos para el establecimiento de las relaciones existentes entre las elevadas temperaturas y el cómo se pueden conocer sus respectivas funciones de distribución ajustadas para minimizar el porcentaje de error al interpretar los resultados en los pronósticos. Además, se dan a conocer las tendencias de estos mismos parámetros, los cuales pueden en un futuro ampliarse para una mejor comprensión del fenómeno rendimientos agrícolas-fluctuaciones térmicas.

### Referencias

Ahumada Cervantes, R., Velázquez Angulo, G., Flores Tavizón, E., Romero González, J., Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 61: 48-53, enero-abril 2014.  
 Banco Mundial; CIAT; CATIE, 2014. Agricultura climáticamente inteligente en Sinaloa, México. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington D.C.: Grupo del Banco Mundial.  
 Ruíz Á.O., Espejel T.D., Ontiveros C.E.E., Enciso J.M., Galindo R.M.A., Quesada P.M.L., Grageda G.J., Ramos R.R., Ruíz C.J.A. 2016. Tendencia de temperaturas máximas y mínimas mensuales en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, No. 13, 2535-2549 p.  
 Strupczewski, W., Singh, V., Feluch, W. (2001). Non-stationary approach to at-site flood frequency modelling I. Maximum likelihood estimation. J. Hydrol., 248, 123–142. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169401003973?via%3Dihub>

# Hallazgos y Patologías más Comunes en Imágenes de Resonancia Magnética de Columna Lumbar Simple en Pacientes con Diagnóstico Inicial de Lumbalgia en una Clínica Privada de Neiva Huila

Sergio Andrés Llanos Avilés<sup>1</sup>, Verónica Ramírez Amell<sup>2</sup>.

**Resumen**— La lumbalgia son síntomas que se pueden presentar en cualquier momento de la vida cotidiana, que puede afectar a cualquier edad y de ambos sexos. una gran parte de la población va a presentar un dolor lumbar en algún momento de su vida. Los estudios agudos son algunas veces auto limitados y se resuelven en el plazo de un par de semanas, excepto algunos casos que se modifican y requieren asistencia médica continuada. Los informes crónicos son más frecuentes en edades comprendidas entre los 35 y 65 años y en el sexo masculino, con una razón de feminidad de 0.6 Por tal motivo, es súper importante que las personas conozcan los tipos de lumbalgia que existen y su relación con cada patología. Es donde en cada imagen diagnóstica empiezan a jugar un papel importante ya que a los avances tecnológicos y científicos se cuenta con equipos que permiten la visualización anatómica logrando así un análisis detallado de los estudios. Las imágenes por resonancia magnética son las más exactas en cuanto a diagnóstico de lumbalgia, donde sus diferentes planos y secuencias permiten la valoración de todas las estructuras aportando información que contribuya a un resultado exacto de las patologías que posiblemente se manifiesten con un síntoma inicial de lumbalgia. De esta manera, se tiene como objetivo de esta investigación describir los hallazgos y patologías más comunes encontradas en Imágenes de Resonancia Magnética simple de columna lumbar en pacientes con estado inicial de lumbalgia.

**Palabras clave**— hernia discal, lumbago, dolor lumbar, diagnostico.

## Introducción

La lumbalgia es un dolor localizado en la parte baja de la columna lumbar en donde puede afectar gran parte de los miembros inferiores, que en algunas ocasiones suele padecer los pacientes con dolor o algunos sin dolor. La lumbalgia es la causa más frecuente de incapacidades, con moderación económicas y sociales, siendo la causa más importante de espacio laboral. una parte de los casos es inespecífica y otra parte producida por enfermedades específicas. Se da más en edades entre los 30 y 50 años y la prevalencia aumenta con la edad. El dolor de columna lumbar se da por acción de una mala postura o una mala forcejada al levantar algo muy pesado. en este caso hay algunos factores que se presentan que es como la edad, genética, en el laboral, obesidad, actividad física deportiva. El diagnóstico incluye un procedimiento de exámenes físico dirigido y uso de imágenes radiológicas. este procedimiento incluye tratamientos farmacológicos y no farmacológico como los manuales o los físicos. En este trabajo, la directriz requiere cambios en todo el sistema en la parte de los procedimientos. Se determinan los retos fundamentales para la atención del paciente que presenta dolor lumbar en los sistemas de la salud. en la atención médica está el autocuidado de los pacientes, así como las creencias médicas. en la cotidianidad de la vida al pasar de caminar en cuatro extremidades a sólo dos provoca que en la bipedestación se cargue todo el peso en la parte baja de la espalda y se acumule mucha tensión en la zona baja. Además, nuestro hábito de vida, posturas, trabajos, falta de ejercicio, revoca una degeneración más rápida de la zona lumbar. es importante acudir al médico para que le hagan su respectiva valoración y así dar un reporte sobre la molestia que le está dando, pero sin embargo el dolor va a continuar hasta que le encuentren la causa que le genera el dolor. la lumbalgia es un dolor crónico de las personas por lo tanto se trata de una manera rápida y progresiva en la que se instauran fenómenos que actúan acelerados, con mayor o menor intensidad, el proceso de deterioro determina el estado fisiológico ya que debido a la edad de los pacientes presentan los elementos del raquis. en algunas ocasiones se debería dividir la enfermedad de la columna lumbar en procesos diferentes como: hernia discal, escoliosis, estenosis lumbar, espondilolistesis. El dolor en la parte baja de la columna vertebral conmueve a los pacientes a una de las causas más frecuentes de demandas por accidente de trabajo, en algunas ocasiones se conocen o se da a conocer que la población adulta en algún instante de su vida y por lo general es recurrente. Según las clínicas u hospitales es la primera causa de consulta a nivel mundial que requiere de cirugía. La lumbalgia aguda puede llegar a irradiar a los miembros inferiores y también puede limitar algunas actividades diarias durante todo un período inferior a la recuperación, por lo general mejora en el 90% de los pacientes en las primeras semanas, aún sin tener un diagnóstico determinado por los médicos. El dolor de columna lumbar crónico

<sup>1</sup> Sergio Andrés Llanos Avilés, es Estudiante de Radiología en la Universidad UNINAVARRA, Neiva, Huila.  
[serio.llanos@gmail.com](mailto:serio.llanos@gmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Verónica Ramírez Amell es Estudiante de Radiología en la Universidad UNINAVARRA, Neiva, Huila.  
[veronicarirezamell@gmail.com](mailto:veronicarirezamell@gmail.com)

puede extenderse más de lo esperado. En la población Huilense no se tiene muy en cuenta los beneficios del uso de la resonancia magnética como método de diagnóstico y es limitado su uso por el costo elevado que representa, así mismo no se encuentran artículos que demuestren las patologías lumbares más frecuentes y los hallazgos encontrados en las imágenes por RM cuando el diagnóstico inicial es lumbalgia. Considerando lo planteado anteriormente, surge como pregunta de investigación: ¿Cuáles son los Hallazgos y patologías más comunes en imágenes de Resonancia Magnética en columna lumbar en pacientes con diagnóstico inicial de lumbalgia en una clínica privada de Neiva Huila en el año 2019?

### Descripción del Método

#### *Reseña de las dificultades de la búsqueda*

*Tipo de estudio:* Estudio descriptivo de tipo corte transversal.

*Lugar:* Servicio de Resonancia Magnética Clínica Privada Neiva-Huila.

*Periodo de Estudio:* enero a diciembre del 2019.

*Población:* Pacientes con diagnóstico inicial de lumbalgia a quienes se le realizó Resonancia Magnética de columna lumbar en clínica privada de Neiva Huila.

*Criterios de inclusión de la muestra:* Pacientes de 18 a 90 años.

*Criterios de exclusión de la muestra:* Pacientes menores de 18 años.

*Muestras:* 145 pacientes a los cuales se les realizó resonancias de columna lumbar.

*Técnicas y procedimientos para la recolección de datos:* Los integrantes del grupo investigativo solicitaron a clínica privada la base de datos con el listado de los pacientes con diagnóstico inicial de lumbalgia (CIE10 M54.5, M54.4, M51.1-G55.1, M51.2, M51.1-G55.1), atendidos entre el 1 de enero al 31 de diciembre del 2019.

Bajo un acuerdo de confidencialidad la clínica autorizó al investigador principal acceder a la información, teniendo dicho listado se pudo inspeccionar las historias clínicas para identificar los pacientes a quienes se les realizó Resonancia Magnética de Columna Lumbar Simple.

Finalmente se hallaron 145 pacientes, después se revisaron las imágenes tomadas y sus respectivos reportes de lecturas; extrayendo así los datos que permitieron identificar la frecuencia de los hallazgos y las patologías más comunes asociadas a cambios estructurales probables por imágenes de resonancia.

instrumento para recolección de información: los datos se tabularon y analizaron utilizando el programa Excel para Windows 2010, el cual permitió determinar y comparar la frecuencia de los hallazgos y patologías en imágenes de resonancia columna lumbar simple.

*Codificación y tabulación:* La información reunida fue incluida en una base de datos de Microsoft Excel y se realizó una estadística descriptiva con los datos obtenidos.

*Plan de análisis de los resultados:* Se analizaron los resultados de los 145 estudios de resonancia magnética columna lumbar simple usando el programa Microsoft Excel, se clasificaron de acuerdo a las patologías y hallazgos encontradas, las más comunes y las cuales el diagnóstico de lumbalgia era causado por algún tipo de alteración estructural.

*Alcance:* Con este trabajo de investigación se sometió a una revista un artículo sobre los hallazgos y patologías más comunes encontrados en imágenes de resonancia magnética de columna lumbar simple en pacientes con diagnóstico inicial de lumbalgia.

*Impacto:* Se reforzó y generó nuevos conocimientos en los investigadores, docentes y estudiantes; además se ayudó a identificar los hallazgos y patologías en imágenes por resonancia magnética simple de las alteraciones morfológicas lumbares.

*Elaboración del informe final:* Se informó acerca de las imágenes de columna lumbar simples por resonancia magnética, su importancia en el diagnóstico de lumbalgia y los hallazgos y patologías halladas.

*Divulgación de resultados:* Artículo de investigación sometido en una revista indexada.

*Consideraciones éticas:* Es importante expresar que esta investigación no tuvo como fin de ninguna manera ir en contra de la ética. Es un estudio basado en el análisis de imágenes por resonancia magnética tomadas en clínica privada de Neiva, en pacientes con diagnóstico inicial de lumbalgia. Se llevó a cabo cuando se obtuvo la autorización y la aprobación del proyecto por parte del Comité de Ética tanto de la entidad investigadora como de la entidad prestadora de la información.

Según el artículo 11 de la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud ésta investigación es clasificada sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios entre otros.

En este estudio se cumplieron los principios bioéticos tales como:

- *Beneficencia*: se realizaron observaciones sobre la resonancia magnética de columna lumbar simple, los hallazgos y patologías encontradas en las imágenes, la frecuencia con la que se presentan y las posibles patologías que pueden manifestarse con síntoma de lumbalgia.
- *No maleficencia*: Durante la recolección de información no se causó ningún perjuicio, se realizó mediante revisión de historias clínicas evitando el contacto con los usuarios con el fin de disminuir la posibilidad de causar algún daño.
- *Justicia*: la participación de los pacientes en el estudio se cumplió de acuerdo con de los criterios de inclusión y exclusión.
- *Confidencialidad*: No se divulgó número de identificación, nombre del usuario, dirección, teléfono ni ningún otro dato con la finalidad de proteger la integridad de los pacientes. Teniendo en cuenta el compromiso por parte de los investigadores quienes velaron por la privacidad y el derecho legal de no divulgar los datos suministrados. Para salvaguardar la información los integrantes del grupo investigativo firmaron un acuerdo de confidencialidad, dicho acuerdo se realizó entre la parte receptora de la información como integrante del proyecto de investigación y la entidad prestadora de la información. De esta manera la parte receptora se compromete a mantener la información confidencial segura, en caso de ser solicitada por la entidad prestadora, devolverla toda (incluyendo copias de esta) en el momento en que ya no se requiera hacer uso de la misma o cuando termine la relación. Se deberá Proteger la información confidencial, sea verbal, escrita, visual, tangible, intangible o que, por cualquier otro medio, siendo legítima poseedora de la misma Clínica privada, restringiendo su uso exclusivamente a las personas que tengan absoluta necesidad de conocerla.

### Comentarios Finales

Se pudo evidenciar que se ha conseguido y desarrollado los objetivos establecidos planteados en este trabajo, se pudo demostrar la incidencia de la lumbalgia en diversas patologías detectables por Resonancia Magnética de columna lumbar simple, estableciendo su sensibilidad y especificidad como método diagnóstico y su utilidad para establecer el adecuado tratamiento. Se logró identificar que el 79% de los pacientes incluidos en el estudio, presentan alguna alteración estructural, responsable de producir lumbalgia como síntoma, lo que llevó a los pacientes a acudir a los servicios de urgencias, consulta externa e imágenes diagnósticas

Se identificaron los hallazgos y patologías más comunes, de acuerdo con los datos el hallazgo más frecuente fue Quiste discal, formaría por la existencia de un hematoma epidural, producido por la malformación de una vena epidural que produce irritación mecánica de la hernia discal. La patología más común fue Hernia Discal y la menos frecuente fue Escoliosis. Referente al sexo, los hombres son quienes más presentan lumbalgia, nuestro estudio lo confirma arrojando que el 75% de los pacientes que se realizaron resonancia lumbar simple por presentar este síntoma eran hombres. De acuerdo con las características imagenológicas la Hernia Discal es la caracterización de las causas de la comuna vertebral, que se puede afectar gran parte del disco cartilaginosa que se puede encontrar en los huesos de la columna. Algunas hernias de disco no causan síntomas. pueden irritar gran parte de los nervios de la zona y causar demasiado dolor que puede provocar afección en las extremidades. Por el contrario, escoliosis representa la patología menos frecuente. Ambas patologías mencionadas anteriormente causan lumbalgia, en estos casos la lumbalgia es de tipo primaria y secundaria porque representa dolor causado por un cambio estructural. Con los resultados anteriormente expuestos se logró determinar que en el estudio de columna lumbar es el uso de las imágenes por Resonancia Magnética es de gran utilidad diagnóstica, las diferentes secuencias utilizadas poseen características específicas que permiten mejor visualización de las estructuras; por ejemplo, T1 aporta información anatómica completa. T2, Flair y Gradiente, son esenciales para detectar y caracterizar lesiones; ayudando a identificar factores que alteran la homogeneidad del campo magnético, como hemorragias, calcificaciones, metales o aire. Finalmente se pudo ratificar que las edades de los participantes oscilan entre 18 y 90 años; pero con predominio los pacientes de edades entre 35 a 64 años y el menor número de casos se presentó en los menores de 25 años. En cuanto a la distribución por género, la lumbalgia se presentó mayormente en hombres datos que además equivalen a una relación entre lumbalgia, cambios hormonales y enfermedades metabólicas.

### Resumen de resultados

lumbalgia primarias y secundarias

145 pacientes con diagnóstico de lumbalgia recibieron atención en el servicio de imágenes diagnósticas, 59 presentaban algún cambio estructural probable por resonancia magnética de columna lumbar simple, lo que indica que los 86 pacientes restantes sufrían de lumbalgia primarias.

## 5.2 Hallazgos y patologías más comunes encontrados en Imágenes de Resonancia Magnética de columna lumbar simple en pacientes con diagnóstico inicial de lumbalgia.

En los estudios de resonancia se han reportado diferentes hallazgos o patologías que son de gran importancia para la salud. Los hallazgos y patologías más frecuentes en este estudio se encuentran reportados en la Tabla 2, donde se observa que Quistes discal es el hallazgo más frecuente con un 60,69%, mientras que Hernia Discal es la patología que más se presenta, sin embargo, su frecuencia es menor (14%). El Quiste Discal es un hallazgo que describe los procesos de patogénesis incierta, que se desarrollan en el canal raquídeo, en continuidad con el disco intervertebral adyacente. (8) en las resonancias lumbares es común que se observe quiste discal, además, presentan características análogas a los quistes sinoviales interapofisarios, desde el punto de vista epidemiológico, clínico, radiológico y anatomopatológico macroscópico.

Además, también se presentan otras patologías como Espondilólisis, estenosis en canal lumbar, escoliosis y hallazgos como tuberculosis con frecuencias inferiores al 13%.

**Tabla 1.**

Hallazgo o patología	Número de pacientes	Porcentaje del hallazgo o patología
Quiste discal (hallazgo)	88	60,69%
Tuberculosis (hallazgo)	18	12,41%
Hernia discal(patología)	21	14,48%
Espondilólisis (patología)	9	6,21%
Estenosis en canal lumbar (patología)	6	4,14%
Escoliosis (patología)	3	2,07%

## 5.3 Características imagen lógicas de las patologías halladas

Este estudio nos permitió reconocer las características de las patologías que se presentaron con mayor frecuencia en los pacientes con diagnóstico inicial de Lumbalgia, de acuerdo con las características imagen lógicas la Hernia Discal es la caracterización de las causas de la comuna vertebral, que se puede afectar gran parte del disco cartilaginoso que se puede encontrar en los huesos de la columna. Algunas hernias de disco no causan síntomas. pueden irritar gran parte de los nervios de la zona y causar demasiado dolor que puede provocar afección en las extremidades. (10) La Disco Patía lumbar degenerativa (Espondilosis)se refiere a la causa del desgaste de los discos espinales de la columna vertebral. La espondilosis afecta a las personas de gran edad.es la enfermedad que se da a conocer como la artritis degenerativa de la columna vertebral. algunas personas suelen presentan síntomas como espasmo o dolor de espalda. (11); para el caso de Estenosis en canal lumbar es el Estrechamiento de los espacios abiertos en la columna vertebral inferior (lumbar). La estenosis espinal lumbar puede ejercer presión sobre la médula espinal y los nervios dentro de la columna vertebral. A medida que las personas se vuelven más adulta y al pasar de los años puede presentar cambios con los síntomas, a veces pueden aparecer dolor o calambres en las extremidades inferiores. (12) La escoliosis es una de las curvaturas de la columna lumbar que puede afectar gran parte de esta extremidad. Las patologías mencionadas anteriormente además tienen las siguientes características en las imágenes de resonancia magnéticas:

## 5.4 Tipo de secuencia de RM más utilizada para identificar las patologías lumbares

Para el estudio de Lumbalgia no hay un protocolo de secuencias establecido; cada equipo de resonancia tiene programado una serie de secuencias para el estudio de la lumbalgia; por esta razón la Figura 6, representa las secuencias usadas en clínica privada para el estudio de los 145 pacientes con diagnóstico de lumbalgia, secuencias como: sagital T1, coronal T2, FLAIR, Axial T2, Gradiente ECO y Axial T1 se utilizan en Resonancia lumbar. Las secuencias ponderadas en T1 son usadas para captar la información anatómica por el contrario las secuencias T2, Flair y Gradiente, son de gran utilidad cuando se requieren identificar factores patológicos.

## 5.5 Frecuencia de las patologías según la edad y sexo de los pacientes

La clasificación según la edad de los pacientes con diagnóstico de Lumbalgia se observa en la Tabla 3, se puede afirmar que la población con mayor índice de Lumbalgia que acude al servicio de Imagenológicas es el Adulto maduro con un 64%, seguido del Adulto mayor con un 18%. Así que, las poblaciones con menor asistencia al área de Resonancia son el Adulto Joven y la población joven con menos del 12% de la población.

Además, en cuanto a la distribución por sexo de los 145 pacientes que se realizaron Resonancia de Columna Lumbar Simple por diagnóstico inicial de Lumbalgia, el género masculino presentó mayor asistencia al servicio de Imágenes con un porcentaje del 72,41%, y el femenino una asistencia inferior del 27,59%; datos que además equivalen a una relación Mujer: Hombre de 1:3 casos. Se evidenció así mismo que la patología más frecuente en el género femenino fue hernia discal con un 19.6% y en los hombres disco Patía lumbar con 13.3%.

Finalmente, las patologías que más se hallaron en cada grupo de edad fueron, Estenosis en canal lumbar con 27% en la población Joven, Espondilólisis con 29% en el Adulto joven, Hernia Discal en el Adulto maduro con 40% y en el adulto mayor con 36%.

**Tabla 2.**

Edad	Porcentaje de la patología	Patología más frecuente
Joven	27%	Estenosis en canal lumbar
Adulto joven	29%	Espondilólisis
Adulto maduro	40%	Hernia Discal
Adulto mayor	36%	Hernia discal
Sexo		
Masculino	19.6%	Hernia Discal
Femenino	13.3%	Disco Patía lumbar

### Conclusiones

Estudiar de manera minuciosa cada patología hallada por imágenes de resonancia de columna lumbar simple.

Crear un manual sobre las secuencias utilizadas para el estudio de columna lumbar cuando el diagnóstico es lumbalgia

### Referencias bibliográficas

- 1- Corteguera Coro M. Protocolo de actuación de lumbalgia en el area de salud de Ávila. Gerencia integrada del área de salud de ávila. 2016:7-42.
- 2- Chavarría J. Lumbalgia: causas, diagnóstico y manejo. Revista médica de Costa Rica y Centroamerica. 2014;71(611):447-54.
- 3- Garro Vargas K. Lumbalgias. Medicina Legal de Costa Rica. 2012;29(2):103-9.
- 4- López Sánchez LM. Percepción del estado de salud en pacientes con lumbalgia mecánica simple: Universidad Complutense de Madrid; 2013.
- 5- Michelena DC. Lumbalgia. Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. 2004;17(2):50-6.
- 6- Moyá Ferrer FL. En: Andreu JL, Barceló P, Figueroa M, Herrero-Beaumont G, Martín Mola E, Olivé A et al, editores. Manual de enfermedades reumáticas de la Sociedad Española de Reumatología. Madrid: Mosby/Doyma SA; 1996.
- 7- Murillo MG, Medina AN. CAPÍTULO 69-ESPONDILOARTROSIS LUMBAR.
- 8- Ponce Martínez MDC. Costo institucional del paciente con incapacidad temporal para el trabajo por lumbalgia mecánica 2013.
- 9- Pulido Navarro M, Garduño Andrade MdlÁ, Morales Estrella SL, Lara Flores NL. Trabajo, estrés y salud: la costura a domicilio en ciudad de México. Salud de los Trabajadores. 2012;20(1):33-48.

### Apéndice

- determinarla frecuencia de las patologías halladas según la edad y sexo de los pacientes.
- Reconocer el tipo de secuencia de RM más utilizada para identificar las patologías lumbares.
  - Identificar las características imagen lógicas de las patologías más frecuentes halladas mediante resonancia magnética simple de columna lumbar.



# Innovación Educativa: Uso de la Herramienta Design Thinking para el Diseño de Estrategias en el Proceso Enseñanza – Aprendizaje

M.I.D. Sergio López Acosta<sup>1</sup>, M.F. César Rafael Gómez Martínez<sup>2</sup>,  
M.B.A. Francisco Javier Ocegueda López<sup>3</sup> y M.C.A. Edgar Dagoberto Aldana Ochoa<sup>4</sup>

**Resumen**—La palabra *emprendimiento* es un término que en la actualidad está de moda, por lo tanto, existen muchas investigaciones que buscan desarrollar diferentes metodologías las cuales permitan construir un modelo de negocio; muchas de estas herramientas que originalmente están enfocadas en las empresas, pueden ser utilizadas en las escuelas y de esta manera ayudar al desarrollo de la innovación educativa. Tal es el caso de la herramienta *Design Thinking*, la cual está orientada en el diseño de productos o servicios enfocados totalmente en el cliente y sus necesidades. Esta investigación tiene por objetivo adaptar esta metodología para facilitar la creación de estrategias, que coadyuven a cumplir con la principal misión de los docentes, la cual es conseguir que se cumpla de forma satisfactoria el proceso enseñanza – aprendizaje dentro del aula, centrándose especialmente en las necesidades que pueden tener los estudiantes sin importar el nivel educativo en el que se encuentren.

**Palabras clave**—Innovación Educativa, Design Thinking, Enseñanza, Aprendizaje, Proceso.

## Introducción

El principal objetivo que tiene la educación, es conseguir el aprendizaje de los alumnos por medio de la enseñanza, para esto, a través de la historia se han diseñado diferentes metodologías que buscan facilitar estos procesos. Originalmente, se estudiaba por separado los conceptos enseñanza y aprendizaje, lo cual ayudó a profundizar en los temas relacionados, permitiendo desarrollar diferentes teorías, las cuales han ido evolucionando a lo largo del tiempo.

El aprendizaje se puede definir como un conjunto de procesos por el cual se obtienen o modifican habilidades, ideas o conductas, como resultado de la observación, razonamiento, experiencia o educación que se mantiene en el tiempo, permitiendo atribuir significado y valor al conocimiento (Zapata-Ros, 2015).

La enseñanza se define como el proceso de comunicación que tiene como principal fin el transmitir información, por medio de actividades planificadas y organizadas, que tiene como meta conseguir el aprendizaje de los individuos (Sarmiento, 2007).

En la actualidad, los centros educativos buscan entregar a los docentes y alumnos, un proceso enseñanza – aprendizaje de calidad, apoyado de la gran cantidad de conocimientos que se puede encontrar de manera fácil en la red, así como el uso de las distintas tecnologías de la información la cual les permite facilitar su trabajo en las aulas o actualmente por la situación sanitaria que se vive de manera virtual.

Para que el proceso enseñanza – aprendizaje se pueda dar de forma correcta, es importante que el docente sepa utilizar estrategias adecuadas que le permita cumplir con los objetivos planeados. Cuando hablamos de estrategias de enseñanza, se refiere los procedimientos que utilizan los docentes para promover el aprendizaje en el aula, de manera dinámica, interactiva, estratégica y de calidad. Las estrategias de aprendizaje son procedimientos que se usan de manera intencional que tiene como fin alcanzar diferentes metas (Parra, 2003).

Existen diversas estrategias que se pueden utilizar para el proceso enseñanza – aprendizaje, donde el docente tiene que ser capaz de identificar cuáles son las más útiles para su grupo, el problema viene, en que muchas veces los profesores no actualizan estas estrategias quedando anticuadas y no proporcionan los resultados esperados. Es por esto, que la innovación toma relevancia en el sistema educativo actual.

La innovación educativa es el conjunto de ideas, estrategias y acciones, mediante la cual se busca introducir cambios en las prácticas educativas vigentes (Rimari, 2018). Las principales características con las que cuenta la

<sup>1</sup> M.I.D. Sergio López Acosta es Profesor de la Unidad Académica de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit [lopez.sergio@uan.edu.mx](mailto:lopez.sergio@uan.edu.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> M.F. César Rafael Gómez Martínez es Profesor de la Unidad Académica de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit [cesar.gomez@uan.edu.mx](mailto:cesar.gomez@uan.edu.mx)

<sup>3</sup> M.B.A. Francisco Javier Ocegueda López es Profesor de la Unidad Académica de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit [francisco.ocegueda@uan.edu](mailto:francisco.ocegueda@uan.edu).

<sup>4</sup> Edgar Dagoberto Aldana Ochoa es Profesor de la Unidad Académica de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit [dago.aldana@uan.edu.mx](mailto:dago.aldana@uan.edu.mx)

innovación educativa, es que busca el cambio en la calidad de una manera significativa, la cual tiene que ser planificada, teniendo siempre en mente que esto no es un fin, sino un medio para mejorar la educación, implicando una aceptación por parte de los docentes, ya que involucra un cambio para aquellos que lo llevarán a cabo. Finalmente, se debe entender que innovar, no implica forzosamente la creación de algo nuevo, sino el aprovechar lo que ya está hecho, y el saber adaptarlo a nuevos ámbitos.

En la actualidad, el emprendimiento es un tema que se ha puesto de moda, pero que no es forzosamente nuevo, la palabra emprendedor, significa aventurero, y es utilizada desde el siglo XV, siendo Cristóbal Colón, una de las primeras personas que se le asignó este título. Actualmente, podemos encontrar en televisión, el programa *Shark Tanks*, el cual es un espacio para los emprendedores, para presentar su idea de negocio y poder obtener un financiamiento para su empresa, esta serie de televisión, ha logrado llegar a millones de personas en el mundo y ha provocado que el interés por este tema sea mayor. De esta manera, año con año, existen diferentes investigadores, que buscan de manera constante el desarrollo de nuevas metodologías o modelos de negocios, que permitan a las personas facilitar sus emprendimientos.

Por este motivo, la innovación educativa, puede encontrar muchas herramientas en el tema del emprendimiento, que le permita adaptarlas al diseño de estrategias para el proceso enseñanza – aprendizaje, lo cual permita facilitar el uso, y utilizar la creatividad para el desarrollo de las mismas. Existen metodologías como los son el Modelo Canvas, el Lean Startup o el Design Thinking, que permiten de manera sencilla generar ideas de negocios que puedan ser validadas y disminuir las posibilidades de fracaso al momento de emprender.

Es por eso, que en esta investigación se busca relacionar la metodología *Design Thinking*, para el desarrollo de estrategias que permitan facilitar el desarrollo del proceso enseñanza -aprendizaje dentro de las aulas.

### Descripción del Método

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una investigación documental y la observación, con la intención de identificar la viabilidad de la adaptación de la metodología *Design Thinking* para el diseño de estrategias de enseñanza que permitan facilitar el aprendizaje de los estudiantes como un solo proceso.

El *Design Thinking* es una herramienta que no es nueva, se habla que sus orígenes datan de los años cincuenta, cuando se empezaron a desarrollar las primeras metodologías enfocadas en el diseño de producto. La diferencia que existía en esos momentos con la herramienta actual, tiene que ver con los enfoques que tenía la mercadotecnia. Originalmente, el marketing estaba enfocado en el producto, es decir, se diseñaba un producto, y este era lanzado al mercado, lo que generaba incertidumbre, ya que no se sabía si éste iba a ser aceptado por el mercado, como era muy el riesgo con esta estrategia, existió una evolución y se decidió orientarlo hacia las ventas, donde el producto paso a un segundo término, y se enfocó más en el desarrollo de estrategias que permitieran incrementar las ventas; esto tuvo mayor éxito, y es donde se crean muchas empresas bajo el régimen de red de mercado, pero aun así los resultados no eran los esperados; finalmente se decidió orientar la mercadotecnia hacia el cliente, en donde se buscó preguntar a los usuarios sobre sus problemas, necesidades y deseos, y a partir de esto iniciar con el diseño de productos o servicio, esto realmente funcionó de buena manera, incrementando las ventas y disminuyendo los riesgos.

De esta manera, la herramienta *Design Thinking*, actualmente es una metodología que se centra completamente en el usuario, ya que busca generar ideas innovadoras que permitan dar soluciones eficaces a las necesidades del consumidor.

Esta metodología consta de cinco etapas, como se puede observar en la Figura 1. Y a continuación, se explicará en que consiste cada una de las etapas.

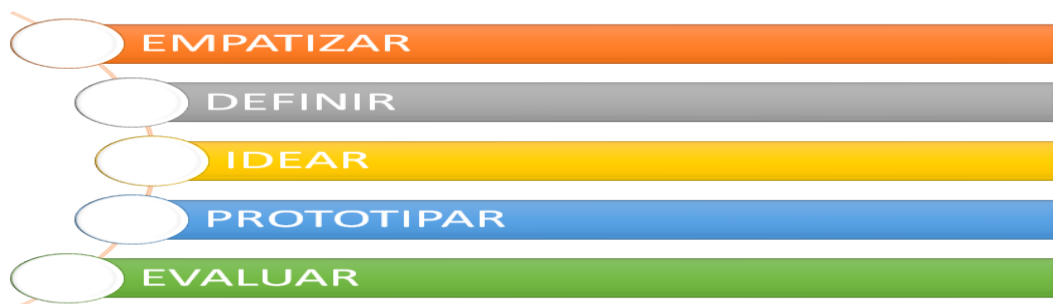


Figura 1. Etapas del Design Thinking (Fuente propia)

La etapa de *empatizar*, es la base de esta metodología, ya que tiene como principal objetivo los usuarios. Una forma sencilla de entender el significado de empatizar, es con la frase “ponerse en los zapatos de otros”, esto se refiere que la importancia radica en entender los problemas y necesidades que tienen los clientes. Para poder lograr esto, es importante primero observar el comportamiento de las personas, ya que esto permite generar información acerca de sus usos y costumbres; después se recomienda el involucrarse, es decir, empezar a hacer preguntas de forma informal, acerca de algunas dudas que pudieron surgir durante la observación, y no existía la posibilidad de retroalimentar; Finalmente, se lleva a cabo una entrevista, la cual ya tiene preguntas específicas que permitan complementar toda la información que se ha recabado en la investigación. Una herramienta que puede ayudar en esta etapa es el mapa de empatía, el cual se muestra en la Figura 2. Ésta se divide en cuatro cuadrantes, en la cual se analiza lo que los usuarios dicen, piensan, hacen y sienten; esto ayuda en gran medida, para conocer los hábitos reales de los clientes, ya que en muchas ocasiones estos piensan una cosa, pero terminan haciendo otra completamente diferente: el poder prever estas situaciones es de gran importancia en el marketing.

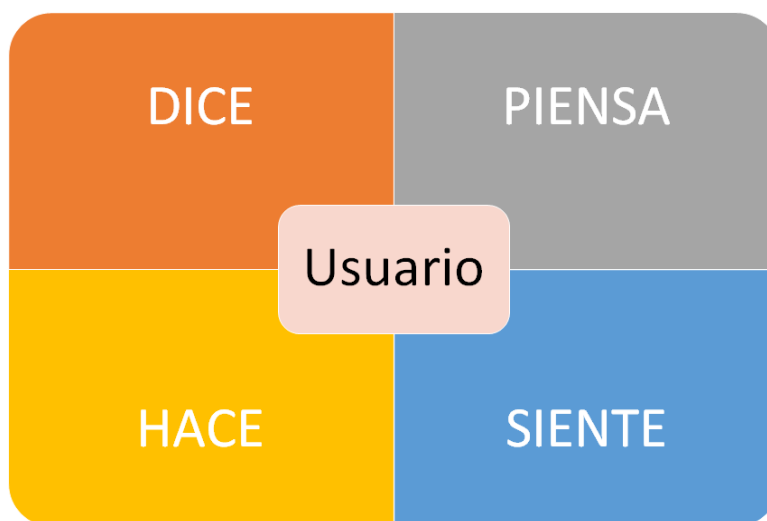


Figura 2. Mapa de Empatía (Fuente propia)

La segunda etapa consiste en *definir* la problemática o necesidad encontrada en el usuario durante la etapa anterior, esto permite enfocar con claridad hacia donde tienen que ir los esfuerzos, por eso es importante desarrollar el problema sobre un enfoque directo, lo cual facilite generar compromiso por parte de los diseñadores, coadyuvando a crear un concepto inspirador que realmente sea capaz de resolver necesidades y problemas.

La tercera etapa es *idear*, aquí es donde se da rienda suelta a la imaginación y no se descarta ninguna idea por más alocada que sea. Para esto, se puede apoyar en la lluvia de ideas, lo cual facilita conocer la opinión de los diferentes integrantes del equipo, que se recomienda sea multidisciplinario, de esta forma se puede tener diferentes perspectivas que sumen a la solución; es importante tratar de explicar las ideas de manera visual, haciendo uso de croquis, mapas mentales, storyboard u otras herramientas que permita clarificar el diseño que se está trabajando.

La cuarta etapa es la de *prototipar*, donde la intención es plasmar las ideas en un concepto tangible, ya que ayuda a ver con mayor claridad las ideas y poder replantear y optimizar las características claves del diseño. Un prototipo ayuda a experimentar con la idea casi lista, además que, si se llega a cometer algún error, éste no será costoso para empresa, además que te permite evaluar diferentes alternativas en los tipos de materiales, colores o diseño en general y por último ir definiendo el proceso de fabricación del mismo. Esta etapa es importante que se lleve a cabo, siempre teniendo al usuario ideal en mente para estar atentos a las respuestas al momento de interactuar con el prototipo, además que se debe dedicar un tiempo corto en esta fase.

En la última etapa, se tiene que llevar a cabo la evaluación de la idea, en este paso se necesita estar muy atento de todas las opiniones, sugerencias, críticas o retroalimentaciones que genera el prototipo. Una recomendación que se hace al momento de evaluar, es hacerlo con la mente fría, siendo objetivos de los comentarios que se pueden recibir, ya que es común, que las personas se ciegan con sus ideas, y no suelen seguir las sugerencias realizadas en esta etapa. Esta fase es muy importante en esta metodología, ya que permite afinar las soluciones, el producto final y permite en cierta medida replantearse el cliente a quien va dirigido y en situaciones extremas el cambiar la idea desde cero. Para poder evaluar se puede llevar a cabo el proceso que muestra en la Figura 3.

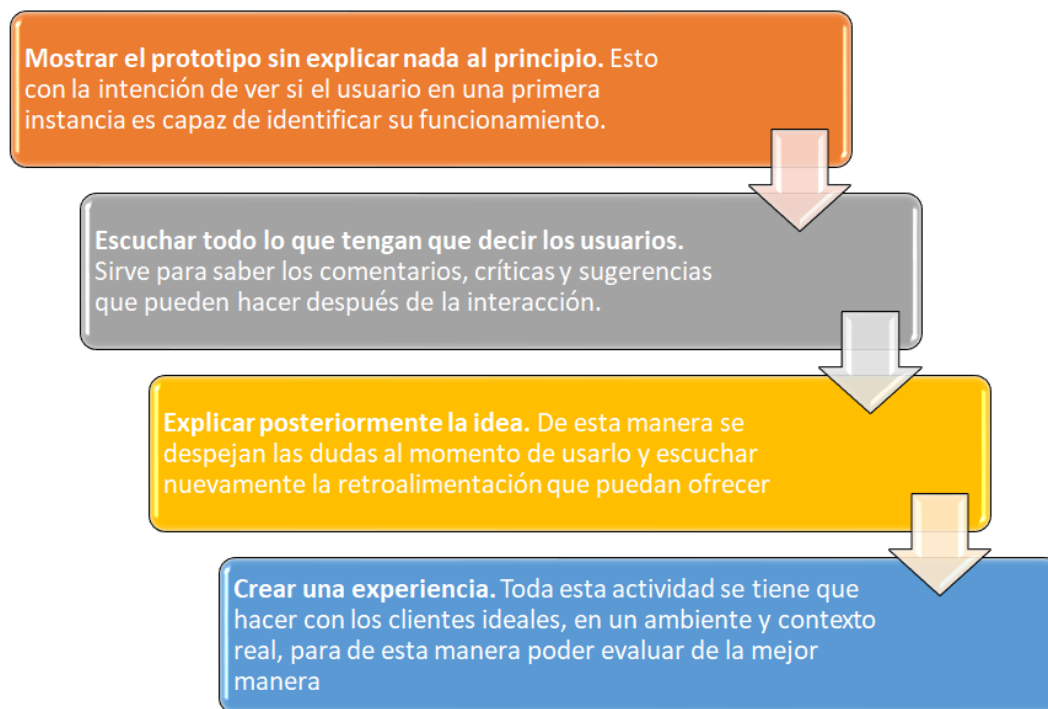


Figura 3. Proceso de Evaluación de Prototipo (Fuente propia)

Finalmente, la metodología *Design Thinking*, busca evaluar la idea innovadora con base a 3 componentes fundamentales, los cuales son: deseabilidad, el saber si realmente el cliente necesita o desea el producto; viabilidad, si existen las condiciones humanas y técnicas para llevar a cabo el prototipo; y por último la funcionalidad, si el prototipo resuelve una necesidad básica, o solo será un capricho para los clientes.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

Los resultados que se obtuvieron al realizar la adaptación de la metodología del *Design Thinking* en el diseño de estrategias para el proceso enseñanza – aprendizaje se pueden observar en el Cuadro 1.

Etapa	Adaptación Propuesta
<b>Empatizar</b>	Para el diseño de una estrategia de enseñanza -aprendizaje, en esta etapa se necesita conocer al grupo de estudiantes al que va dirigido, para de esta manera conocer las necesidades específicas del mismo. Se puede utilizar una encuesta como diagnóstico, la cual permita obtener la información necesaria que ayude a generar un diagnóstico inicial.
<b>Definir</b>	En esta etapa, se definirá los problemas encontrados en el diagnóstico ideal, en donde se determinarán los diferentes tipos de aprendizaje (auditivo, visual y kinestésico) para poder desarrollar la planeación y organización de las estrategias a utilizar.
<b>Idear</b>	En este punto, se podrá trabajar en academia, con la intención de generar una lluvia de ideas que permita diseñar las estrategias adecuadas para los diferentes grupos, se recomienda seleccionar estrategias tradicionales, y en conjunto empezar a agregar ideas creativas que permita innovar en el modelo educativo y hacerlo de esta manera más atractivo para los estudiantes, permitiendo que se facilite el proceso enseñanza – aprendizaje.
<b>Prototipar</b>	En este caso, el prototipo será la planeación de la secuencia, en la cual se detallará cada una de las estrategias a utilizar para cada tema marcado en el programa escolar, en donde se anexarán las diferentes actividades innovadoras que permitan facilitar el proceso enseñanza -aprendizaje.
<b>Evaluar</b>	Para evaluar la eficacia y eficiencia de estas nuevas estrategias, se determinarán indicadores para conocer el nivel de aprovechamiento y aprendizaje conseguido.

Cuadro 1. Adaptación metodología Design Thinking en estrategias de enseñanza - aprendizaje

### Conclusiones

Con la elaboración de este trabajo de investigación se llegó a la conclusión de que, las herramientas de emprendimiento para las empresas, se pueden adaptar perfectamente a las instituciones educativas no sólo en la administración y gestión de las mismas, sino que también dentro de las aulas, ya que permiten innovar al momento de diseñar nuevas estrategias para facilitar el proceso enseñanza – aprendizaje.

En el caso de la herramienta *Design Thinking* es una metodología ideal para su uso en el aula, ya que esta originalmente está centrada en el usuario, lo cual se puede adaptar perfectamente al contexto educativo, debido a que el objetivo principal de las estrategias de enseñanza y aprendizaje también está centrado en los estudiantes, de esta manera se pueden seguir las diferentes etapas para poder obtener los resultados planteados en la secuencia didáctica.

### Recomendaciones

En lo particular, las recomendaciones que se hace instituciones educativas, es que se lleven a cabo diferentes capacitaciones enfocadas a la innovación educativa, pero agregando temas de metodología de emprendimiento de negocios, para que de esta manera puedan tener los conocimientos suficientes, lo cual les permita adaptar las mismas a sus estrategias didácticas.

Para finalizar, se sabe que el implementar estas nuevas herramientas innovadoras no se sencillo, debido a que muchos maestros están arraigados con sus estrategias tradicionales, pero es función de los directivos, el hacerles ver las ventajas que se tienen el evolucionar con estos nuevos temas, además que se verá reflejado en mejores resultados por parte de las y los estudiantes.

### Referencias

- Castillo, M., Álvarez, A. & Cabana R. (2014). Design Thinking: como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación. *Ingeniería Industrial*, 24(3), 301-311. Recuperado el 16 de octubre de 2021 de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59362014000300006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362014000300006)
- Parra Pineda, Doris María (2003). Manual de estrategias de enseñanza / aprendizaje. SENA Regional Antioquia. Recuperado el 16 de octubre de 2021 de: <https://www.ucn.edu.co/Biblioteca%20Institucional%20Cemav/AyudaDI/recursos/ManualEstrategiasEnsenanzaAprendizaje.pdf>
- Pelta Resano, Raquel (2013). Design Thinking. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado el 16 de octubre de 2021 de: [https://docplayer.es/122920240-Design-thinking-raquel-pelta-resano-pid\\_.html](https://docplayer.es/122920240-Design-thinking-raquel-pelta-resano-pid_.html)
- Rimari Arias, Wilfredo (2018). La innovación educativa: un instrumento de desarrollo. *Innovando*. Recuperado el 16 de octubre de 2021 de: [https://nanopdf.com/download/la-innovacion-educativa-un-instrumento-de\\_pdf](https://nanopdf.com/download/la-innovacion-educativa-un-instrumento-de_pdf)
- Sarmiento, Mariela (2007). La enseñanza de las matemáticas y las NTIC. Una estrategia de formación permanente. Universitat Rovira I Virgili. Recuperado el 16 de octubre de 2021 de: <https://www.tdx.cat/handle/10803/8927#page=6>
- Zapata-Ros, Miguel (2015). Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del “conectivismo”. *Education in Knowledge Society*, 16(1), 69-102. Recuperado el 16 de octubre de 2021 de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=535554757006>

# Ventajas y Desventajas de la Enseñanza a Distancia de los Procesos de Manufactura, en la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la UPIITA-IPN, Derivado del Confinamiento por Covid-19

Ing. Erick López Alarcón<sup>1</sup>, Dra. Norma Patricia Maldonado Reynoso<sup>2</sup>

**Resumen**—Definitivamente los momentos por los que actualmente pasa la educación a nivel mundial, se ven alterados por todos los ajustes necesarios para controlar una de las pandemias más significativas de nuestros tiempos, y que nos obligan a reformar los sistemas de aprendizaje, y sobre todo demandando creatividad para ello en carreras donde la práctica es fundamental para la formación de los futuros profesionales, en nuestro caso, la enseñanza de los procesos de manufactura en la ingeniería en Mecatrónica. El presente artículo (Proyecto SIP 20210618) describe las experiencias adquiridas desde el inicio de la emergencia sanitaria, desde la adaptación a una plataforma educativa en línea, la generación de material didáctico que nos lleve a un acercamiento lo más real a un aprendizaje adquirido dentro de un laboratorio o taller de procesos, la selección de material didáctico, que lejos de desanimar o fastidiar a un alumno, lo trate de motivar acercándolo lo más fielmente a la práctica presencial de la manufactura. Podemos con certeza concluir que se obtuvieron nuevas herramientas para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en los procesos de Manufactura.

**Palabras clave**—Manufactura, Plataforma, Mecatrónica, Procesos.

## Introducción

Es del conocimiento de toda persona dedicada a la ingeniería, y sobre todo en la ingeniería en Mecatrónica, que esta requiere de múltiples aplicaciones interdisciplinarias, en las cuales se requiere aplicar un método de enseñanza- aprendizaje, en un gran porcentaje práctico, en donde el alumno deberá aplicar mediante la práctica, los conocimientos adquiridos en la teoría.

El término Mecatrónica se usa para describir la integración de sistemas de control basados en microprocesadores, sistemas eléctricos y sistemas mecánicos. Un sistema Mecatrónico no es simplemente la unión de sistemas eléctricos y mecánicos, y es más que un simple sistema de control: es una integración completa de todo lo anterior.[1]

En la Mecatrónica se conjuntan diversas tecnologías; ingenierías Mecánica, Electrónica, Eléctrica, en Computación y de control. Podría decirse, que es un conjunto de técnicas de control digital basadas en computadoras, a través de interfaces electrónicas y eléctricas, aplicadas a problemas de ingeniería mecánica. La mecatrónica ofrece la oportunidad de ver los problemas desde una perspectiva diferente donde los ingenieros mecánicos no se limitan a considerar un problema solo en términos de principios mecánicos, sino también en función de una gama de tecnologías. La Electrónica y demás tecnologías no deben considerarse como partes agregadas al equipo y elementos mecánicos. Desde la fase del Diseño es necesario adoptar un enfoque mecatrónico. Es necesario repensar por completo las necesidades en términos de lo que se espera de cada elemento. La mecatrónica adopta un enfoque concurrente o participativo entre estas disciplinas, en lugar del enfoque secuencial tradicional del desarrollo, digamos, un sistema mecánico, luego el diseño de la parte eléctrica y después el microprocesador. En la Mecatrónica se conjuntan áreas tecnológicas relacionadas con sensores y sistemas de medición, sistemas de manejo y accionamiento, análisis del comportamiento de los sistemas, sistemas de control y sistemas basados en microprocesadores. [1]

Hoy en día en nuestra casa de estudios UPIITA-IPN, en donde se imparte la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, partimos como referencia de que la Mecatrónica está formada por las disciplinas como lo son la Mecánica, electrónica, programación (computación), y control; justo son estas disciplinas de la ingeniería, que oficialmente forman parte del mapa curricular para la formación de ingenieros en Mecatrónica de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA), del instituto Politécnico Nacional.

En lo que respecta en la formación de ingenieros en mecatrónica, una de las áreas de mayor interés es la

<sup>1</sup> El Ing. Erick López Alarcón es Profesor de procesos de manufactura de la UPIITA-IPN, CDMX. [erlopeza@ipn.mx](mailto:erlopeza@ipn.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Dra. Norma Patricia Maldonado Reynoso, Docente investigadora del Centro de Investigaciones Económico, Administrativas y Sociales. CIECAS-IPN. [nmaldonador@ipn.mx](mailto:nmaldonador@ipn.mx)

Se agradecen todas las facilidades otorgadas por parte del Instituto Politécnico Nacional que es nuestra casa de estudios y en donde desarrollamos y aplicamos las experiencias y conocimientos contenidos en este trabajo.  
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.

Mecánica, y dentro de la Mecánica están considerados los procesos de manufactura, por lo tanto, los procesos de manufactura estarán definidos oficialmente como: **1.-** los procesos que cambian la forma del material por ejemplo (Metalurgia extractiva, fundición, formado en frío y en caliente, metalurgia de polvos, moldeo de plásticos). **2.-** los procesos que provocan un desprendimiento de viruta para obtener las piezas dentro de tolerancias indicadas, por ejemplo: (maquinados convencionales con arranque de viruta, maquinados no convencionales). **3.-** Procesos para acabar las superficies, por ejemplo: (por desprendimiento de viruta, por pulido, por recubrimiento). **4.-** Procesos para el ensamblado de los materiales. **5.-** Procesos para cambiar las propiedades físicas de los materiales.[2]

De manera general los procesos de manufactura anteriormente citados forman parte del contenido sintético de la unidad de aprendizaje procesos de manufactura que se imparte en segundo semestre de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, constando de 4.5 horas práctica a la semana, esto quiere decir, que esta unidad de aprendizaje se impartía antes de la pandemia por covid-19, en una modalidad presencial, teniendo como sede un laboratorio taller equipado con el herramental y la maquinaria necesaria para llevar a cabo todas las prácticas correspondientes. Cabe mencionar que en esta unidad de aprendizaje se empezaban a implementar el uso de plataformas educativas como Moodle, para suministrar de contenidos temáticos a los estudiantes; confirmando que el sistema de educación en línea no es exclusivo de las circunstancias hoy generadas por efecto de la pandemia en nuestro país, que con anterioridad ya se utilizaban dichas plataformas educativas, e incluso se impartían cursos intersemestrales de formación docente con la plataforma Moodle.

### Descripción del Método

Dadas las circunstancias generadas por la pandemia, el sistema educativo se ha visto afectado, y en lo que respecta a la formación de estudiantes de ingeniería, nos hemos visto mermados por la falta del espacio referente a la realización de prácticas, y sobre todo en lo que respecta a los procesos de manufactura, ya que dejamos de asistir físicamente a un laboratorio taller, en donde los alumnos requerían hacer uso de maquinaria y equipo para complementar su formación. Los procesos de manufactura, como ya lo citamos anteriormente, requieren de la transformación de los materiales, y justo, la formación de un ingeniero en mecatrónica requiere experimentar físicamente cada uno de los procesos, coloquialmente le llamamos a este acto como “meter las manos”, ¿pero ¿cómo justificamos que en la formación de un ingeniero en mecatrónica este tenga que “meter las manos”?, en la vida laboral un ingeniero en mecatrónica no debe hacer funciones operativas que impliquen “meter las manos”, cuando existe personal operativo cuyas funciones específicas, sí implica “meter las manos”. Lo anteriormente citado en nuestros tiempos y dadas las circunstancias de competencia laboral, hoy en día un ingeniero en Mecatrónica puede ser contratado como un ingeniero de servicio, el cual debe realizar operaciones tanto de mantenimiento como de pruebas de manufactura, por lo tanto, desde la vida temprana del estudiante en mecatrónica, podemos observar la necesidad de atender unidades de aprendizaje que impliquen “meter las manos”, que de manera oficial en el mapa curricular las llamamos como unidades de aprendizaje con un alto contenido de competencias prácticas.

Con conocimiento de causa, podemos decir que en este confinamiento, los alumnos de procesos de manufactura, han manifestado cierta frustración al no poder asistir a un laboratorio en donde comúnmente se realizan las prácticas pertinentes, y en donde necesariamente para comprender la manufactura se requieren de los estímulos que esta provee a los sentidos del estudiante, dado que en los procesos de manufactura es muy importante el entrenamiento de los sentidos del tacto, el oído, el olfato, mientras el sentido de la vista se ve afectado, a la vez que continuamente requerimos verificar elementos de precisión con metrología dimensional.



Imagen 1.- Realización de Práctica presencial en maquinaria convencional.



Imagen 2.- Realización de Práctica Presencial en maquinaria de control numérico.

¿Por qué razón un estudiante en formación de ingeniería en mecatrónica debe experimentar los procesos de manufactura?, la unidad de aprendizaje procesos de manufactura forma parte del nivel 1 del mapa curricular, por lo tanto, el alumno de ingeniería en mecatrónica, debe cursar esta unidad de aprendizaje máximo en segundo semestre, de igual manera, después del segundo semestre el alumno debe cumplir con proyectos en distintas unidades de aprendizaje, lo que implica desarrollar prototipos mecatrónicos que puedan ser evaluados como proyecto final semestral, esto quiere decir, que para cumplir con el desarrollo de un prototipo lo más profesional posible, el alumno ya debió realizar las prácticas pertinentes en los procesos de manufactura, que le ayuden a entregar un prototipo más profesional, y fortalecer dichas competencias que lo complementaran en su formación profesional. Y la razón más contundente, del porqué hacemos énfasis en las competencias prácticas, es, porque nuestro modelo educativo hoy en día, implica que el alumno tiene como opción de titulación, la elaboración de un trabajo terminal, que no es más que la realización del diseño y fabricación de un equipo, aparato o maquinaria que cumpla con una función mecatrónica, y ser defendido en un examen profesional frente a un jurado evaluador. Pero entonces, dadas las circunstancias que la pandemia nos ha generado, tratamos de buscar la forma más cercana de suplir tales prácticas que originalmente se realizaban en un laboratorio, ahora desde una educación a distancia.

La utilización de una plataforma educativa es hoy en día la solución más cercana a la problemática del proceso de enseñanza aprendizaje a distancia, en donde el reto, es adoptar la plataforma educativa más amigable y por llamarlo de alguna manera más intuitiva, que nos permita como docentes realizar nuestro trabajo lo más real posible. Una de las grandes ventajas en la utilización de dichas plataformas es, que nos permite interactuar con grupos numerosos de alumnos, sin tener la limitante de cupo de un salón de clases e interactuar con cada uno de ellos, poder tener a la mano herramientas informáticas que faciliten transmitir el conocimiento de una forma más didáctica y cercana al estudiante, como el uso de videos, el uso de software especializado, simuladores, el uso de una pizarra digital, que cabe mencionar, sigue siendo un problema la manipulación del mouse para realizar anotaciones a mano alzada.

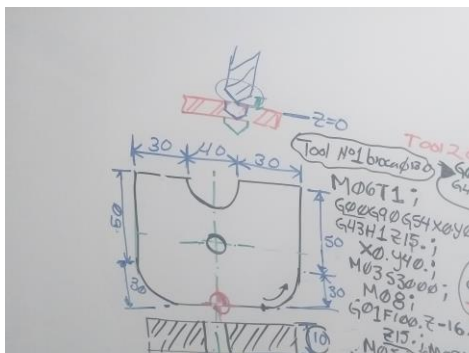


Imagen 3.- Utilización de pizarrón clásico por medio de video en línea en plataforma educativa zoom.

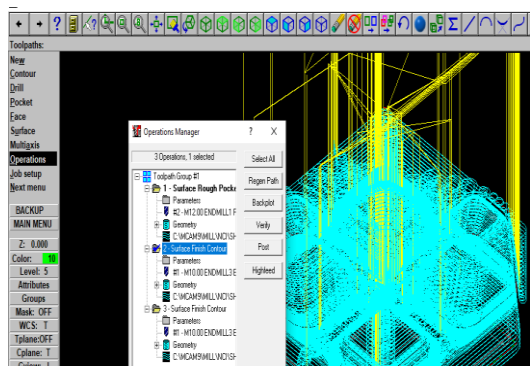


Imagen 4.- Enseñanza en línea de software CAM a través de la plataforma educativa classroom y Teams.

Sin duda alguna, muchos de los procesos de manufactura desde su punto de vista teóricos se pueden explicar y ejemplificar con todas la herramientas que nos ofrecen los softwares hoy en día, como se muestra en las imágenes 3y4, mediante el uso de plataformas educativas y todas las herramientas informáticas a la mano, podemos llevar un conocimiento con mucha fidelidad, como si estuviéramos en una sala de cómputo o un salón de clases, claro está, que estos medios nos restringen la parte de la interacción humana, del contacto cercano, la convivencia con pares.

En esta experiencia y desde mi punto de vista, el uso de mencionadas herramientas informáticas nos complementa mucho en el proceso enseñanza- aprendizaje, así como también optimizan recursos, hacen más flexible el proceso, por ejemplo, las clases pueden ser grabadas para su posterior análisis, el análisis de casos reales con la ayuda de videos, pausar un video, y analizar el comportamiento de un proceso de manufactura, la realización de exámenes analizando casos reales. Pero cabe señalar que mucho también depende de la creatividad que cada docente pueda implementar en el uso de todas estas herramientas informáticas.



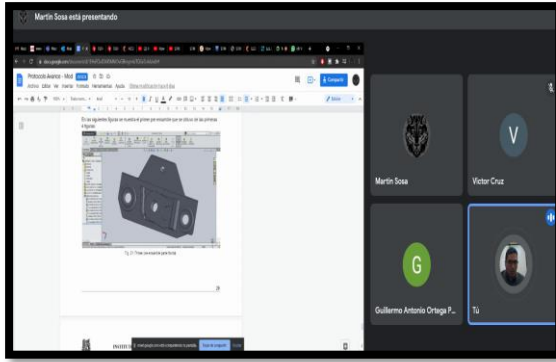


Imagen 5.- Asesoría de Tesis vía plataforma Google meet.

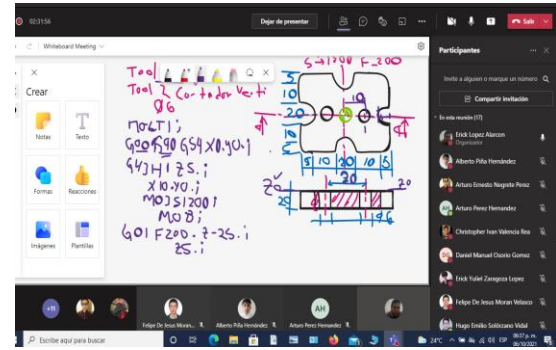


Imagen 6.- Utilización de la pizarra en plataforma Teams.

Con la incursión de estas plataformas se han reducido los tiempos de movilidad, reunimos a todos los actores involucrados en un par de minutos, tal es el caso, por mencionar las reuniones para asesorías de tesis, en donde podemos trabajar todos los involucrados sobre un mismo texto, en un mismo modelo de ingeniería de manera simultánea, y con el poder de edición, una consulta en internet es posible realizarla al momento de la reunión, compartir modelos editados para su posterior mejora continua, analizar temas específicos que se encuentran en la red en el idioma inglés, lo que nos permite abordar casos de tecnología de vanguardia.

Sin duda alguna, las virtudes de la utilización de plataformas educativas en la educación a distancia son variadas, más, sin embargo, ahora describiremos algunas de las desventajas, que a nuestro juicio son las más marcadas, y que hasta este momento se podrían considerar inconvenientes para ambos actores involucrados en el proceso enseñanza – aprendizaje en este nuevo modelo educativo. Este confinamiento implica, que un estudiante de ingeniería deba contar en casa con el equipo de cómputo mínimo necesario para recibir una clase en línea, pero también, que dicho equipo de cómputo cuente con los requerimientos mínimos necesarios para el manejo de software especializado, tener un lugar cómodo, libre de ruidos externos, que como experiencia propia todos quedamos expuestos a las incomodidades de permanecer en casa con clases en línea, el compartir espacios de estudio con familiares, el compartir equipo de cómputo, el depender de la eficiencia de una señal de internet, sin duda alguna el estar más tiempo en casa nos ha orillado a participar por más tiempo en labores domésticas, y que por consecuencia y por inequidad de género, las estudiantes mujeres se han visto más afectadas al respecto, eso lo demostró una reciente investigación realizada por este grupo de trabajo, en donde se utilizaron formularios del tipo Google meet, para encuestar a un número de alumnos.

Dentro de los inconvenientes que hemos venido experimentando es el que aún no se han regulado las formas en las que este tipo de educación a distancia sean igual de eficientes que en formato presencial, por citar un ejemplo, a principios del confinamiento dábamos cuenta de cómo gran cantidad de alumnos mostraban su descontento al excesivo uso de formatos pdf, utilizados por los profesores, para cubrir o complementar temas de clase, al parecer sigue siendo incómodo, agotador el consultar textos demasiado extensos, carentes de tiempo racional, el cual los alumnos deben ocupar para atender otras unidades de aprendizaje. Podemos resaltar también como una desventaja, el gran número de alumnos que conforman los grupos o salones virtuales, por lo tanto al momento de realizar evaluaciones, no podríamos garantizar la mayor de las fidelidades en ese sentido, al igual se incrementa el número de tareas, proyectos entregables que el profesor debe revisar y calificar, de ahí lo anteriormente citado, es sano regular este sistema de enseñanza – aprendizaje donde al parecer los tiempos, y la cantidad de trabajo frente a una computadora, han aumentado.

### Comentarios finales.

Sin duda alguna, este confinamiento ha abierto una brecha en la utilización masiva de las herramientas informáticas destinadas a la educación a distancia o en línea, marcando la antesala de la Educación e Industria 4.0; los cambios que se avecinan relacionados estrechamente con lo que se llama la cuarta revolución industrial, conocida como industria 4.0 y la educación, están naturalmente ligados y más aún cuando se trata de la formación de ingenieros en mecatrónica, los cuales muchos de ellos, se desempeñaran en el ámbito laboral en empresas manufactureras.

Unos de los puntos importantes que resaltan, es el hecho de que todas estas herramientas Tecnológicas al servicio de la educación, nos abren una oportunidad a incrementar nuestro campo de creatividad e innovación, nos facilitan el trabajo en equipo, que mucho hace falta en el campo de la ingeniería, y por consecuencia incentivará la

innovación, mejor aún, la formación y colaboración de equipos multidisciplinarios nos encausen al desarrollo del emprendimiento de una forma más acelerada.

#### *Resumen de resultados.*

En este trabajo se plasmaron experiencias que nos ayudan a reflexionar acerca del trabajo docente durante el confinamiento producto de una pandemia, donde podemos citar que los resultados por haber implementado el uso de tecnologías de la información, junto con las herramientas para la instrucción a distancia son muy favorables para complementar, hacer más eficiente la realización de las prácticas en cuanto regresemos a nuestros laboratorios de procesos de manufactura.

#### *Conclusiones.*

Sin duda alguna, las tecnologías de la información, destinadas a la educación en línea o a distancia, han venido a revolucionar el campo de la enseñanza- aprendizaje, y en nuestra perspectiva, a complementar la enseñanza en el ámbito de los procesos de manufactura, ya que estos, siempre requerirán la parte práctico- experimental. Es bien sabido que hoy en día ya se desarrollan herramientas de entrenamiento en el campo de la realidad virtual y aumentada, esto contribuye y motiva al profesor a fomentar la solución de problemas reales, tal es el caso hoy en día de los simuladores de soldadura, en donde podemos realizar la aplicación de la soldadura en una realidad virtual y aumentada, el manejo virtual y a distancia de simuladores en maquinaria de control numérico computarizado, que me permitirían optimizar el tiempo de entrenamiento en piso a un grupo numeroso de personas, o como comúnmente se dice “programar a pie de máquina”, estos ejemplos sin duda alguna nos permitirán crear e incorporar entornos “reales” como principal motor de aprendizaje, y como consecuencia, seguir fomentando la evaluación continua, la cual nos permitirá retener el conocimiento y relacionarlo con casos reales y prácticos.

#### *Recomendaciones.*

Recomendamos ampliamente como docentes, implementar todas las herramientas tecnológicas experimentadas en este periodo forzado de confinamiento, ya que sí existen beneficios, que en nuestro caso como ya lo hemos citado, complementan, hacen eficiente la enseñanza- aprendizaje de los aspectos teóricos de los procesos de manufactura en una ingeniería como lo es la mecatrónica. Así como también documentar los resultados que sean notables, en nuestro caso, y de manera muy particular esperamos que el alumno con todas estas herramientas se muestre más independiente al momento de realizar las prácticas, y el profesor solo realice un trabajo de supervisión.

### **Referencias**

[1] Bill W. Bolton “Mecatrónica, Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Editorial Alfaomega. Tercera Edición, ISBN 970-15-1117-4.

[2] B.H. Amstead, Phillip F. Ostwald. “Procesos de Manufactura Versión SI”. Editorial Patria. Séptima Edición ISBN 978-968-26-0257-3

### **Notas Biográficas**

El **Ing. Erick López Alarcón**, recibió el título de ingeniero Electromecánico por el Instituto Tecnológico de Zacatepec Morelos en 2004, realizó estudios de especialidad en proyecto mecánico, en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional, fungió como ingeniero de procesos en la industria Agro alimenticia, Industria Automotriz, Industria Metal-Mecánica. Actualmente labora como profesor a nivel licenciatura en la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional, donde imparte la unidad de aprendizaje de Procesos de Manufactura para las ingenierías en Mecatrónica, Biónica e ingeniería en Energía. Las Áreas de interés son el Diseño Mecánico, el Diseño asistido por computadora, la Manufactura asistida por computadora y los procesos de soldadura.

La **Dra. Norma Patricia Maldonado Reynoso**, Es profesora – investigadora de tiempo completo del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS) del Instituto Politécnico Nacional. Participa en el cuerpo docente de la Maestría en Docencia Científica y Tecnológica y en la Maestría en Ciencias Metodología de las Ciencias, donde fue coordinadora de esta maestría de 2014 a 2015, llevándola a obtener el reconocimiento como Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) de CONACYT. Doctora en Ciencias Políticas y Sociales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus principales líneas de investigación son las Nuevas Tecnologías de Comunicación e Información aplicadas en la Educación Superior, Educación Virtual, la Sociedad de la Información, Radiodifusión digital, así como Estudios con Perspectiva de Género. Obtuvo el premio ANUIES 2001 por mejor Tesis de Maestría sobre la Educación Superior: “La Universidad Virtual en México”. Obtuvo Medalla Alfonso Caso, por la UNAM, y ha pertenecido al Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT, como investigadora Nivel I.

## Motivación en el Aprendizaje en Línea: UNACAR

Mtro. Juan Carlos López Cabañas<sup>1</sup>, Mtra. Martha Elena Espinosa Carrasco<sup>2</sup> y Dra. Heidy Paulina Romero Durán<sup>3</sup>

**Resumen**—Para lograr cualquier meta, el ser humano necesita estar motivado. Con la llegada de la pandemia por COVID-19 las clases que originalmente eran presenciales tuvieron que impartirse de manera virtual. Ello provocó que los estudiantes tuvieran que pasar muchas horas frente a la computadora, generándoles una situación de desgaste y aburrimiento. Al extenderse el confinamiento el reto de los docentes era lograr una clase virtual adecuada, que permitiera mantener la motivación estudiantil durante todo el curso y que contribuyera al aprovechamiento académico. El objetivo de la presente investigación cualitativa es analizar de forma descriptiva las circunstancias presentes en los estudiantes de licenciatura, que les permitan dar continuidad o en su caso conclusión a sus estudios, tomando en consideración aspectos tales como la motivación externa, la motivación interna, la situación económica, entre otros. Como resultado de la investigación se observa que los estudiantes perciben el esfuerzo de sus profesores por impartir las clases con la misma calidad que si estuviesen en modalidad presencial, diseñando estrategias que les ha permitido permanecer motivados y rendir académicamente.

**Palabras clave**—Motivación, aprendizaje, educación en línea, deserción escolar.

### Introducción

Es de conocimiento general que la dinámica educativa se transformó súbita y drásticamente para el común de la población escolar, forzando a diseñar estrategias que permitieran dar continuidad a la formación de los estudiantes. Entre diversas estrategias que se encontraron durante la revisión documental estuvo presente la realización de sesiones virtuales, en las que el reto principal es mantener al estudiante atento y activo en cada sesión, cuidando mantener la motivación, como lo han referenciado Curubo (2020), Galindo y Vela (2020), Guillén y Rodríguez (s/f), entre otros trabajos relacionados.

Si bien el manejo de las herramientas digitales para la continuidad de la enseñanza fue un reto inicial al que tanto docentes como estudiantes se enfrentaron, la permanencia en las aulas virtuales, la efectividad en el conocimiento adquirido entre otros, son diversos factores que han sido señalados en los trabajos de investigadores tales como Galindo y Vela (2020) quienes mencionan que la motivación es uno de los “fenómenos que atentan contra los procesos formativos en la educación superior y más durante la pandemia” p.1, tales autores indican que existen diversos tipos de motivación, entre ellos la autodeterminación, que es una de las teorías de la psicología educativa que trata sobre “modelos para explicar el fenómeno de la motivación en el ámbito académico” p.11.

El trabajo de Lovón y Cisneros (2020) describe que una de las situaciones que como docente se debe ser sensible es a la carga académica, puesto que los resultados de su estudio evidenciaron dos monitoreos con dos grupos en condiciones contrastantes:

el primer grupo, con adecuados recursos tecnológicos y el segundo grupo, carente de tecnologías de calidad. Los resultados muestran que la principal consecuencia para el primer grupo es el estrés a causa de la sobrecarga académica, y para el segundo, aparte del estrés, la frustración y la deserción universitaria, p.1. [lo que deducen a partir de cuestionarlos si] las dificultades con la tecnología presentada por los docentes los afectaba, la mayoría afirmó que sí (casi el 73%) y un 93.2% de la muestra consideró que su carga académica ha aumentado en relación con ciclos anteriores, p 9.

Con cifras como éstas, es importante considerar que la continuidad en la enseñanza, pese a las circunstancias de salud preponderantes, deben considerar desde el diseño, la elección cuidadosa de modo que no repercuta en el estudiante deterioro de su salud mental, puesto que con el distanciamiento ya se procura la salud física, ambas de gran importancia. Si se prevén estas circunstancias, entonces se puede focalizar la motivación en el estudiante y con ello disminuir la deserción de las aulas virtuales, como definición de deserción la Comunidad de Educadores de la Red Iberoamericana de Docentes indican “como deserción universitaria aquel fenómeno mediante el cual los estudiantes abandonan los estudios de forma voluntaria o forzada dentro del sistema educativo. Se retiran sin decirlo mientras una minoría cumple los procesos administrativos ante la universidad”, párr. 3.

<sup>1</sup> Mtro. Juan Carlos López Cabañas es Profesor Investigador en la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.  
[jclopez@pampano.unacar.mx](mailto:jclopez@pampano.unacar.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> La Mtra. Martha Elena Espinosa Carrasco es Profesora en la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.  
[maneljc72@yahoo.com.mx](mailto:maneljc72@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> La Dra. Heidy Paulina Romero Durán es Profesora en la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.  
[hromero@pampano.unacar.mx](mailto:hromero@pampano.unacar.mx)

La Red Iberoamericana de Docentes así mismo señalan que de acuerdo con el reporte de: El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) alerta sobre las cifras. Millones de jóvenes abandonaran sus estudios con una disminución de la matrícula en 25% en los países latinoamericanos, a pesar de esfuerzos de muchos gobiernos de darle continuidad al proceso de enseñanza- aprendizaje universitario, párr. 4.

De lo que se desprende la consideración inquietante en la disminución de la matrícula universitaria, con esto, la importancia en la determinación y monitoreo de los factores que inciden en la permanencia y continuidad de estudio en la modalidad virtual sin importar cual fuere la estrategia que haya seleccionado el docente.

Debe preverse que la modalidad actual presente en la educación como es “la Educación Virtual, ofrece al sistema educativo recursos que benefician y potencializan en los alumnos el desarrollo de un aprendizaje significativo” p. 473, como es señalado por Martínez, Torres y Segobia (2020). Dicha modalidad conlleva a ser flexibles con los estudiantes considerando las diversas circunstancias que les permiten o en su caso limitan el acceso a sus sesiones virtuales, pero asegurando que el conocimiento sea eficaz, permitiendo el aprendizaje significativo. En la modalidad de enseñanza en la cual los docentes han podido dar continuidad a su labor, se visualiza que “las plataformas virtuales han sido un mediador aliado en los procesos de enseñanza y aprendizaje”, como indica Estrada (2020) párr. 4, en su trabajo de investigación, no obstante, hay consecuencias en la modalidad virtual de aprendizaje:

en las clases virtuales, los estudiantes fueron exhortados a ejercer su autonomía y a ajustar sus estrategias de aprendizaje para alcanzar sus metas académicas, han participado colaborativamente en la construcción de su propio conocimiento en los escenarios de formación académica remota y han contribuido al mejoramiento de la misma, al ser en su mayoría una generación de nativos digitales, Estrada (2020), párr. 5.

Con lo observado, se focaliza como objetivo de esta investigación el analizar las características que los estudiantes de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) en diversos niveles de avance en sus estudios de licenciatura, han presentado a un año del confinamiento derivado de la pandemia por COVID 19, buscando siempre la calidad en la enseñanza en la aulas virtuales con aprendizaje significativo, pero que dentro de las circunstancias personales, económicas y morales, el estudiante conserve la motivación necesaria a fin de cumplir con sus objetivos educacionales, pudiendo concretar sus estudios profesionales con la misma disposición que si estuviese en la modalidad presencial.

### **Descripción del Método**

En virtud del interés por conocer las circunstancias presentes en los estudiantes, en sus distintos niveles de avance en sus estudios de licenciatura, que les permitan dar continuidad o en su caso conclusión a sus estudios, el trabajo de investigación es de tipo descriptivo y alcance cualitativo, conforme a la definición establecida por Hernández et al. (2010), la cual ha procedido con una muestra aleatoria no experimental de estudiantes pertenecientes a la UNACAR en distintos niveles de estudio durante el periodo enero – mayo 2021 a los cuales se les aplicó una encuesta con 70 preguntas en opciones de respuesta en escala Likert. La encuesta se encuentra segmentada para su análisis en distintos aspectos de interés en este estudio, como es la motivación externa la cual no depende del estudiante directamente, motivación interna en la que se pretende refleje los intereses propios de los estudiantes en dar continuidad a sus estudios, la situación económica que definitivamente en este periodo de pandemia ha estado afectando en demasía, el compromiso personal del propio estudiante, la actitud y asistencia.

### **Comentarios Finales**

La continuidad virtual que se ha dado a la enseñanza principalmente a nivel superior prioriza la ejecución de sesiones en línea que sustituyan a las tradicionales, esto debido a que se están formando profesionistas quienes serán la futura fuente laboral del país. Con la revisión documental se ha expuesto que, en la virtualidad motivada por la pandemia, es de considerar la participación del estudiante en las sesiones, que permanezca de forma constante, es decir, que asista a sus sesiones virtuales con la motivación con la que acudiría presencialmente a su institución. Por ello se focaliza analizar las circunstancias por las que el estudiante permanece y por la que se dificultaría dar continuidad a su formación profesional.

### *Resumen de resultados*

En el presente trabajo investigativo se estudió la perspectiva motivacional presente en los estudiantes de la UNACAR, en sus distintos grados semestrales, a un año de haber dado continuidad a sus estudios en la modalidad virtual. Los resultados de la investigación incluyen el análisis descriptivo de las respuestas dadas a la encuesta aplicada, esto con respecto a los segmentos en los que se categorizaron las preguntas.

Del análisis efectuado a las respuestas de los estudiantes se desprende que, en relación con la motivación externa, la cual depende del esfuerzo de los profesores por mantener la motivación en los estudiantes, los estudiantes se sienten reconocidos en su esfuerzo, que sus profesores manejan de forma atractiva las estrategias didácticas, en un 78.4%. Con el 75.7% de forma generalizada se sienten motivados por ellos. En un 89.6%, los profesores motivan la participación virtual.

Ser sobresaliente en calificaciones, es otro interés muy prioritario en los estudiantes con el 97.7%. Las competencias de formación en los estudiantes están en los objetivos y modalidad de enseñanza en la UNACAR, por lo que el estudiante conforme avanza sus estudios debe concretarlas, de este modo es importante que el estudiante tenga claro que avanza en ellas, así entonces se ha encontrado con el 79.2% la percepción de ser competitivo académicamente.

Para dar continuidad a sus estudios se debe tener en cuenta los recursos de que dispone el estudiante, lo que conlleva a analizar la situación económica presente, que de acuerdo con lo que reportan en la encuesta, el 75.1% indica tener los recursos económicos necesarios, el 41.6% indica estar patrocinado por alguna fuente externa al núcleo familiar, el 28.3% indicó necesitar trabajar para costear su educación.

En cuanto al cumplimiento en sus sesiones virtuales, el 94.8% indicó asistir de forma regular y puntualmente. En concordancia a estas circunstancias, la media en las calificaciones es 89.7, lo que se encuentra en escala aprobatoria de acuerdo con la escala 1 a 100.

### *Conclusiones*

En virtud de la observancia de los resultados expresados por los estudiantes, se puede decir que ellos perciben el esfuerzo de sus profesores por impartir las clases con la misma calidad que si estuviesen en modalidad presencial, diseñando estrategias que permiten su participación en las sesiones virtuales, que son tomados en cuenta, aunque no estén frente a frente, esto les ha permitido permanecer motivados. Los estudiantes también han logrado sobrellevar las eventualidades económicas teniendo que recurrir a recursos externos al núcleo familiar, pero que les han permitido mantenerse constantes, lo que se evidenció en la asistencia regular y puntual a sus sesiones, que en consecuencia les permite mantener un promedio de calificaciones aceptable de medio a alto.

El análisis efectuado a los resultados puede indicar que los estudiantes se han logrado adaptar a las circunstancias, al ser ya de una generación nativa digital, como lo ha expuesto Estrada (2020). Y a pesar de que un considerable porcentaje de estudiantes requieren trabajar a la par que realizan sus estudios profesionales, ello no les impidió asistir regularmente a sus sesiones de clases virtuales, ni obtener un desempeño aceptable en su rendimiento académico.

Finalmente, se puede concluir que un factor importante que definitivamente influyó en la permanencia y en el desempeño académico, es el hecho de que el estudiante contara con los recursos adecuados, para tomar las clases virtuales.

### *Recomendaciones*

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que no existe diferencia sustancial en la motivación de los estudiantes, al tener que continuar recibiendo las clases en la modalidad virtual, en lugar de recibirlas de manera presencial, como era lo acostumbrado. Para dar continuidad a la presente investigación, futuras investigaciones se pueden focalizar en la relación que tendría la motivación presente en los estudiantes con el promedio en sus calificaciones. También puede ser analizado si existe incremento paulatino en la necesidad de trabajar a la par que se llevan los estudios universitarios y que estos puedan concretarse. Otro enfoque sería focalizar sobre en qué característica recae con mayor intensidad la permanencia de los estudiantes en sus estudios y con ello favorecerla.

## **Referencias**

Curubo, J. F. "Satisfacción académica en estudiantes universitarios en modalidad remota por la pandemia COVID-19" (Tesis en línea), 2020. Dirección de internet: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/53700>

Estrada, M. L. "Impacto de las clases virtuales en los procesos de enseñanza y aprendizaje". *Universidad El bosque*, 17 de septiembre de 2020. Dirección de internet: <https://www.unbosque.edu.co/centro-informacion/noticias/impacto-de-las-clases-virtuales-en-los-procesos-de-ensenanza-y>

Guillén, D. y Rodríguez, A. "Motivación Académica durante el confinamiento: un estudio comparativo en tres distintas universidades". (s/f). Dirección de internet: [http://psicologia.iberu.mx/wp-content/uploads/2020/11/Motivaci%C3%B3n-Acad%C3%A9mica-durante-el-confinamiento\\_-\\_un-estudio-comparativo-en-tres-distintas-universidades\\_compressed.pdf](http://psicologia.iberu.mx/wp-content/uploads/2020/11/Motivaci%C3%B3n-Acad%C3%A9mica-durante-el-confinamiento_-_un-estudio-comparativo-en-tres-distintas-universidades_compressed.pdf)

Galindo, N. F. y Vela, J. E. "Motivación académica en tiempos de covid-19, de estudiantes vinculados a universidades de Villavicencio: a partir de la teoría de Deci y Ryan" (Tesina en línea), 2020. Dirección de internet: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/32001/2021jaimevela1.pdf?sequence=9&isAllowed=y>

Lovón, M. A. y Cisneros, S. A. “Repercusiones de las clases virtuales en los estudiantes universitarios en el contexto de la cuarentena por COVID19: El caso de la PUCP”. *Revista de Psicología Educativa* (en línea), Vol. 8, 2020. Dirección de internet: <https://revistas.usil.edu.pe/article/download>

Martínez, J. E., Torres R. J. y Segobia M. A. “La educación virtual y su impacto en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios”. *Magazine de las ciencias revista de investigación e innovación*, vol. 5, 30 de diciembre de 2020. Dirección de internet: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/1135/823>

Peña, M. Y. “Deserción Universitaria. El desafío de una mayoría durante pandemia”. *Revista Iberoamericana de docentes* (digital), 27 de enero 2021. Dirección de internet: <http://formacionib.org/noticias/?Desercion-Universitaria-El-desafio-de-una-mayoria-durante-pandemia>

# Fitoextracción de Plomo, Cromo y Cadmio de un Suelo Contaminado empleando *Paulownia imperial (Paulownia tomentosa)* y *Suculenta (Dudleya gatesii)*

Dr. Raymundo López Callejas,<sup>1</sup> Dra. Mabel Vaca Mier<sup>2</sup>, Mtro. Arturo Lizardi Ramos<sup>3</sup>,  
Mtra. Sandra Chávez Sánchez<sup>4</sup>, Dr. Hilario Terres Peña<sup>5</sup>, Mtro. Carlos Esquinca<sup>6</sup>

**Resumen**— Se estudió el proceso de fitoextracción de Pb, Cr y Cd de un suelo contaminado usando las especies vegetales: paulownia imperial (*Paulownia tomentosa*) y suculenta (*Dudleya gatesii*). El suelo contaminado provenía de un predio con actividad industrial conteniendo 1,746 mg Cd/kg, 3131 mg Cr/kg y 2,303 mg Pb/kg. Después de 180 de fitoextracción, la paulownia removió 6.6% de Cd, 50.91% de Cr y 35.1% de Pb, mientras que la suculenta extrajo 16.5% de Cd, 86.6% de Cr y 90.3% de Pb. Sin embargo, sólo acumuló metales en la raíz. La suculenta presentó factores de translocación cercanos o mayores a uno, lo que indica un cultivo adecuado para la fitoextracción por el transporte de metales a su parte aérea. Sólo se alcanzaron los límites máximos permisibles que señala la normatividad vigente de Pb con la suculenta, pero en un periodo de 3 años de fitoextracción se alcanzarían los tres límites.

**Palabras clave**—fitoextracción, paulonia imperial, suculenta, metales pesados.

## Introducción

Los metales pesados y metaloides pueden contaminar el suelo cuando los residuos de la actividad industrial que los contienen no son dispuestos adecuadamente. Estos contaminantes no son biodegradables; además cambian de estado de oxidación y se movilizan, provocando efectos toxicológicos a plantas y animales, así como problemas de salud humana en poblaciones aledañas a áreas contaminadas, los cuales pueden persistir por años (Shah y Daverey, 2020).

La fitoextracción de metales pesados se basa en el uso de plantas hiperacumuladoras y tolerantes a la presencia de metales pesados y ayuda a la restauración *in situ* de suelos, lodos y sedimentos (Vamerali y Bandiera, 2009). Generalmente los metales son absorbidos en la planta en lugar de nutrientes esenciales y se acumulan en ella en diferentes órganos de la planta (hoja, tallo, raíces) por el proceso de translocación, a diferentes concentraciones (Crowley *et al.*, 1996). Las plantas adecuadas para la fitoextracción deben ser tolerantes al metal que se desea eliminar y acumularlo preferentemente en la parte aérea, presentar un rápido crecimiento y una alta producción de biomasa (Singh y Prasad, 2015). Esta tecnología es sustentable, económica, y a pesar de los tiempos relativamente largos que se precisan, no requiere consumo de energía ni personal especializado para su manejo (INECC, 2007). Cuando la planta ha acumulado la máxima cantidad de contaminantes, se cosecha y se le da el tratamiento necesario para su disposición final (Bernal, 2014).

Una especie vegetal hiperacumuladora específica puede llegar a remover del suelo, por ejemplo, más de 100 ppm de Cd y hasta 1000 ppm de Co, Cr, Cu o Pb (Baker *et al.*, 2000). Cuando no se alcanzan esos niveles de acumulación se dice que las plantas extractoras son tolerantes a los metales. Se conoce que los metales pesados como el plomo (Pb), el cromo (Cr) y el cadmio (Cd) pueden causar serios efectos dañinos los organismos vivos en bajas concentraciones y tienden a acumularse en la cadena alimenticia. Se consideran como prioritarios por su toxicidad y persistencia (EPA, 2014).

El suelo contaminado acumula y concentra los metales pesados, debido a su capacidad de retención, sobre todo en las capas superficiales, las cuales constituyen la parte biológicamente más activa de este ecosistema, de modo

<sup>1</sup> El Dr. Raymundo López Callejas es Profesor del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. [rlc@azc.uam.mx](mailto:rlc@azc.uam.mx)

<sup>2</sup> La Dra. Mabel Vaca Mier es Profesora de Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. [mvm@azc.uam.mx](mailto:mvm@azc.uam.mx) (**autor correspondiente**)

<sup>3</sup> El Mtro. Arturo Lizardi Ramos es Profesor del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. [arlr@azc.uam.mx](mailto:arlr@azc.uam.mx)

<sup>4</sup> La Mtra. Sandra Chávez Sánchez es Profesora de Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. [acs@azc.uam.mx](mailto:acs@azc.uam.mx)

<sup>5</sup> El Dr. Hilario Terres Peña es Profesor del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. [htp@azc.uam.mx](mailto:htp@azc.uam.mx)

<sup>6</sup> El Mtro. Carlos Esquinca es exalumno de la Universidad Autónoma Metropolitana [cesquinca@hotmail.com](mailto:cesquinca@hotmail.com)

que los metales pueden ser fácilmente accesibles para los cultivos o eventualmente llegar a los mantos acuíferos, en donde se introducen con facilidad a las cadenas tróficas (Nriagu *et al.*, 1990).

La eficiencia de la fitoextracción depende de las características de la planta. La tolerancia a los metales pesados se puede evaluar por dos factores: el de bioconcentración (FBC), que mide la capacidad de la planta para acumular metales con respecto a la concentración inicial en el suelo; y el de translocación (FT), que determina la capacidad de las plantas para transportar los metales de la raíz a la parte aérea; una planta se considera buena acumuladora de metales pesados si el FBC es cercano a uno. Un FT mayor a uno indica movilización del metal hacia la parte aérea; cuando el FT es cercano a cero, sugiere que la planta lo acumula y retiene en la raíz (Carrión *et al.*, 2012). Es de notar que la translocación a la parte aérea permite la fácil cosecha del vegetal, para proceder a la disposición final de los metales extraídos (Ortiz, 2020).

En este trabajo se evaluó el proceso de fitoextracción de un suelo industrial contaminado con Pb, Cr y Cd, empleando las especies paulownia imperial (*Paulownia tomentosa*) y suculenta (*Dudleya gatesii*), caracterizadas por su alta producción de biomasa y por la gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes (Zhu, 1996; Shang *et al.*, 2015). Era de gran interés investigar si las especies eran tolerantes a los contaminantes y podrían bioacumularlos y traslocarlos a la parte aérea. También se deseaba conocer la factibilidad y el tiempo para alcanzar los límites máximos permisibles (LMP) de concentraciones de plomo, cromo y cadmio en suelo que señala la norma NOM-147-SEMARNAT-SSAI2004 que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio (SEMARNAT, 2003).

### Descripción del Método

El estudio se llevó a cabo en un invernadero con un sistema de riego manual y la siembra fue en bolsas de un kilogramo para un manejo práctico de las especies. El suelo provenía de un predio con actividad industrial, contaminado con plomo, cadmio y cromo. Se caracterizaron con los parámetros de textura, materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo y contenido de metales pesados, Cr, Cd y Pb; se utilizaron los métodos descritos en la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. (SEMARNAT, 2002).

Las concentraciones totales de los metales contaminantes, Pb, Cr y Cd, tanto en suelos como en las especies vegetales fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica con un equipo Varian Spectra AA-200. Las muestras vegetales se trituraron, homogenizaron y secaron a 50°C. Posteriormente se realizó una digestión ácida, previa a la detección de metales. Se cuantificó el contenido de los metales a los 180 días con las dos especies, paulownia imperial (*Paulownia tomentosa*) y suculenta (*Dudleya gatesii*), tanto en la biomasa total y como en la parte aérea, en base seca.

Para las pruebas de fitoextracción, las especies de paulownia imperial (*Paulownia tomentosa*) (Figura 1) y suculenta (*Dudleya gatesii*) (Figura 2) fueron trasplantadas a las bolsas de los experimentos por triplicado, con una planta por bolsa en suelo sin contaminar (como cultivo testigo), y una planta en suelo contaminado. Se registraron diariamente las lecturas de temperatura con un promedio de 29.9 °C en el interior del invernadero. La humedad relativa se mantuvo en un promedio del 44.8%.

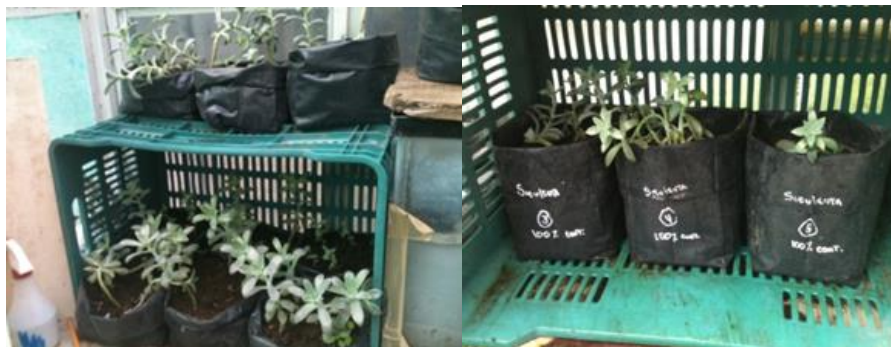


Figura 1. Paulownia imperial (*Paulownia tomentosa*) sembrada en suelo contaminado con Cd, Cr y Pb y control.





Figura 2. Suculenta (*Dudleya gatesii*) sembrada en suelo contaminado y control.

Se siguió el proceso de crecimiento de las plantas y se analizó el contenido de metales en suelo y en los tejidos vegetales (raíz y parte aérea, biomasa seca) después de 180 días. Dentro del proceso de fitorremediación se generaron residuos que se pusieron a disposición, utilizando cemento portland para crear monolitos de concreto, formando una estructura termo plástica que por polimerización atrapan el contenido de la biomasa generada, de acuerdo con el método reportado por Ortiz (2020).

### Resultados y Discusión

Los resultados de la caracterización inicial del suelo contaminado se encuentran en la Tabla 1

Parámetro (unidad)	Resultado	Valores medios NOM-021-SEMARNAT-2000	Interpretación de resultados
pH	7.5	7.4-8.5	Medianamente alcalino
Materia orgánica (%)	5.49	3.6-6.0	Alto
Nitrógeno inorgánico (ppm)	2.8	1.0	Adecuado
<b>Textura</b>			
Arena (%)	31.03	-	Suelo franco arcilloso
Arcilla (%)	34.48	-	
Limo (%)	34.48	-	
<b>Metales contaminantes</b>		<b>Límites máximos permisibles para uso agrícola/residencial y comercial NOM-147-SEMARNAT-2004</b>	
Cadmio (mg/kg)	1746.6	37	Fuera de norma
Cromo (mg/kg)	3131.3	280	
Plomo (mg/kg)	2303.5	400	

Tabla 1. Caracterización preliminar del suelo contaminado con Cd, Cr y Pb

La materia orgánica contenida en el suelo se encontraba en el intervalo de 5.49 a 8.2 %, estos niveles son altos (SEMARNAT, 2002) y promueven la actividad biológica del suelo contaminado coadyuvando al crecimiento en las especies vegetales y con un contenido de nitrógeno adecuado.

De acuerdo con la norma NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004, las concentraciones iniciales totales de los metales en el suelo de 1747 mg Cd/kg, 3131 mg Cr/kg y 2303 mg Pb/kg, estaban por encima del LMP para uso agrícola/residencial y comercial: de 37 mg Cd/kg, 280 mg Cr/kg y 400 mg Pb/kg, rebasándolos de cinco a diez veces.

En la Tabla 2 se resume la eficiencia de fitoextracción de los metales en el suelo; la paulownia imperial absorbió 6.7% del Cd, 50.9% del Cr y 35.1% del Pb. La suculenta extrajo 16.5% del Cd, 86.6% del Cr y 90.3% del Pb en el periodo de tiempo de 180 días. También se presentan las concentraciones finales alcanzadas, observándose que solamente en el experimento con la suculenta se alcanza el LMP para Pb y el del Cr es relativamente cercano. La

fitoextracción en planta paulownia no fue suficiente para alcanzar dichos límites en el tiempo de experimentación. Sin embargo, se llevó a cabo el ejercicio de la estimación del tiempo de remediación que se requeriría para restaurar el suelo bajo estudio que se presenta también en la Tabla 2. Ahí se observa que se requieren al menos casi tres años para llevar a cabo la restauración del suelo hasta los límites que señala la norma vigente, utilizando la suculenta y en el caso de la paulownia la remediación total ocurriría en más de siete años.

Metal	Paulownia				Suculenta			
	Inicio (mg/kg)	180 días (mg/kg)	Porcentaje de fitoextracción	Tiempo aproximado de remediación del suelo en su totalidad (años)	Inicio (mg/kg)	180 días (mg/kg)	Porcentaje de fitoextracción	Tiempo aproximado de remediación del suelo en su totalidad (años)
<b>Cd</b>	1746.626	1630.35	6.66	<b>7.408</b>	1746.626	1457.83	16.535	<b>2.983</b>
<b>Cr</b>	3131.26	1537.16	50.91	<b>0.969</b>	3131.26	419.21	86.612	<b>0.569</b>
<b>Pb</b>	2303.49	1497.7	35.10	<b>1.751</b>	2303.49	223.13	90.313	<b>0.546</b>

Tabla 2. Porcentajes de fitoextracción y tiempos estimados de remediación

Para conocer la eficacia de las plantas en la extracción y translocación de los metales a su parte aérea se obtuvieron los factores de bioacumulación (FBA) y translocación (FT) reportados en la Tabla 3.

Metal	FT		FBA	
	Paulownia	Suculenta	Paulownia	Suculenta
<b>Cd</b>	0.007	0.755	0.58	0.25
<b>Cr</b>	0.11	0.667	0.32	2.01
<b>Pb</b>	0.02	0.901	0.32	1.64

Tabla 3. Factores de translocación (FT) y de bioacumulación (FBA)

El factor de translocación comparó el contenido de Cd, Cr y Pb en la raíz y acumulación de tejido aéreo de cada planta. En la paulownia se encontró una mayor acumulación total de Cd que en la suculenta, con un FBA de 0.58 pero su capacidad de translocar el Cd a la parte aérea fue mínima, resultando con un FT de 0.007, es decir, la acumulación de este metal se llevó a cabo principalmente en la raíz, situación que se repite con el Cr y el Pb, con factores de translocación de 0.11 y 0.02, respectivamente. Desde el punto de vista de la aplicación del proceso en campo esto implicaría que cada ciclo de extracción, al agotar la capacidad de acumulación de metales en la raíz de cada planta de la paulownia, se debería destruir el cultivo y llevar a confinamiento, impidiendo la utilización cíclica de la especie (Bernal, 2014).

En contraste, la suculenta presenta factores de bioacumulación cercanos o mayores que uno para el Cr y el Pb, lo que significa su gran capacidad de acumulación de estos metales y factores de translocación en todos los casos mayores a 0.5, indicando que el tejido aéreo acumula una porción significativa de los metales, la cosecha puede realizarse segando solamente la parte aérea y la planta puede emplearse en ciclos sucesivos hasta agotar los metales en el suelo contaminado (Carrión *et al.*, 2012).

Ninguna planta de las dos especies presentó síntomas de graves de toxicidad debida a los metales, aunque hubo cambios visibles en ambas. Después de 180 días de proceso de fitoextracción, las plantas de paulownia que fueron sembradas con una altura promedio de 20 cm en el suelo contaminado, alcanzaron una altura promedio de 37 cm y las plantas en suelo control sin contaminación crecieron hasta 46 cm, lo que implica que los contaminantes inhibieron hasta un 30% su crecimiento. Respecto a las suculentas sembradas en el suelo contaminado, con una altura de 10 cm, al final del estudio alcanzaron un tamaño promedio de 15 cm; las plantas control tuvieron el mismo desarrollo en altura, sin embargo, algunas hojas y el tallo mostraban signos de marchitez. En apariencia y en contraste con las plantas de paulownia, las suculentas mostraban mayor tolerancia a la presencia de los metales contaminantes.

En síntesis, se puede considerar a ambas especies como tolerantes a la contaminación por los tres metales (Carrión *et al.*, 2012). Pero evidentemente la suculenta muestra factores de bioacumulación y de translocación que la hacen una especie más atractiva para la fitoextracción de los tres metales en suelos contaminados.

El mayor factor de bioacumulación de Cd lo presentó la especie vegetal paulownia con un valor de 0.58, el mayor factor de bioacumulación de Cr y Pb lo tiene la especie vegetal suculenta con un valor de 2.01 y de 1.64, ambos mayores a 1

### Conclusiones

En este estudio se investigó la eficiencia de fitorremediación de un suelo proveniente de un predio con actividad industrial contaminado con cadmio (1747 mg/kg), cromo (3131 mg/kg) y plomo (2303 mg/kg), empleando las especies vegetales paulownia imperial (*Paulownia tomentosa*) y suculenta (*Dudleya gatesii*). durante un periodo de 180 días.

Al término de la experimentación, la planta con un mayor factor de bioacumulación de Cd fue la paulownia con un valor de 0.58; con respecto al Cr y al Pb, la planta con mayores factores de bioacumulación y translocación fue la suculenta.

Las dos especies utilizadas pueden cumplir con el objetivo de remediación del suelo contaminado con cadmio, cromo y plomo hasta los límites máximos permisibles que señala la norma vigente, en un tiempo cercano a 3 años para el caso de la suculenta y en 7 años para la paulownia imperial. Estos tiempos resultarían atractivos en el caso de que se requieran tratamientos pasivos.

### Referencias

- Baker, A. J. M., McGrath, S. P., Reeves, R. D., Smith, J. A. C. (2000) Metal hyper-accumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils, en Terry, N., Banuelos, G. S. (Eds.), Phytoremediation of Contaminated Soil and Water. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Bernal, A. A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos: Una visión general. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 5(2), 245. doi:10.22490/21456453.1340
- Carrión, C., Ponce-de-León, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M. y Vanegas, C. (2012). Potencial use of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Xochimilco for metal phytoremediation. Agrociencia, 46, 609-620.
- Crowley, D. E., Cunningham, S. D., Shaan, J. R. Anderson, T. A., (1997) Phytoremediation of Contaminated Water and Soil, ACS Books, Washington D.C.
- EPA. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2014). Priority Pollutant List. Obtenida el 28 de febrero del 2020, de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/priority-pollutant-list-epa.pdf>
- Gutiérrez L.J.L. (2009). Manual para el cultivo de Paulownia. Dirección de Difusión y Promoción de la Investigación y los Estudios Avanzados UAEM.
- INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2007). Tecnologías de remediación. Obtenida el 10 de junio del 2019, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/372/tecnolog.html>
- Nriagu J.O., Azcue J.M. (1990) Food contamination with arsenic in the environment. In: Simmons JON and MS, ed. Food Contamination from environmental sources. Inc. N.Y. John Wiley & Sons, 121-144.
- Ortiz, T. (2020). Tratamiento de un suelo contaminado con escorias de plomo, mediante las técnicas de lavado y encapsulamiento. Tesis de Maestría en Ciencias e Ingeniería Ambientales. Recuperado el 15 de junio de 2020 de <http://hdl.handle.net/11191/7181>
- Shah, V., Daverey, A. (2020). Phytoremediation : A multidisciplinary approach to clean up heavy metal contaminated soil. Environmental Technology and Innovation, 18, 100774. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100774>
- SEMARNAT (2002). NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. DOF (Diario Oficial de la Federación). Recuperado el 10 de junio del 2020, de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>
- SEMARNAT (2003) NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. DOF (Diario Oficial de la Federación). (2007). Recuperado el 6 de junio del 2020, de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PP03/DO950.pdf>
- Singh, A., Prasad, S. M. (2015). Remediation of heavy metal contaminated ecosystem: An overview on technology advancement. International Journal of Environmental Science and Technology, 12, 353-366.
- Vamerali, T. y Bandiera, M. (2009). Phytoremediation trials on metal —and arsenic—contaminated pyrite wastes (Torviscosa, Italy), Environmental Pollution, 157, 887–894.

Zhang, C., Sale, P. W. G., Clark, G. J., Liu, W., Doronila, A. I., Kolev, S. D., & Tang, C. (2015). Succulent species differ substantially in their tolerance and phytoextraction potential when grown in the presence of Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, P, and Zn, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 18824–18838. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5046-x>

Zhu Z.H., Chao, C.J., Lu, X.Y., Xiong, Y.G.; (1986). *Paulownia in China: Cultivation and utilization*. Singapore: Asian Network Biological Sciences, Republic of Singapore and International Development Research Center of Canada.

### **Notas Biográficas**

El Dr. Raymundo López Callejas es Doctor en Ciencias e Ingeniería. Profesor Investigador del Área de Termofluidos del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

La Dra. Mabel Vaca Mier es Doctora en Ingeniería Ambiental. Profesora Investigadora del Área de Termofluidos del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

El Mtro. Arturo Lizardi Ramos es Maestro en Ing. Mecánica y Profesor Investigador del Área de Termofluidos del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

La Mtra. Sandra Chávez Sánchez es Maestra en Ciencias Profesora del Área de Termofluidos del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco

El Dr. Hilario Terres Peña es Doctor en Ciencias y Profesor del Área de Termofluidos del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

El Mtro. Carlos Esquinca es Maestro en Ciencias e Ingeniería y Profesor de la Universidad Tecnológica de Tecámac.

## Análisis de la Cinética de Secado del Perejil (*Petroselinum Sativum*), en Horno de Microondas con Potencia Controlada

Dr. Raymundo López C.<sup>1</sup>, Dra. Mabel Vaca M.<sup>2</sup>, M. en C. Arturo Lizardi R.<sup>3</sup>,  
Dra. Araceli Lara V.<sup>4</sup>, Dr. Juan Morales G.<sup>5</sup>, M. en C. Sandra Chávez S.<sup>6</sup>

**Resumen**—En este trabajo se analiza el efecto de la potencia de un horno de microondas sobre el proceso de secado de hojas de perejil (*Petroselinum sativum*). Para lograr la retención del color se sometieron a un proceso de blanqueado con agua caliente a 85 °C y después se introdujeron en agua con hielo. Las potencias utilizadas por unidad de masa fueron de 15 y 20 W/g. El contenido inicial de humedad de las hojas fue de 3.31 kg agua/kg dm (base seca), después de 65 min terminaron con 0.031 kg agua/kg dm para la potencia de 15 W/g y para 20 W/g requirieron un tiempo de 50 min. El modelo numérico que mejor representó la cinética del proceso de secado fue el logarítmico con las restricciones de  $r^2$  cercana a la unidad y  $\chi^2$  tendiendo a cero. El cambio de color fue el parámetro seleccionado para determinar la mejor apariencia del producto, la cual sufrió muy poca alteración, resultando un producto de buena apariencia.

**Palabras clave**— secado por microondas, secado de perejil, modelo logarítmico, cambio de color.

### Introducción

El perejil, *Petroselinum sativum*, es una planta originaria del mediterráneo, es umbelífera bianual y se cultiva por sus hojas; sus semillas germinan muy lentamente. Los tallos son, generalmente, erguidos, las hojas, largamente pecioladas en la mayor parte de las variedades, son lisas o rizadas, muy divididas y aromáticas. Las flores son de color blanco verdoso. Al segundo año emite un tallo floral terminado en umbela. La inflorescencia tiene de 8 a 12 radios primarios, las flores tienen alrededor de 2 milímetros de longitud. El fruto es un diaquenio que se emplea como semilla, de 3 a 4 milímetros de diámetro, ovoide, comprimido y provisto de cinco costillas, siendo aromático también; su poder germinativo suele durar 2 años, es de raíces profundas (Sarwar et al., 2016).

Esta especie hortícola está teniendo cada vez más aceptación en los mercados nacionales por sus cualidades condimentarias y antioxidantes, lo cual motiva a que su cultivo esté siendo objeto de mayor atención de parte de los horticultores y comience a tenerse presente en las alternativas hortícolas intensivas. A nivel mundial el principal productor y exportador es Francia. Cien gramos de perejil contienen: 48 calorías, 88 g de agua, 3.7 g de protóido, 1 g de lípidos, 0.84 g de glúcidos, además de 200 mg de calcio, 800 mg de potasio, 20 mg de hierro y 84 mg de fósforo. Es rico en vitamina C con 200 mg, 0.11 mg de vitamina B y 16 000 UI de vitamina A (Causeret, 1982). La producción de perejil en México es de aproximadamente 10 000 t anuales (SIAP, 2020), se estima que aproximadamente el 30 % de está no se comercializa debido a algunos problemas de conservación, por su naturaleza biológica. Sus hojas secas se emplean en la preparación de algunas sopas y salsas para darles un sabor que lo caracteriza. Por ser una planta de temporada y además por tener una gran cantidad de microorganismos que hacen que su calidad disminuya rápidamente, es necesario entonces su tratamiento tecnológico tales como la congelación o la deshidratación para lograr su aprovechamiento (Soysal, 2004 y Grande Burgos et al., 2017). El proceso de secado o deshidratación es la forma más antigua que se conoce y aplica la humanidad para la preservación de los alimentos agrícolas, ya que al reducir su contenido de humedad se facilita su almacenamiento y se reduce considerablemente su peso y volumen facilitando su empaque y disminuyendo considerablemente los costos de transportación.

En el proceso de secado de productos agrícolas se requiere del modelado matemático con el equipo empleado, consiste en elegir la ecuación matemática más adecuada que caracteriza al sistema. En particular la solución de ésta permite predecir los parámetros de diseño como una función del tiempo en cualquier punto del proceso basándose únicamente en las condiciones iniciales del producto, (Günhan et al., 2005).

En el secado de alimentos los tres elementos más relevantes a los cuales se les ha dedicado mayor atención son: la calidad del producto, el tiempo de secado y la eficiencia energética del proceso. De las tecnologías que se utiliza en el secado de productos aquí se emplea el horno de microondas, la cual forma parte de las tecnologías más innovadoras (Malafronte et al., 2012). En el secado por microondas se concentra la difusión de calor en la masa reduciendo

<sup>1</sup> Dr. Raymundo López Callejas. Profesor de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>2</sup> Dra. Mabel Vaca M. Profesora de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>3</sup> M. en C. Arturo Lizardi R. Profesor de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>4</sup> Dra. Araceli Lara V. Profesora de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>5</sup> Dr. Juan Morales G. Profesor de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>6</sup> M. en C. Sandra Chávez S. Profesora de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco

significativamente el tiempo del proceso, además de mejorar la calidad del producto (Mujumdar, 2004). Se ha reportado que, utilizando un horno de microondas doméstico con potencias entre 360 y 900 W, se secaron hojas de perejil, el tiempo de secado disminuyó hasta un 64 % con respecto al utilizado con aire a 50 °C, pero el color del producto al final si se afectó, aunque en grado menor con respecto al aire caliente (Soysal, 2004). Utilizando aire a 60°C y una velocidad de 1.1 m/s el tiempo de secado fue de 150 min, el color cambió con tendencia hacia el oscurecimiento ligeramente y no se reporta el cambio del aroma; también se ha utilizado el blanqueado sumergiendo las hojas en agua fría, obteniendo un producto de mejor calidad en cuanto al color se refiere (Magdalena Dadan et al., 2018). El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la potencia suministrada por un horno de microondas en el proceso de secado de hojas de perejil (*Petroselinum sativum*), empleando 15 y 20 W/g. Como parámetro para evaluar su calidad se emplea la degradación del color, el cual se desea mantener lo mejor posible, para evitar dicha degradación se utilizó el proceso de blanqueado con agua a 85 °C durante 5 min y posteriormente con agua y hielo y se determina el coeficiente de difusión.

### Modelado Matemático

La relación de humedad fue calculada con,

$$MR = \frac{(M_t - M_f)}{(M_i - M_f)} \quad (1)$$

La cual la han simplificado, (Kaymak-Ertekin, 2002 y Akpinar et al., 2003). como:

$$MR = \frac{M_t}{M_f} \quad (2)$$

En éstas,  $MR$  es la relación de humedad,  $M$  es la masa, los subíndices  $t$ ,  $i$  y  $f$  corresponden al tiempo, inicial y final. Tradicionalmente el modelo de Page (1949), se ha empleado para describir la característica del secado de varias frutas y verduras, dado por:

$$MR = \exp(-kt^n) \quad (3)$$

$k$  y  $n$  son las constantes del modelo. Sin embargo, el modelo que mejor describe el proceso de la gran mayoría de los productos agrícolas es el logarítmico (Togrul y Pehlivan, 2002).

$$MR = a \exp(-kt) + c \quad (4)$$

en el cual  $a$ ,  $k$  y  $c$  son constantes; este modelo es el que se utiliza en este trabajo.

Un listado más completo de los modelos que se han utilizado para describir el proceso de secado se encuentra en López et al. (2009). Los criterios que se emplean para encontrar el mejor modelo son: el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) cercano a la unidad, el menor valor posible de la chi-cuadrada ( $\chi^2$ ) y el error de la raíz cuadrada media (RMSE) que proporciona la desviación estándar entre los valores experimental y predicho, se requiere que sea lo más cercano a cero, sus expresiones son:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i}) \sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{pre,i})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (MR_i - MR_{exp,i})^2]}} \quad (5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N-n} \quad (6)$$

donde  $MR_{exp,i}$  es el valor de la relación de humedad medido experimentalmente,  $MR_{pre,i}$  es el valor de la relación de humedad predicho, para esta medición existe  $n$  valores, ya que depende del número de observaciones y del número de constantes respectivamente (Yaldiz et al., 2001).

Para determinar la calidad del proceso de secado se empleó el cambio de color del producto, utilizando el método de Hunter, donde  $L$ , es la relación entre negro/blanco,  $a$ , es rojo/verde y  $b$  es el amarillo/azul (Tijksens et al., 2001); la ecuación que se emplea para la saturación del color,  $\Delta E$ , es,

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_t)^2 + (a_i - a_t)^2 + (b_i - b_t)^2} \quad (7)$$

y para la proporción de la intensidad,  $croma$ ,

$$croma = \sqrt{(a_t - b_t)^2} \quad (8)$$

En el proceso de secado la difusividad es el único mecanismo físico para la transferencia de la humedad a la superficie y se define por la segunda ley de difusión de Fick, para una capa delgada de producto, como:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{eff} \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} \quad (9)$$

Con las condiciones adecuadas, la solución de la ecuación (Kaymak-Ertekin, 2002 y Akpinar et al., 2003) es:

$$MR = \frac{M_i}{M_o} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{D_{eff}\pi^2}{4L^2} t\right) \quad (11)$$

La difusividad efectiva de la humedad se determina con la gráfica de los datos experimentales del  $\ln(MR)$  vs tiempo

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(\frac{D_{eff}\pi^2}{4L^2} t\right) \quad (12)$$

La pendiente de la recta anterior es el valor de la difusividad efectiva a diferentes temperaturas:

$$pendiente = -D_{eff} \left(\frac{\pi^2}{4L^2}\right) \quad (13)$$

La difusividad efectiva varía con la temperatura de acuerdo con la dependencia de Arrhenius, como:

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (14)$$

en la cual  $D_0$  es la difusividad a la temperatura infinita,  $E_a$ , es la energía de activación para la difusión de la humedad,  $T$ , es la temperatura y  $R$ , es constante del gas. En este caso la ecuación es:

$$\ln D_{eff} = \ln(D_0) + \left(\frac{E_a}{R}\right) \frac{1}{T} \quad (15)$$

### Equipo Utilizado

En este trabajo se utilizó un horno microondas MARS-5, diseñado para pruebas de laboratorio de extracción, digestión y secado. El horno 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, con una sensibilidad y precisión de  $\pm 0.1$  °C. Se utilizó una báscula electrónica BL-310 SARTORIUS, con capacidad de pesaje máxima de 310 g y precisión de 10 mg (0.01 g). La temperatura se midió con un termómetro infrarrojo EXTECH 42540, con un rango de  $-50$  °C a  $538 \pm 0.1$  °C. Sus distancias focales mínimas y máximas son de 0.30 m y 5 m. La potencia eléctrica se midió con 380803 analizador de potencia EXTECH, con un alcance de  $2\ 000\ W \pm 0.1\ W$ .

### Procedimiento Experimental

El perejil se compró en la Central de Abastos de la Ciudad de México, en la cantidad requerida, se procedió a separar las hojas del tallo, se lavaron y desinfectaron perfectamente. Para llevar a cabo el procedimiento de blanqueado, se calentó agua a 85 °C y se colocaron las hojas dentro de ella durante 5 min y después de extraerlas se introdujeron en una mezcla de agua con hielo durante 2 min. Se secaron con papel absorbente y se prepararon 10 pequeños paquetes de 20 g cada uno en bolsas de polietileno de alta densidad, los cuales fueron colocados en el congelador para su conservación antes de ser sometidos al proceso de secado. Se sacó la muestra del congelador a evaluar y se colocó al medio ambiente hasta que se igualaran sus condiciones. Al inicio de la prueba se le midió su peso y color, los cuales son los valores iniciales y se procedió a la evaluación. Previamente se programó el horno de microondas para que su potencia de operación fuera de 15 y 20 W/g. La evaluación experimental consiste en someter las hojas durante 2 min a la potencia elegida y después sacarlas rápidamente medirles su peso y el color, regresarlas nuevamente al horno. La prueba se da por finalizada cuando la variación de masa es nula entre una prueba y otra.

### Resultados y Discusión

Las hojas de perejil con un contenido inicial de humedad de 3.31 kg de agua/kg dm, después de 65 min terminaron con 0.031 kg de agua/kg dm para la potencia de 15 W/g y para 20 W/g utilizaron un tiempo de 50 min. En la Fig. 1 se presentan las gráficas con estos resultados. el 80 % del contenido inicial de humedad de las hojas de perejil se pierde en 35 min a 15 W/g y en 25 min para 20 W/g, estos valores son significativos, ya que el contenido de humedad de productos similares vendidos en México es de aproximadamente 20 %. Estos son resultados son importantes si se tiene en cuenta que el ahorro energético se acerca al 50% cuando se aplican 20 W/g.

Al inicio del proceso la velocidad de secado fue de 0.115 kg agua/kg dm min para 15 W/g y 0.193 kg agua/kg dm min para 20 W/g, la velocidad al final del proceso fue de 0.0063 kg agua/kg dm min, estos valores se observan en la Fig. 2. La velocidad de secado al inicio es mayor comparada con la que se presenta al final, cuyo valor es muy cercano a cero, esto se debe a que las hojas del perejil tienen ya muy poca humedad para perder.

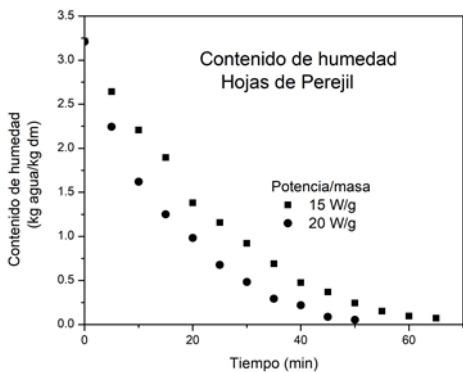


Fig. 1.- Gráfica del contenido de humedad contra el tiempo.

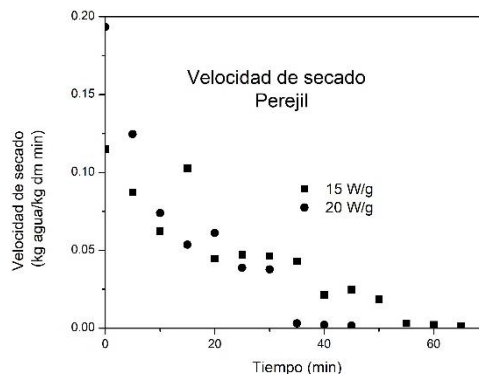


Fig. 2.- Velocidad de secado

Con los datos de la Fig. 1 se obtiene la curva de relación de humedad contra el tiempo, Fig. 3, y con la ecuación (4) el modelo logarítmico del proceso de secado. El modelo matemático que mejor describe el proceso de secado de las hojas es precisamente el logarítmico, tomando en cuenta que se debe cumplir con  $R^2$  se acerque a la unidad y  $\chi^2$  tienda a cero.

Para 15 W/g la ecuación resultante es:

$$MR = -0.00148 + 0.996 \exp(0.00101t) \quad (16)$$

con  $R^2 = 0.995$  y  $\chi^2 = 0.00037$ .

Y para 20 W/g es:

$$MR = -0.0147 + 0.996 \exp(0.00101t) \quad (17)$$

con  $R^2 = 0.997$  y  $\chi^2 = -0.00145$ .

En ambos casos se cumple con la condición de que la  $R^2$  sea cercana a la unidad y la  $\chi^2$  tienda a cero, lo cual muestra que este modelo representa de la mejor manera posible el proceso. Esta gráfica se muestra en la Fig. 4. Se han encontrado resultados semejantes, pero con una energía de 900 W en el horno de microondas, para un tiempo de secado de 10 min. El modelo de la cinética de secado que aplicaron fue el de Page. Con esta condición de energía suministrada afectó la calidad del producto final, ya que la temperatura se elevó por encima de los 60 °C, y las hojas de perejil se obscurecieron ligeramente, Soysal, 2004.

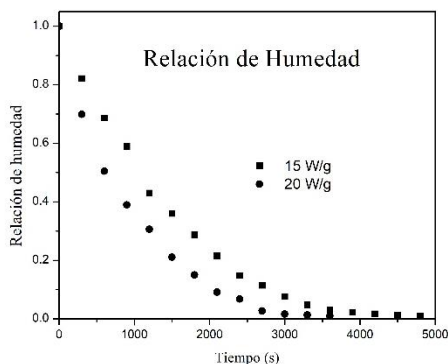


Fig.3.- Relación de Humedad de las hojas de perejil.

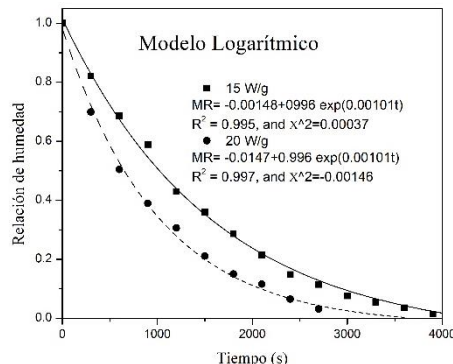


Fig. 4.- Gráfica del modelo matemático del proceso de secado.

Al inicio del proceso, en los primeros 15 min, se notó que el color verde de las hojas de perejil se incrementaba ligeramente, este hecho ya lo han reportado otros investigadores con los brotes de brócoli y los frijoles verdes, espárragos (Lau et al., 2000), espinacas (Aamir et al., 2014), entre otros, al parecer es una consecuencia del proceso de blanqueado.

Para la escala *CIE Lab*, de la Comisión Internacional de Iluminación, (CIE, Commission Internationale de l'Éclairage, por sus siglas en francés), para la potencia/peso de 15 W/g fue: la luminosidad  $L$ , cambia de 57 a 48, el



cambio para la variable  $a$ , (rojo/verde) fue de -44 a -40 y para la variable  $b$ , (amarillo/azul) fue de 43 a 35. Con estos valores y de acuerdo con las ecuaciones (7) y (8) se tiene que el Cambio del color,  $\Delta E$  es de 13.9 y para el *chroma* de 19.36; la gráfica de la Fig. 5 muestra estos cambios. Los dos últimos valores son el cambio del color  $\Delta E$  y el *chroma*. Para la potencia/peso de 20 W/g, los valores son casi iguales presentaron una variación entre ellos menor al 3 %. Se observa claramente que el proceso de blanqueado realizado arroja valores bastante aceptables, proporcionando un producto al final del proceso de muy buena calidad, en cuanto al color se refiere.

En la Fig. 6 muestra el efecto de la potencia suministrada en la tasa de secado del perejil. El coeficiente de difusión efectiva para la potencia de 15 W/g es de  $3.48 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  y para 20 W/g de  $2.012 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ , ambos valores se obtienen de la misma gráfica.

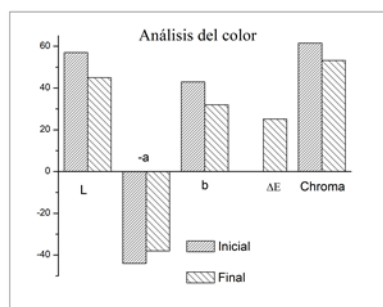


Fig. 5-. Análisis del cambio de color.

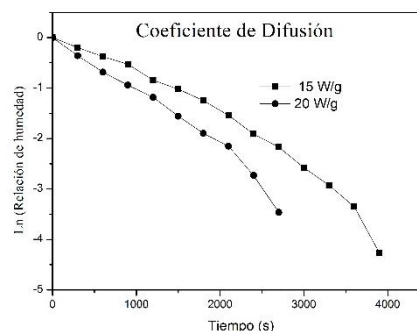


Fig. 6-. Coeficiente de difusión.

### Conclusiones

Se logró el secado de las hojas de perejil en un horno de microondas de potencia controlada, la finalidad principal es mejorar la apariencia física, es decir, el color y disminuir el consumo de energía. Las potencias utilizadas por unidad de masa fueron de 15 y 20 W/g. Para lograr que el producto retuviera en la medida de lo posible su color, se le sometió a un proceso previo de blanqueado con agua caliente a  $85^\circ\text{C}$  durante 5 min y posteriormente se le colocó en agua con hielo durante 2 min. El contenido inicial de humedad de las hojas fue de 3.31 kg agua/kg dm (base seca), después de 65 min terminaron con 0.031 kg agua/kg dm para la potencia de 15 W/g y para 20 W/g utilizaron un tiempo de 50 min. El modelo numérico que mejor representó la cinética del proceso de secado fue el logarítmico con las restricciones de  $r^2$  cercana a la unidad y  $\chi^2$  tendiendo a cero. El cambio de color fue el parámetro seleccionado para determinar la mejor apariencia del producto, la cual sufrió muy poca alteración obteniendo un producto de buena apariencia. El coeficiente de difusión efectiva para la potencia de 15 W/g fue de  $3.48 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  y para 20 W/g de  $2.012 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### Referencias

- Aamir, M., Ovissipour, M., Rasco, B., Tang, J., Sablani, S. 2014. Seasonality of the Thermal Kinetics of Color Changes in Whole Spinach (*Spinacia Oleracea*) Leaves Under Pasteurization Conditions. *International Journal of Food Properties*, 17, 2012-2024. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.779701>
- Akpinar E. K., Bicer Y. and Yildiz C. 2003. Thin layer drying of red pepper, *Journal of Food Engineering*. 59, 99-104. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00425-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00425-9).
- Causeret J. 1982. Chauffage des corps gras et risques de toxicité. *Cah Nutr Diet* 17, 19-33.
- SIAP, 2020. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera, <https://siap.gob.mx/cierreagricola>
- Dadan, M., Rybak, K., Wiktor, A., Nowacka, M., Zubernik, J., Witrowa-Rajchert, D. 2018. Selected chemical composition changes in microwave-convective dried parsley leaves affected by ultrasound and steaming pre-treatments – An optimization approach. *Food Chemistry* 239, 242–251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.061>.
- Grande Burgos, M. J., López Aguayo, M. D. C., Pérez Pulido, R., Galvez, A., Lucas, R. 2017. Analysis of the microbiota of refrigerated chopped parsley after treatments with a coating containing enterocin AS-48 or by high-hydrostatic pressure. *Food Research International*. 99, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.011>.
- Günhan, T., Demir, V., Hancioglu, E., Hepbasli, A. 2005. Mathematical modelling of drying of bay leaves. *Energy Conversion and Management*. 46, 1667–1679. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.10.001>
- Kaymak-Ertekin F. 2002, Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers, *Journal of Food Science*. 67, 168-75. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11378.x>.

- Lau, M. H., Tang, J., Swanson, B. G. 2000. Kinetics of textural and color changes in green asparagus during thermal treatments. *Journal of Food Engineering*, 45, 231-236. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00069-8).
- López, R., de Ita, A., Vaca, M. 2009. Drying of prickly pear cactus cladodes (*Opuntia ficus indica*) in a forced convection tunnel. *Energy Conversion and Management* 50 2119–2126. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.04.014>
- Malafrente, L., Lamberti, G., Barba, A. A., Raaholt, B., Holtz, Ahrné, L. 2012. Combined convective and microwave assisted drying: Experiments and modeling. *Journal of Food Engineering* 112 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.005>.
- Mujumdar, A. 2004. Research and development in drying: Recent trends and future prospects. *Drying Technology* 22 (1–2):1–26. <https://doi.org/10.1081/drt-120028201>.
- Page G. 1949. Factor influencing the maximum rates of air-drying shelled corn in thin layer, Master Thesis, Purdue University. <https://www.proquest.com/openview/7aeaccbd87e789102967d22a2ad0ca56/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>.
- Sarwar, S., Ayyub, M. A., Rezgui, M., Nisar, S, Jilani, M. I. 2016. Parsley: A review of habitat, phytochemistry, ethnopharmacology and biological activities. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences* 9, 49-55
- Soysal, Y. 2004. Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*. 89, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.07.008>
- Tijsskens, L. M. M., Schijvens, E. P. H. M., Biekman, E. S. A. Modelling the change in colour of broccoli and green beans during blanching. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2 2001, 303-313. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(01\)00045-5](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(01)00045-5).
- Togrul I., Pehlivan D. 2002. Mathematical modeling of solar drying of apricots in thin layers, *Journal of Food Engineering*. 55, 209-225. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00065-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00065-1).
- Yaldiz O., Ertekin F, H. Ibrahim Uzun. 2001. Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy* 26 457–465. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(01\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(01)00018-4).

# Simulación Numérica del Derretimiento de un Cilindro de Hielo por Convección Natural en un Medio Aislado

Dr. Raymundo López Callejas<sup>1</sup>, Ing. David Esaú Carbajal López<sup>2</sup>, Dra. Mabel Vaca Mier<sup>3</sup>,  
M. en C. Arturo Lizardi Ramos<sup>4</sup>, Dra. Araceli Lara Valdavia<sup>5</sup>, Dr. Juan Morales Gómez<sup>6</sup>,  
Ing. Christian Omar Vidal Mayen<sup>7</sup>.

**Resumen**—Se presenta la simulación del derretimiento de un bloque de hielo en condiciones de transferencia de calor por convección natural únicamente. El bloque se colocó en un recipiente totalmente aislado, la temperatura inicial en el centro era de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en la superficie, de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura inicial del aire dentro del recipiente era de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y las dimensiones del bloque son de  $0.1\text{ m}$  de diámetro y  $0.10\text{ m}$  de altura. Para la solución de las ecuaciones se utilizó un software de código abierto de Dinámica de Fluidos Computacional. De los resultados obtenidos se destaca que en la primera hora la tasa de derretimiento es mayor que en las horas siguientes, esto se debe a la diferencia de temperaturas entre el aire interior y bloque; este hecho fue reportado por primera vez por Wilson y Lee, 1981. La simulación se realizó durante 5 horas en las cuales se derritió el 63.36% de su volumen original, pero en la primera hora perdió alrededor del 37.43% del volumen inicial. La parte superior del bloque se derritió a una velocidad mayor que en la inferior debido al escurrimiento del fluido.

**Palabras clave**— Convección natural, Simulación, Cambio de fase, Derretimiento.

## Introducción

El cambio de fase de algunos materiales ha sido objeto de análisis de investigación experimental y teórica, debido a sus diversas aplicaciones que se presentan en la práctica de la ingeniería (Sparrow et al., 1986; Saiwei et al., 2017). En lo referente a la conservación alimentos, Yamada et al. (1997) encontraron que, mediante la aplicación de agua salina en un bloque de hielo, éste se conservaba más tiempo frío, haciendo que el cambio de fase del hielo fuera más lento. El fenómeno de congelación ha sido estudiado por Tsai et al. (1998), donde se analiza el efecto de congelación de agua en tuberías de los sistemas de refrigeración, mientras que Ishikawa et al. (2000) hicieron una simulación numérica de los efectos de la convección natural en un recinto cuadrado, con enfoque al almacenamiento de energía mediante el calor latente del hielo. Con respecto al derretimiento del hielo, se han hecho modelos numéricos y experimentales, se ha determinado que la película de agua derretida que cubre al hielo tiene un efecto de inversión térmica cuando alcanza los  $4.8^{\circ}\text{C}$ , donde se presentan flujos ascendentes y descendentes en cierto intervalo de temperatura; este efecto fue reportado por Cruchaga y Celentano (2005).

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos por simulación numérica del derretimiento de un bloque cilíndrico de hielo con la condición de transferencia de calor por convección natural únicamente, el bloque de hielo permaneció fijo en el centro de un recipiente de dimensiones física mayores. Mientras se derretía se formó una capa de agua, la cual redujo la transferencia de calor y el tiempo de derretimiento. Se empleó el método de análisis de Dinámica de Fluidos Computacional, (CFD por sus siglas en inglés).

## Descripción del Problema

El problema consiste en un bloque cilíndrico de hielo rodeado por aire que originalmente está a temperatura ambiente de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el cual está dentro de un recipiente aislado y cerrado de tal manera que la única forma de transferencia de calor será por convección natural, ya que al estar atrapado se evita el flujo de éste. Conforme pasa el tiempo el hielo se va derritiendo, formando una pequeña capa de agua líquida entre el aire y el bloque sólido, lo cual hará que las dimensiones de éste vayan disminuyendo. No se consideran los efectos de transferencia de calor por conducción y de radiación. Debido a que el aire en la parte superior tiene una temperatura ligeramente mayor que en la base, el hielo se derretirá más rápido en la parte superior del bloque, tal como se muestra en la figura 1.

<sup>1</sup> Dr. Raymundo López Callejas. Profesor de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>2</sup> Ing. David Esaú Carbajal López. Ayudante. UAM-Azcapotzalco.

<sup>3</sup> Dra. Mabel Vaca Mier. Profesora de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>4</sup> M. en C. Arturo Lizardi Ramos. Profesor de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>5</sup> Dra. Araceli Lara Valdavia. Profesora de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>6</sup> Dr. Juan Morales Gómez. Profesor de tiempo completo. UAM-Azcapotzalco.

<sup>7</sup> Ing. Christian Omar Vidal Mayen. Ayudante. UAM-Azcapotzalco

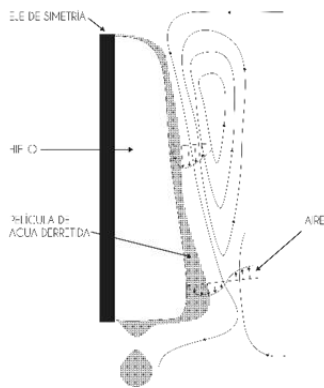


Figura 1.- Proceso de derretimiento

La figura 2 muestra el modelo empleado, el cual consta de un eje de simetría que lo secciona, solo se presenta la mitad derecha, las dimensiones iniciales del hielo son de 5 cm de radio y 10 cm de altura, la película de agua aproximadamente es de 0.3 cm y rodea totalmente al bloque. El hielo presenta una temperatura inicial en el centro de  $-2^{\circ}\text{C}$ , la película de agua es de aproximadamente  $-1^{\circ}\text{C}$  y el aire tendrá una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ .

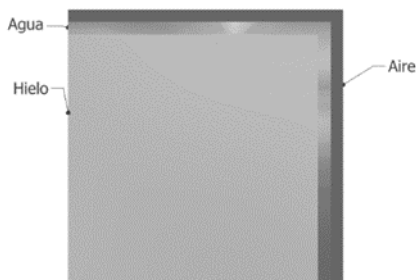


Figura 2.- Modelo físico empleado.

### Descripción del Método

El cambio de fase entre hielo sólido y agua líquida ocurre en la frontera de derretimiento cuando la temperatura del hielo alcance  $0^{\circ}\text{C}$ , la parte sólida perderá parte de su volumen, mientras la parte líquida lo gana, como se muestra en la figura 3. El balance de energía permite obtener la deformación del sólido y la cantidad que se derrite (Wolff y Viskanta, 1988), dada por la ecuación de transferencia de energía de Stefan:

$$\rho_0 \Delta H \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} = (\Phi_l - \Phi_s) \cdot \mathbf{n} \quad (1)$$

Donde  $\rho_0$  es la densidad de referencia,  $\Delta H$  es el cambio del calor de latente de fusión,  $\mathbf{v}$  es el vector de velocidad en la frontera,  $\mathbf{n}$  vector normal en la frontera,  $\Phi$  es el flujo de calor entre la fase solido-líquida.

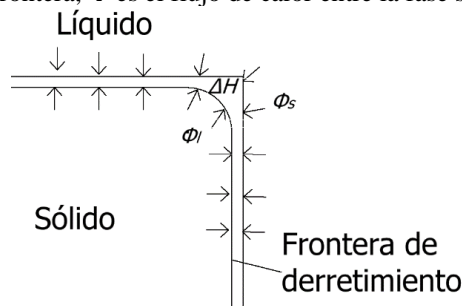


Figura 3.- Diagrama de la frontera de cambio de fase.

Ecuación general de Transferencia de Calor entre sólidos y fluidos, dada por Bergman et al. (2011) es:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{q} = Q \quad (2)$$

en la cual  $\rho$  es densidad;  $C_p$ , es el calor específico a presión constante;  $K$ , la conductividad térmica;  $Q$ , el flujo de calor;  $q$ , flujo de calor;  $T$ , la temperatura;  $t$ , como el tiempo y  $\mathbf{u}$ , el campo de velocidad. El flujo de calor se determina con:

$$q = -K \nabla T \quad (3)$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección se establece como:

$$h = \frac{k}{l} \left( 0.68 + \frac{0.67 Ra^{\frac{1}{4}}}{\left( 1 + \left( \frac{0.492k}{\mu C_p} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right) \text{ si } Ra \leq 10^9 \quad (4)$$

y

$$h = \frac{k}{l} \left( 0.825 + \frac{0.38 Ra^{\frac{1}{6}}}{\left( 1 + \left( \frac{0.492k}{\mu C_p} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right)^2 \text{ si } Ra > 10^9 \quad (5)$$

También se emplea la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento; el flujo es laminar además de temporal y se incluye la gravedad para la fuerza de flotación:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \nabla \cdot [-\rho l + k] + F + (\rho - \rho_{ref})g \quad (6)$$

Finalmente, la expresión para la interfaz de cambio de fase es:

$$q = -K_s \nabla T_s + K_f \nabla T_f \quad (7)$$

Para la solución de las ecuaciones descritas se utilizó un software de código abierto de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD Computational Fluid Dynamics, por sus siglas en inglés) (Bannach, 2014).

### Resultados y su Análisis

Al inicio del proceso el bloque de hielo tiene una temperatura constante de  $-2^\circ\text{C}$  en el centro y  $-1^\circ\text{C}$  en la superficie exterior, el medio que lo rodea originalmente a  $20^\circ\text{C}$ , en la figura 4 se muestra la distribución de temperatura y las isoterma correspondientes. El proceso de simulación es con la condición de transferencia de calor por convección únicamente y con la condición del recipiente que lo contiene está aislado para evitar las pérdidas de energía hacia el exterior. Durante la primera hora del proceso el hielo se derrite a una velocidad mayor, ya que perdió un volumen  $0.294\text{ L}$ , es decir, a  $0.0816\text{ L/s}$  y en las siguientes 4 h la pérdida fue de tan sólo  $0.203\text{ L}$ , con una tasa de  $1.4 \times 10^{-5}\text{ L/s}$ , su pendiente, en este lapso, se mantiene constante. La parte superior del cilindro disminuye más su volumen que la inferior, tal y como lo han reportado otros investigadores (Wolff y Viskanta, 1988, Yamada, et al., 1997).

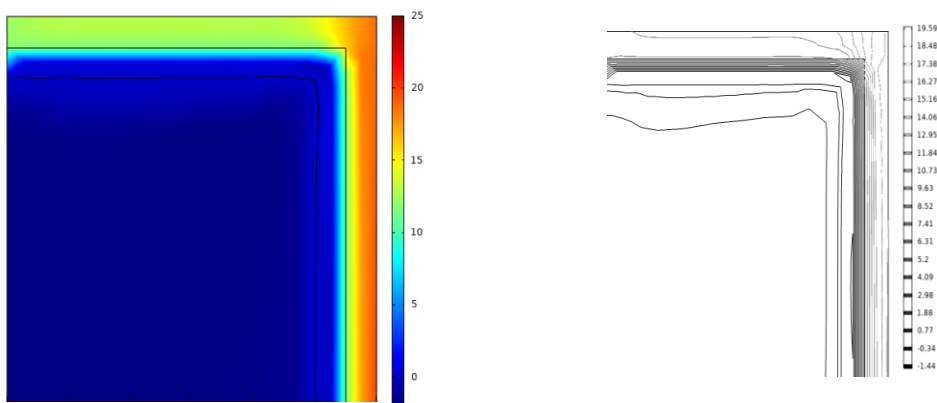


Figura 4.- Inicio del proceso de simulación.

Durante la primera hora la distribución de temperaturas entre el hielo y el aire que lo rodea cambia considerablemente, existe una pequeña capa de influencia de la temperatura del hielo de aproximadamente  $0.003\text{ m}$  en los cuales se observa como la temperatura aumenta hasta un valor de  $5^\circ\text{C}$  y posteriormente se incrementa hasta un valor de  $15^\circ\text{C}$ , este es el efecto de la convección, lo cual se muestra claramente en la figura 5; la línea externa de color negro es el volumen inicial del bloque y la interna es su límite final. Este fenómeno ocurre cuando inicialmente el agua alcanza una temperatura de  $4.5^\circ\text{C}$ , cuando  $T < 4.5^\circ\text{C}$  el flujo es ascendente, cuando  $T > 6.0^\circ\text{C}$  el flujo es descendente, en el intervalo de  $4.5^\circ\text{C} < T < 6.0^\circ\text{C}$ , el flujo es bidireccional provocando un comportamiento

de transición en la masa fundida, aumentando el derretimiento del hielo cuando el agua está en este intervalo de tiempo, este hecho fue reportado por primera vez por Wilson y Lee (1981). En esta temperatura se tendrá la densidad máxima, por lo tanto, un mayor derretimiento, hasta que alcanza una temperatura de estabilización, como se puede ver a partir de la segunda hora. De la tercera hora en adelante el derretimiento es continuo de manera constante. En el transcurso de cinco horas el hielo perdió el 63.36% de su volumen original; en la primera hora perdió alrededor del 37.43% del volumen inicial.

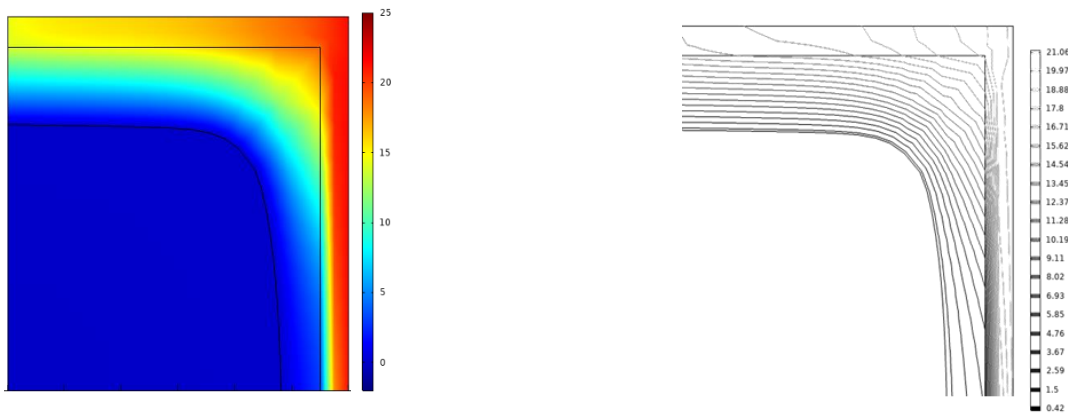


Figura 5.-Derretimiento del bloque después de una hora.

Después de haber transcurrido una hora, ahora el proceso de derretimiento se hace más lento, ya que la velocidad cambia significativamente, como se mencionó anteriormente. Este comportamiento también fue reportado en los trabajos anteriormente mencionados.

La simulación continuó durante tres horas más y al final de la hora quinta hora el volumen del bloque de hielo perdió un total de 0.5 L de su volumen inicial; la velocidad de derretimiento se mantuvo constante con un valor de  $1.4 \times 10^{-5} \text{ L/s}$ , tal y como se mencionó anteriormente. La temperatura en el interior del recipiente alcanzó un valor de 15 °C. En la Fig. 6 se presenta diagrama de colores y el perfil de las isotermas.

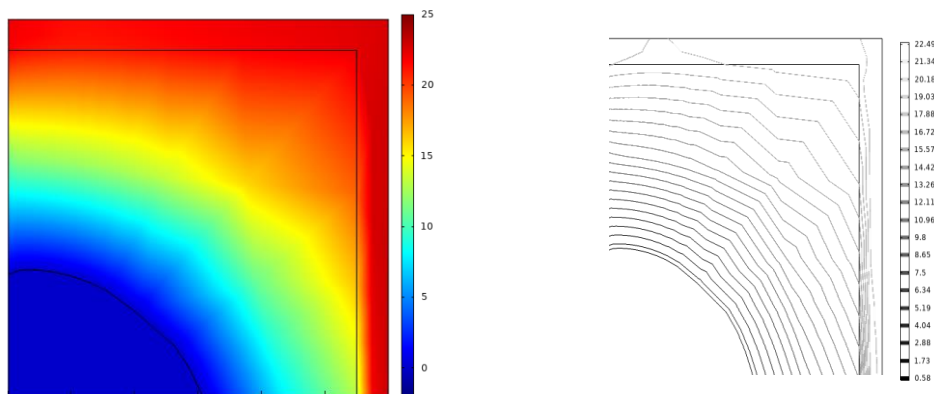


Fig.- 6.- Resultado de la simulación después de 5 h, el bloque perdió 0.5 L de su volumen inicial.

La pérdida de volumen del bloque de hielo se puede representar como una ecuación exponencial, la cual se presenta en la figura 7, con  $R^2 = 0.95$  y  $\chi^2 = 1577.00$ . La ecuación es:

$$VD = 464.73e^{-0.736} \tag{8}$$

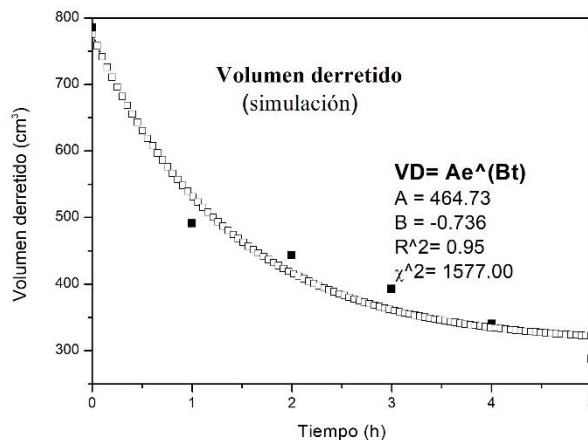


Figura 7.- Volumen derretido de hielo

### Conclusiones

Se ha realizado la simulación del derretimiento de un bloque de hielo en condiciones de transferencia de calor por convección natural únicamente. El bloque se le coloca en un recipiente totalmente aislado, la temperatura inicial en el centro es de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en la superficie de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la temperatura inicial del aire dentro del recipiente es de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y las dimensiones del bloque son de 0.1 m de diámetro y 0.19 m de altura. Para realizar la solución de las ecuaciones se utilizó un software de código abierto de Dinámica de Fluidos Computacional.

De los resultados obtenidos se destaca que en la primera hora la tasa de derretimiento es mayor que en las horas siguientes, esto se debe a la diferencia de temperaturas entre el aire interior y bloque. Este hecho fue reportado por primera vez por Wilson y Lee (1981). La simulación se realizó durante 5 horas en las cuales se derritió el 63.36% del volumen original del bloque, pero en la primera hora perdió alrededor del 37.43% del volumen inicial.

### Referencias

- Bannach, N., 2014. Phase Change: Cooling and Solidification of Metal. COMSOL. <https://www.comsol.com/blogs/phase-change-cooling-solidification-metal/>
- Bergman, T., Lavine, A., Incropera, F., DeWitt, D., 2011. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th edition, John Wiley & Sons, New York.
- Cruchaga, M., Celentano, D., 2005. Modelling ice melting processes: numerical and experimental validation. International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, Vol. 17, pp. 548-564
- Ishikawa, M., Hirata, T, Noda, S., 2000. Numerical simulation of natural convection with density inversion in a square cavity. Numerical Heat Transfer, Vol. 37, pp. 395-406.
- Saiwei L., Yu C., Zhiquiang S., 2017. Numerical Simulation and Optimization of the Melting Process of Phase Change Material Inside Horizontal Annulus. Energies, MDPI, Open Access Journal, Vol. 10, pp.1-14.
- Sparrow, E.M., Gurtcheff, G.A., Myrum, T.A., 1986. Correlation of melting results for both pure substances and impure substances. ASME Journal of Heat Transfer. Vol. 108, pp. 649-653.
- Tsai, C., Yang, S., Hwang, G., 1998. Maximum density effect on laminar water pipe flow solidification. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 41, pp. 4251-4257.
- Wilson, N.W., Lee, J.J., 1981. Melting of a vertical ice wall by free convection into fresh water. ASME Journal of Heat Transfer, Vol. 103, pp. 13-17
- Wolff, F., Viskanta, R., 1988. Solidification of a Pure Metal at a Vertical Wall in the Present of Liquid. Superheat, Vol. 31, pp. 1735-1744.
- Yamada, M., Fukusako, S., Kawanami, T., Watanabe, C., 1997. Melting heat transfer characteristics of a horizontal ice cylinder immersed in quiescent saline water. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 40, pp. 4425-4435.

# Lotes de inversión en la Periurbanización de Yucatán: El Contraste entre la Planificación Urbana y la Promoción del Sector Inmobiliario

López Fernández Rafael Jesús<sup>1</sup>, Othón Baños Ramírez<sup>2</sup>

## Resumen

En este trabajo se presenta el proceso de la periurbanización en el corredor Mérida-Progreso desde la compraventa de los lotes de inversión. Estos proyectos son promovidos por el sector inmobiliario como una alternativa para incrementar el patrimonio de los compradores pero sin concordancia con la planificación urbana. Se presenta la evidencia de como el programa de desarrollo urbano del municipio de Mérida 2018-2021, es inoperante ante dichos lotes de inversión, ubicados en la zona 4 de la carta síntesis y más allá del límite de crecimiento de la ciudad 2040. Sin embargo, estos lotes son adquiridos por compradores, generalmente de fuera del estado como una oportunidad de invertir en Yucatán. Además del testimonio de los actores involucrados, se emplea el fotodiario como evidencia del trabajo de campo para mostrar lo que se promete por parte del sector inmobiliario y la realidad de los proyectos.

**Palabras clave:** periurbanización, programa municipal de desarrollo urbano, sector inmobiliario, lotes de inversión

## Introducción

En el proceso de periurbanización en la Zona Metropolitana de Mérida, en adelante ZMMID, que incluye los municipios de Mérida, Progreso, Conkal, Kanasín, Umán y Ucú (IMDUT, 2017), existe una serie de factores históricos y contextuales que han privilegiado la zona norte del municipio homónimo como una zona de crecimiento privilegiado e inmobiliario. En esta zona, existe una gran cantidad de proyectos llamados, lotes de inversión, que si bien parecen una oferta tentadora lo cierto es que no serán entregados por el desarrollador de manera física. Además, no cuentan con servicios públicos ni la posibilidad real de ser asumidos por los respectivos municipios a los que pertenecen. Estos lotes, antiguos terrenos ejidales, recibieron un nuevo valor de uso por el sector inmobiliario para satisfacer la naciente demanda urbana (Iracheta y Bolio, 2012). El proceso de periurbanización en la Zona Metropolitana de Mérida, en adelante ZMMID, está creando una ciudad difusa y fragmentada que se proyecta hacia la costa yucateca.

## Descripción del método

Se realizó una revisión documental del Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Municipio de Mérida, en adelante PDDUM, con el fin de identificar los problemas urbano-territoriales que este reconoce en la ZMDM, así como la revisión de las prioridades de ocupación de las 4 zonas que reconoce. En el caso del municipio de Progreso, se revisó el eje 4 del plan municipal de desarrollo 2018-2021, "Progreso con servicios públicos de calidad y crecimiento sustentable, donde se ofrece un diagnóstico del desarrollo urbano. Asimismo, se presenta la evidencia fotográfica de los proyectos de inversión ubicados en el corredor Mérida-Progreso. Para eso, se empleó el fotodiario y la información obtenida de algunos sitios web de las páginas de Internet donde estos proyectos se promocionan. Fue particularmente difícil entrevistar a los vendedores, porque al mencionarse el objetivo de la investigación, daban algunas largas y preferían no hacer comentarios al respecto.

### *Las disposiciones de los instrumentos de planificación urbana*

De acuerdo con el PMDUM, se reconoce la expansión descontrolada de la ZMMID, ya que entre 1985 y 2015 se autorizaron 7,828 hectáreas destinadas a desarrollos inmobiliarios con fines habitacionales; así como la presión administrativa por procesos de conurbación las capacidades municipales y el encapsulamiento de las comisarías y subcomisarías. Asimismo, se establecen las prioridades de la gestión urbana municipal con base en cuatro zonas primarias. La zona 1, de consolidación urbana ubicada al interior de la Vialidad Regional Estatal Anillo Periférico y la zona 2 entre esta vialidad y el límite de crecimiento urbano 2040, permiten la urbanización progresiva, aunque la práctica estas zonas han sido ocupadas sin planeación alguna, ya que cada desarrollador construye sus polígonos sin conexión con los desarrollos vecinos (Monsreal, comunicación personal 23 de junio de 2021). En las

<sup>1</sup> Rafael Jesús López Fernández MPEDR es estudiante del doctorado institucional en ciencias sociales en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. [ralofj@gmail.com](mailto:ralofj@gmail.com) (autor correspondiente).

<sup>2</sup> El Dr. Othón Baños Ramírez es profesor-investigador del doctorado en ciencias sociales de la Universidad Autónoma de Yucatán, miembro del Centro de Investigaciones Regionales Hideyo Noguchi y del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. [bramirez@correo.uady.mx](mailto:bramirez@correo.uady.mx)





zonas 3, regeneración y desarrollo sustentable; y 4, conservación de los recursos naturales, las prioridades de ocupación se enfocan en la conservación del medio ecológico y territorial, limitando las acciones de urbanización al interior de las localidades existentes.



Por su parte, en el municipio de Progreso, “sólo se han realizado programas de desarrollo urbano parciales para responder a necesidades específicas, como fue el caso de la comisaría de Chelem, no existe una acción efectiva para todo el municipio” (Monsreal, comunicación personal, 23 de junio de 2021). No existe un plan de desarrollo urbano propio como en el caso de Mérida lo cual dificulta la evaluación por parte del municipio al conceder permisos al sector inmobiliario para comercializar proyectos. Sin embargo, en el plan municipal de desarrollo 2018-2021, se reconoce la proyección de la otrora primera Zona Económica Especial de la República Mexicana, ahora llamada Polo Tecnológico del Bienestar Social y que se encuentra en compás de espera. Además, se prioriza el crecimiento de la ciudad empleando los vacíos urbanos existentes (Ayuntamiento de Progreso, 2018).

*La evidencia de la acción del sector inmobiliario en Yucatán: lotes de inversión en el corredor Mérida-Progreso*

Los lotes de inversión son fácilmente identificables porque no cuentan con acceso ni servicios y sus posibilidades de funcionalidad urbana son realmente escasas y lejanas. Para vender estos terrenos, se hace uso de una fuerte mercadotecnia que pagos a meses sin intereses y con la promesa de un incremento en su plusvalía que permitirá a quienes los adquieran construir ahí su casa en el futuro (Casares, 2020). Son comercializados como “lotes para invertir hoy y construir mañana” (Sitio web de Maravela San Ignacio, 2021) o con el argumento de que “la urbanización es la enemiga de la plusvalía” (Navarro, comunicación personal, 27 de septiembre de 2020). Sin embargo, su urbanización será imposible porque muchos de ellos se encuentran en la zona 3 o 4 del PMDUM. Al no tener valor real en el presente y sin crecimiento real en el futuro, los compradores que los adquieren de las inmobiliarias que los comercializan, tendrán que asumir las pérdidas cuando quieran vivir en ellos o revenderlos. En la tabla 1, se presentan las evidencias de campo recopiladas en un fotodiario de algunos proyectos que comercializan lotes de inversión en el corredor Mérida-Progreso.

Tabla 1. Proyectos de lotes de inversión ubicados en el corredor Mérida-Progreso.

Proyecto de lotes de inversión	Fotografía
	<p>Desarrollo Vieta en el municipio de Progreso. Se ubica en la vialidad San Ignacio-Dzidzilché en el límite entre Mérida y Progreso.</p>
	<p>Desarrollo la Finca en la comisaría de San Ignacio en el municipio de Progreso, en antigua zona ejidal. En teoría debían contar con acceso de calle blanca y mojoneras frontales desde marzo de 2020 pero la pandemia retrasó el proyecto.</p>

	<p>Desarrollo Terranova en el municipio de Progreso. Son 2500 micro lotes de inversión, divididos en 10 etapas, en la frontera con Mérida, al norte de Dzidzilché y de las privadas residenciales Dzidzilhá, Phulá, Kantára y el parque solar de San Ignacio. Sin embargo, los lotes no cuentan ni siquiera con acceso de calle blanco a pie de lote.</p>
	<p>Desarrollo Tarena en el municipio de Merida. Se ubica en la vialidad entre las comisarías de Kikeitel y Dzidzilché.</p>

Fuente: Elaboración propia.

### Comentarios finales

¿Podemos decir que se trata de una situación fraudulenta o ilegal? Lo cierto es que se trata de una zona gris en la mercadotecnia y en la planificación gubernamental. Ciertamente, la planificación urbana está siendo incapaz de regular al sector inmobiliario en el proceso de periurbanización de la ZMMID.

#### Resumen de resultados

En este trabajo se ha demostrado que la configuración periurbana de la ZMMID presenta dificultades en su gestión. Esto se debe a que al ocurrir el crecimiento expansivo y sin control de la ZMMID en todas direcciones, se presentan problemas en los límites municipales porque más de una autoridad toma las decisiones sobre su organización y funcionamiento.

#### Conclusiones

Los resultados demuestran que si bien, el PMDUM busca establecer un marco referencial que permita ordenar la periurbanización, lo cierto es que en la práctica estas situaciones no se presentan. En el caso de Progreso, la ausencia de la planificación urbana dificulta aún más el control. La venta de lotes de inversión en la zona periurbana de la ZMMID, en el corredor Mérida-Progreso, está generando una fuerte presión en la periurbanización al desbordar el Límite de Crecimiento Urbano 2040.

#### Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar con esta investigación deberán enfocarse en la construcción de políticas regulatorias en esta materia para la protección del patrimonio natural, social y económico de los habitantes de las localidades y los compradores de estos proyectos.

### Referencias

- Ayuntamiento de Mérida. (2018). Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2018-2021. Mérida.  
 Ayuntamiento de Progreso. (2018). Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021. Progreso.  
 Casares, H. (2020). Advierten de venta de "lotes basura": pedazos de tierra en medio del monte. Obtenido de Diario de Yucatán: <https://www.yucatan.com.mx/merida/advierten-de-venta-de-lotes-basura-pedazos-de-tierra-en-medio-del-monte>  
 IMDUT. (29 de Junio de 2017). COMEY quienes somos. Obtenido de <http://comey.yucatan.gob.mx/quienes.somos.php>  
 Iracheta, A., y Bolio, J. (2012). Mérida Metropolitana, Propuesta integral de desarrollo. Mérida: Fundación Plan Estratégico de Yucatán AC.

# Avances de las Acciones que Aplican los Supermercados de la Zona Conurbada Colima-Villa de Álvarez para Dar Cumplimiento a la Ley de Residuos Sólidos (Bolsas de Plástico y Unicel)

Dr. Sergio Felipe López Jiménez<sup>1</sup>, Dr. Martín Álvarez Ochoa<sup>2</sup>,  
Dr. Juan Alfredo Lino Gamiño<sup>3</sup>

**Resumen**— Actualmente existe una tendencia mundial en el cuidado del medio ambiente, esta investigación tiene como objetivo general analizar las acciones que están realizando los supermercados de Colima y Villa de Álvarez para dar cumplimiento a la Ley de Residuos Sólidos Urbanos (LRSU) en el Estado de Colima con respecto al uso y/o manejo de las bolsas de plástico y el unicel.

Para el logro de los objetivos se utilizó la investigación documental y se aplicó un enfoque cualitativo. Esto implicó observar la realidad, revisar documentos y otras fuentes de información.

Se implementaron dos estrategias, obtener datos a través de artículos de divulgación publicados por periódicos y a través de la observación. En el caso de los artículos periodísticos se identificaron cuatro periódicos especializados en las áreas de negocios y finanzas a nivel nacional y tres más que se publican a nivel estatal. Para la observación se identificaron 10 supermercados de los Municipios antes mencionados.

Al final del proceso se cumplieron los objetivos de la investigación, además, se comprobó que no todos los supermercados cumplen cabalmente con la LRS respecto al uso de bolsas de plástico y unicel.

**Palabras clave**—Responsabilidad Social Empresarial (RSE), Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Medio Ambiente, Normatividad.

## Introducción

Las bolsas de plásticos son objetos utilizados por la sociedad a gran escala para transportar mercancías, así como empaques y embalajes que permite facilitar operaciones en movimiento. Colima es uno de los Estados que se ubica en las costas del Océano Pacífico, que es donde principalmente se ubica la gran isla de plásticos compuesta entre otros residuos de bolsas de plásticos y polietileno expandido (unicel). Esto afecta primordialmente a la actividad económica pesquera que se desarrolla en el Estado. Para evitar el abandono de dicha actividad económica, el Gobierno del Estado de Colima ha tomado algunas medidas a esta situación, entre las que se encuentra la actualización de la Ley de Residuos Sólidos Urbanos (LRSU).

Estas regulaciones que se están implementando en el Estado de Colima no solo impactan a la sociedad, sino también en la gestión empresarial. La investigación está basada en los Supermercados de los Municipios de Colima y Villa de Álvarez, donde ya se ha estipulado la prohibición de bolsas de plástico y unicel. Dicha Ley entró en vigor en septiembre de 2019, dándoles a las empresas un plazo de seis meses para que buscaran alternativas para no verse afectadas por esta actualización.

La metodología de investigación empleada se basa en aplicar el enfoque cualitativo en información documental, puesto que se analizaron varios artículos de distintos periódicos y también se aplicó el método de observación, donde a partir de una lista de cotejo utilizada durante la visita a cada uno de los 10 supermercados seleccionados en los Municipios de Colima y Villa de Álvarez, los cuales corresponden a las cadenas de Bodega Aurrera, Walmart y Soriana.

Esta investigación tiene como objetivo “analizar las acciones que realizan los supermercados de Colima y Villa de Álvarez con la Ley de Residuos Sólidos Urbanos, respecto al uso y/o manejo de las bolsas de plástico y el unicel, para determinar el nivel de cumplimiento”. Los principales resultados encontrados fue que del 50% de los supermercados, solamente el 30% cumple cabalmente con la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima, el otro 20% a pesar de estar en periodo de transición, introducen productos biodegradables y reutilizables para transportar los artículos que los consumidores adquieren en sus tiendas. Cabe señalar que en la fecha en que se realizó esta investigación, el 50% restante de los supermercados no había aplicado ninguna acción para la transición.

<sup>1</sup> Dr. Sergio Felipe López Jiménez es Profesor e Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Contabilidad y Administración Colima, de la Universidad de Colima, México. [sflopezj@uacol.mx](mailto:sflopezj@uacol.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Dr. Martín Álvarez Ochoa es Profesor e Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Contabilidad y Administración Colima, de la Universidad de Colima, México. [alvarezchoa@uacol.mx](mailto:alvarezchoa@uacol.mx)

<sup>3</sup> Dr. Juan Alfredo Lino Gamiño es Profesor e Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Contabilidad y Administración Tecmán, de la Universidad de Colima, México. [jlino@uacol.mx](mailto:jlino@uacol.mx)

### Descripción del Método

#### Supuesto

Al entrar en vigor el 14 de septiembre de 2019 la actualización de la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima para el cuidado del medio ambiente con el propósito de evitar el uso de unicel y bolsas de plástico de un solo uso, todos los supermercados implementarán nuevas estrategias en un sentido de responsabilidad social para el manejo y transporte de los productos que ofrecen.

#### Preguntas de investigación

1. ¿Cuántos supermercados de los Municipios de Colima y Villa de Álvarez cumplen cabalmente con la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima?
2. ¿Qué aspectos considera la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima que deben cumplir los supermercados para el empaque y embalaje de los productos adquiridos por el consumidor final?
3. ¿Qué estrategias se pueden implementar para asegurar que todos los supermercados de los Municipios de Colima y Villa de Álvarez cumplan con la Ley de Residuos Sólidos Urbanos para el uso y/o manejo de las bolsas de plástico y unicel?
4. ¿Cuáles son las sanciones a que se hacen acreedores aquellos supermercados que no cumplen con la Ley de Residuos Sólidos?

#### Objeto de estudio

En esta investigación se implementaron dos estrategias, la de obtener datos a través de artículos de divulgación publicados por periódicos y a través del método de observación. Para el primero no se tuvo una muestra, pero se identificaron los periódicos especializados en las áreas de negocios y finanzas en el país: El Universal, El Financiero, El Economista y Milenio Diario, y tres más que son locales: Colima Noticias, AF medios y Diario de Colima, que fueron monitoreados desde septiembre de 2019 hasta el 25 de mayo de 2020.

Para la observación, se identificaron diez supermercados en los Municipios de Colima y Villa de Álvarez. Al ser una cantidad pequeña no fue necesario obtener una muestra. Los supermercados observados son los que se muestran en el Cuadro 1.

Nombre del Supermercado	Sucursal	Ubicación
Soriana	Soriana Mercado	Boulevard Rodolfo Chávez Carrillo. Colonia Centro. Colima, Colima.
	Soriana Híper	Av. María Ahumada de Gómez # 39. Colonia Campestre. Villa de Álvarez, Colima.
Wal-Mart	Wal-Mart Colima	Calzada Pedro Galván # 120. Colonia Centro. Colima, Colima.
	Wal-Mart Colima Norte	Av. Tecnológico # 125. Colonia Miguel Hidalgo I. Colima, Colima.
	Wal-Mart Tercer Anillo	Av. Manuel J. Clouthier # 91. Colonia Jardines de Bugambilias. Villa de Álvarez, Colima.
Bodega Aurrera	Bodega Aurrera Express	Av. Niños Héroes # 1545. Colonia El Pedregal. Colima, Colima.
	Bodega Aurrera Colima Centro	Maclovio Herrera # 120. Colonia Jardines de la Corregidora. Colima, Colima.
	Bodega Aurrera Express	General Silverio Núñez # 439. Colonia Centro. Colima, Colima.
	Bodega Aurrera Express El Yaqui	Av. El Yaqui # 305. Colonia El Yaqui. Colima, Colima.
	Bodega Aurrera Villa de Álvarez	Av. Benito Juárez # 345. Colonia Centro. Villa de Álvarez, Colima.

Cuadro 1. Supermercados donde se realizó la observación.

Se eligieron estos supermercados porque:

- Soriana, es una cadena mexicana de supermercados y almacenes, fundada en 1968 por los hermanos Francisco y Armando Martín Borque en Torreón, Coahuila, México. La cadena solamente opera en México.
- Walmart, es una corporación multinacional de tiendas de origen estadounidense, que opera cadenas de grandes almacenes de descuento y clubes de almacenes. Fue fundada por Sam Walton en 1962, incorporada el 31 de octubre de 1969.
- Bodega Aurrera, son tiendas de autoservicio en México que fueron propiedad originalmente de la empresa Almacenes Aurrerá; posteriormente de su sucesora Grupo Cifra y actualmente de la filial mexicana del corporativo detallista estadounidense Walmart.

#### *Estrategias e instrumentos de recolección de datos*

La primera estrategia que se aplicó fue la de obtener artículos de divulgación relacionados con alguna de las categorías: medio ambiente (*impacto ambiental de las bolsas plástico y unisel de un solo uso, manejo de los residuos sólidos urbanos de bolsas de plástico y unisel de un solo uso*), responsabilidad social empresarial (*ética y valores, protección del medioambiente, así como relaciones con el consumidor*) y normatividad (*nivel de cumplimiento de la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima y sanciones*). Para ello, a partir de septiembre de 2019 al 25 de mayo de 2020 se revisaron estos aspectos en los periódicos arriba mencionados.

La segunda estrategia fue la observación, consistió en asistir a los supermercados (Ver Cuadro 2) para determinar si estaban cumpliendo con lo que estipula la LRSU y cuáles eran las estrategias empleadas para concientizar a los clientes con respecto a la forma de transportar los productos que adquieren en esas tiendas. Fueron cinco los criterios examinados: a) Observar si los clientes toman los plásticos de un solo uso, b) Observar si los plásticos de un solo uso son biodegradables, c) Observar si el supermercado los ofrece, d) Observar si ahí ofrecen productos reutilizables y e) Analizar si cada supermercado cumple con la LRSU.

Nombre del supermercado	Municipio de Colima (número)	Municipio de Villa de Álvarez (número)
Bodega Aurrera	4	1
Walmart	2	1
Soriana	1	1

Cuadro 2. Supermercados visitados en cada Municipio.

En ambos Municipios se visitaron diez supermercados, donde la mayor cantidad corresponde a las sucursales Bodega Aurrerá y Bodega Aurrera Express con cinco, enseguida con tres sucursales está Walmart y con dos sucursales Soriana. Después de analizar los resultados obtenidos en cada uno de los supermercados, se observó que solamente cinco de ellos (equivalente al 50%) sí cumplen con la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima, mientras que el 50% restante no cumplen (Ver Cuadro 3).

Nombre del supermercado	Sí cumplen con la LRSU (número)	No cumplen con la LRSU (número)
Bodega Aurrera	2	3
Walmart	1	2
Soriana	2	0

Cuadro 3. Nivel de cumplimiento de los supermercados con la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima.

Con relación a los aspectos considerados en la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima que deben cumplir los supermercados para el empaque y embalaje de los productos adquiridos por el consumidor final, el Congreso del Estado de Colima aprobó por unanimidad la reforma a la LRSU en la que se prohíbe el uso de plásticos de un solo uso, incluyendo el unisel, con el objetivo de proteger y mejorar el medio ambiente de la entidad, del país y del planeta. La transición será gradual hasta lograr la sustitución, eliminación y consecuente prohibición de cualquier tipo de plásticos de un solo uso descartables para fines de empaque, embalaje de productos o mercancías, incluyendo el unisel. Mientras que los supermercados, tendrán un plazo de doce meses contados a partir de la entrada en vigor del Decreto (14 de septiembre de 2019).

#### *Análisis de datos*

Entre las acciones que aplicaron aquellos supermercados que sí cumplen con las LRSU del Estado de Colima destacan: dar bolsas biodegradables, vender bolsas de tela, motivar a los clientes para que lleven sus bolsas recicladas y ofrecer cajas de cartón que se desocupan en la misma sucursal. En el Cuadro 4 se muestran las estrategias aplicadas en cada supermercado.

Nombre del supermercado	No. de sucursales que ofrecen bolsas biodegradables	No. de sucursales que ofrecen cajas de cartón	No. de sucursales que ofrecen bolsas de tela
Bodega Aurrera	2	0	2
Walmart	0	0	5
Soriana	0	1	3

Cuadro 4. Estrategias implementadas por los supermercados que sí cumplen con la LRSU.

En cuanto a las acciones que realizan los supermercados de la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez para promover el uso de productos reutilizables, se encontró que en aquellas sucursales donde están disponibles los productos de reuso, los clientes son quienes deben pagar un precio para disponer de ellas. Además de las bolsas de tela, también se promueve la reutilización de las cajas de cartón que van desocupando los supermercados para utilizarlas como medio de transporte de la mercancía.

Las sanciones por el incumplimiento de las nuevas disposiciones de la LRSU están previstas en el Artículo 108 de la Ley para la prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos, que incluye la posibilidad de multas de diez a cincuenta mil días de salario mínimo, la suspensión o revocación de concesiones o autorizaciones, decomisos, clausuras temporales o definitiva, incluso el arresto. Las sanciones para comercios por el incumplimiento de esta Ley van desde los \$10,000 hasta los \$170,000 pesos. De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente capitalina, la multa se ajustará dependiendo del tamaño del negocio.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

En este apartado se realiza una reflexión de la investigación, donde se contrastan los resultados obtenidos con el marco teórico, supuesto y preguntas de investigación, además de la contribución y futuras líneas de investigación. En la Figura 1, se muestran las preguntas de investigación con los resultados obtenidos.

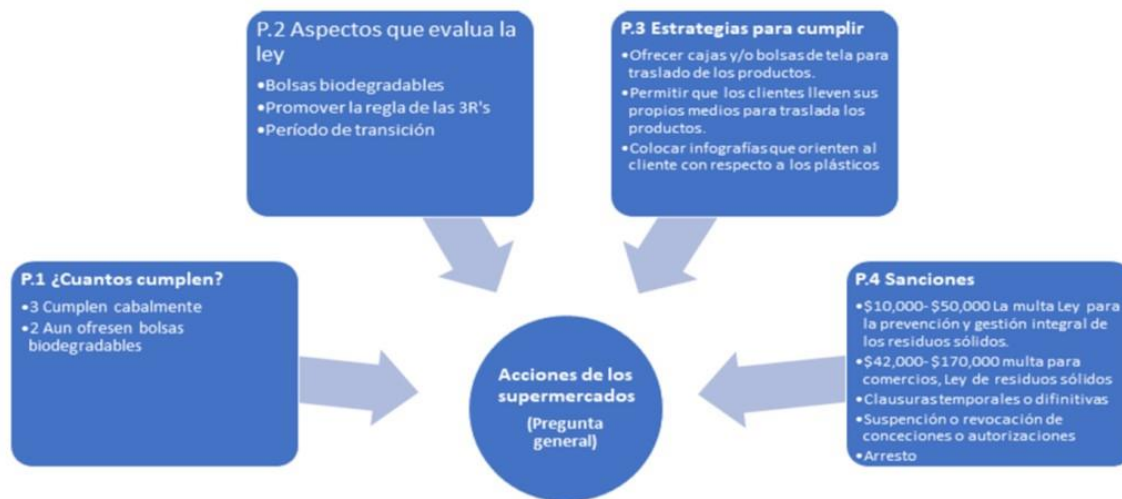


Figura 1. Preguntas de investigación y resultados.

De acuerdo con la primera pregunta de investigación, solo tres supermercados cumplen cabalmente con la Ley de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Colima, por lo que que no manejan plásticos de un solo uso. En cuanto a las charolas de unicel, éstas son de material biodegradable o emplean charolas que pueden ser reutilizables para los clientes. Con respecto a las bolsas de plástico, fueron sustituidas por cajas de cartón que pueden ser reutilizables para almacenar víveres, entre otras cosas; y por bolsas de tela, que al igual que las cajas de cartón, son reutilizables para transportar los productos del cliente. Fueron los únicos supermercados que cumplieron a pesar del

periodo de transición. Esto quiere decir que modificar las costumbres y comportamientos del consumidor implica un gran reto para la sociedad en general y que se requiere de la colaboración de la gente.

Con respecto a la segunda pregunta de investigación, todas las entidades físicas y morales están obligadas a eliminar el uso de plásticos de un solo uso de forma gradual, la utilización de este tipo de plásticos es solo en situaciones estrictamente necesarias y siempre y cuando sean biodegradables o compostables. Por ejemplo, por razones de higiene o conservación de los alimentos.

Para dar respuesta a la tercera pregunta de investigación, se encontró que los supermercados tienen a la venta bolsas de tela que los clientes pueden utilizar para transportar los productos que adquieren ahí, además de ofrecer cajas de cartón para su almacenamiento y uso que más convenga a los clientes. Cabe señalar que dos de los supermercados analizados, además de las opciones antes mencionadas, siguen ofreciendo bolsas de plástico, pero biodegradables. De los cinco supermercados restantes que no cumplen con la normatividad, dos siguen ofreciendo bolsas de plástico que no son biodegradables y los otros tres no ofrecen bolsas, pero dejan la decisión a criterio del cliente para usar sus bolsas de plástico, aunque no sean biodegradables.

Finalmente, en cuanto a la cuarta pregunta de investigación sobre cuáles son las sanciones a las que se hacen acreedores los supermercados que no cumplan con la normatividad establecida, la LRSU contempla: a) La clausura temporal o definitiva de la empresa, b) Suspensión o revocación de concesiones o autorizaciones, c) Arresto, o d) Multas de \$10,000 hasta \$170,000 pesos. Estas sanciones dependen de la autoridad encargada de vigilar el cumplimiento de la Ley de Residuos Sólidos Urbanos, entre las que se encuentran La Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado de Colima, con apoyo del Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Colima y de los Ayuntamientos.

### *Conclusiones*

Se concluye que se cumplió con el objetivo de la investigación, pero no con el supuesto, ya que no todos los supermercados analizados implementan nuevas estrategias en cuanto a la responsabilidad social para el manejo y transporte de los productos que ofrecen. Además, no tuvieron la atención de informar con anticipación a sus clientes sobre cómo deberían transportar sus productos a partir de que entró en vigor la LRSU, sino hasta que los clientes iban arribando al área de cajas donde se les hace el cobro y empaqueo de sus productos.

Asimismo, la adaptación de las empresas a esta nueva modalidad debe ser en forma gradual, no solo se trata de imponer, sino educar al cliente y orientarlo hacia la nueva dinámica del proceso de compra que va a realizar en el supermercado. Debe buscarse orientarlos y no perder de vista que este tipo de acciones contribuyen a fortalecer la estrategia de fidelización de los clientes. De lo contrario, se convertirá en un proceso difícil de adoptar y como consecuencia el incumplimiento de cualquier política empresarial o Ley.

Debido a la pandemia por el Covid-19, la investigación se vio afectada y sufrió modificaciones para adaptarla y trabajar desde casa, además de que en algunos momentos se complicó la obtención de datos debido a las restricciones que estableció el Sector Salud, así como el alto porcentaje de contagios que prevalecían en los meses en que se llevó a cabo la investigación.

### *Recomendaciones*

Como resultado del trabajo realizado en esta investigación, es necesario que las empresas tengan contacto más cercano con aquellos consumidores que se preocupan por el cuidado del medio ambiente, sin dejar de lado a los que habitualmente acuden ahí para consumir artículos de primera necesidad. En relación con los consumidores con que ya cuentan los supermercados, la propuesta es orientarlos, involucrarlos, hacerlos partícipes de las estrategias, informándoles y motivándolos para cumplir con la LRSU. Esto beneficiará no solamente a los consumidores que tienen una cultura responsable para cuidar el medio ambiente, sino también a los supermercados para facilitar el cumplimiento de sus responsabilidades en cuanto a la Ley de Residuos Sólidos Urbanos.

Como una medida de sensibilización por parte de los supermercados, se propone el uso de la infografía que se muestra en la Figura 2, la cual puede difundirse en las distintas redes sociales de las empresas, como en sus páginas web oficiales o incluso de manera impresa en los establecimientos en el área de cajas, que es donde se concentra una mayor cantidad de personas o en el departamento de paquetería/informe al cliente, donde también se aglutina una cantidad importante de personas que acuden ahí para recoger sus pertenencias o alguna mercancía especial.



Figura 2. Infografía para promover la erradicación del uso de bolsas de plástico y productos de unicel.

### Referencias

Albán, A. (2019). *Elaboración de madera plástica a partir de polímeros post consumo* (Tesis de pregrado). Obtenido de <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/8868>.

Álvarez, C. y Alvarado, M. (2016). Categorización de las variables inherentes a la responsabilidad social empresarial sobre los residuos sólidos urbanos de PET generados por las empresas refresqueras en México empleando el índice de severidad de Mendenhall. *Análisis Económico*, Vol. XXXI, 2016, pp. 123-139. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/413/41344590007/html/index.html>.

Bianchi, E. y Szpak, C. (2016). *Empleo verde: el rol del estado y las empresas ante el cambio climático*. Argentina de Investigación de Negocios 2(1-2), 11. Recuperado de: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rain/article/view/V2N1-2a02>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017). *Residuos Sólidos Urbanos*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>.

WWF (2018). *Informe Planeta Vivo-2018: Apuntando más alto*. Grooten, M. y Almond, R. E. A.(Eds.). WWF, Gland, Suiza. p. 6.



# Estrategias de Resiliencia Empresarial, en Empresas Catalogadas como no Esenciales en la Pandemia por Covid-19

Dra. Myrna Delfina López Noriega<sup>1</sup>, Alonso Contreras Ávila<sup>2</sup>, Antonia Margarita Carrillo Marín<sup>3</sup>  
Lorena Zalthen Hernández M.F.<sup>4</sup>

**Resumen**— Este documento aborda la identificación de las estrategias de resiliencia empresarial que han implementado las micro y pequeñas empresas del sector de servicios de esparcimiento, cultural y deportivo, catalogadas como no esenciales, que se encuentran en Ciudad del Carmen, Campeche y que, han asegurado su permanencia en el periodo de suspensión de actividades bajo las circunstancias derivadas del impacto de la pandemia por COVID-19. Es una investigación de corte cuantitativo, no experimental, transversal y de campo; enmarcada dentro de la categoría analítica - descriptiva. Los datos recolectados fueron analizados mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics 24. Los resultados permiten concluir que las principales estrategias que involucraron el uso de TIC adoptadas por las empresas fueron aquellas relacionadas con el uso de redes sociales, así como medidas de ajuste en el recurso humano.

**Palabras clave**—empresas no esenciales, contingencia, mipymes

## Introducción

La crisis sanitaria resultado de la pandemia mundial por COVID-19 que vive el mundo desde marzo del 2020, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) decretó un estado de emergencia (OMS, 2020) ha puesto bajo los reflectores la resiliencia y debilidad de los sistemas económicos. A nivel mundial se atraviesa una crisis económica y sanitaria que aún se ve lejos de superar y que, ha provocado una fuerte contracción de la economía mundial, que la han colocado como la peor recesión desde la Segunda Guerra Mundial (Banco mundial, 2020).

El impacto de la pandemia y las medidas de suspensión de las actividades que se han adoptado para contenerla, como la reclusión y el paro parcial o total de actividades económicas y de comercio no esenciales (McKibbin y Fernando, 2020; Nicola et al., 2020) que, a su vez han provocado una baja en la capacidad de consumo (Muellbauer, 2020) y la interrupción del suministro de materia prima, recursos financieros y capital humano (McKibbin y Fernando, 2020). El dinamismo empresarial ha sido perturbado.

La recuperación del sector empresarial en los diferentes países ha dependido de la incidencia de la pandemia, de las estrategias seguidas para controlar su evolución y, de su impacto en algunos sectores más castigados en la estructura de sus economías (León, 2020); por lo que la gravedad de la crisis económica de cada país depende fundamentalmente de las condiciones en sus sistemas de salud y la solidez de sus economías.

En México las actividades denominadas no esenciales son las que se considera que no son de vital importancia para el funcionamiento económico del país, por lo tanto, han estado sujetas a la suspensión de manera total desde el 30 de marzo de 2020 durante los periodos y regiones geográficas considerados en “semáforo rojo” durante la pandemia por coronavirus. Entre estas se encuentran las que prestan servicios de esparcimiento, cultural y deportivo como cines, gimnasios, academias de deportes, danza y *ballet*, entre otros.

Este documento aborda la identificación de las estrategias de resiliencia empresarial que han implementado las micro y pequeñas empresas del sector de servicios de esparcimiento, cultural y deportivo, catalogadas como no esenciales, que se encuentran en Ciudad del Carmen, Campeche y que, han asegurado su permanencia en el periodo de suspensión de actividades bajo las circunstancias derivadas del impacto de la pandemia por COVID-19. Es una investigación de corte cuantitativo, no experimental, transversal y de campo; enmarcada dentro de la categoría analítica - descriptiva. Los datos recolectados fueron analizados mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics 24. Los resultados permiten concluir que las principales estrategias que involucraron el uso de TIC adoptadas por las empresas fueron aquellas relacionadas con el uso de redes sociales, así como medidas de ajuste en el recurso humano.

<sup>1</sup> La Dra. Myrna Delfina López Noriega es profesora de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche; Líder del Cuerpo Académico Innovación en las Organizaciones. [myrna.lopezn@gmail.com](mailto:myrna.lopezn@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El Dr. Alonso Contreras Ávila es profesor de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche; miembro del Cuerpo Académico Innovación en las Organizaciones; [acontreras@pampano.unacar.mx](mailto:acontreras@pampano.unacar.mx)

<sup>3</sup> La M.A. Antonia Margarita Carrillo Marín es profesora de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, miembro del Cuerpo Académico Innovación en las organizaciones. [acarrillo@pampano.unacar.mx](mailto:acarrillo@pampano.unacar.mx)

<sup>4</sup> La M. F. Lorena Zalthen Hernández es profesora de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche; miembro del Cuerpo Académico Innovación en las Organizaciones; [zalthen@gmail.com](mailto:zalthen@gmail.com)

## Marco teórico

Al hablar de resiliencia empresarial, se apela a un concepto que se ha empleado en diferentes disciplinas y campos (Earvolino-Ramírez, 2007) y que, ante las condiciones y turbulencias económicas y de salud derivadas de la pandemia por COVID-19, ha tomado vigencia con mayor fuerza, pues enfatizó la importancia de llevar la resiliencia empresarial más allá del incremento de la productividad y las ganancias. Este tiene su origen etimológico en el verbo, *resilio*, *resilire* que significa saltar hacia atrás, rebotar, y ha sido adaptado al español a partir de la expresión en inglés *resilient* y en francés *résilienc* (García-Merino et al., 2015). Así que, de acuerdo con Berzonsa (2017), la resiliencia se podría definir de forma general como “la adaptación positiva a la adversidad”.

El término de resiliencia empresarial, si bien es de reciente aplicación en el mundo empresarial, fue definido por Wildavsky en 1988 como la “capacidad dinámica de adaptabilidad de la organización que crece y se desarrolla con el tiempo” (en Oviedo-Amaro y Marrero-Santos, 2020, p. 68). Aunque, como señalan Cordero-Cortés (2014) hay autores que conciben a la resiliencia como la capacidad de salir fortalecido ante la adversidad. También se habla de resiliencia estratégica como una preparación para aprovechar conflictos, debilidades y amenazas como fuentes de oportunidad y fortaleza si se aprende a enfrentar el cambio Krell (2011).

Para Rogel y Urquizo (2019), en el ámbito organizacional la resiliencia permite a las empresas anticiparse y adaptarse a aquellas tendencias de largo plazo, que podrían provocar la pérdida de rentabilidad en un negocio, por lo que, mide su capacidad para reinventarse constantemente, ante los cambios inminentes que se puedan presentar (Martínez y Ortega, 2013, citado en Rogel y Urquizo, 2019); en ese orden de ideas Salgado (2012, p. 30) señala que la resiliencia es “una forma de designar la capacidad de recuperación de las organizaciones ante un evento no esperado, también se le puede considerar como un detonante de acciones de previsión o como parte total de un proceso estratégico”.

En el contexto de las ideas anteriores, se puede inferir que el primer componente de la resiliencia empresarial es la capacidad de proteger la propia estructura organizacional bajo presión, y el segundo establece que, pese a situaciones difíciles, la empresa tiene una capacidad de enfrentar las dificultades de una forma socialmente aceptable (Kotliarenco et al., 1997).

Así, una empresa resiliente es aquella que después de haber pasado diferentes adversidades o crisis, es capaz de verse fortalecida y salir con recursos para superar las crisis económicas y las posteriores crisis de confianza que se suelen presentar después, incluso, sacando ventaja de la actitud positiva que despierta la empresa (Salanova, 2009) al haber superado situaciones de riesgo, especialmente en el área financiera cuando los clientes atrasan sus pagos, o disminuyen sus órdenes de compra, lo que genera graves consecuencias que podrían llevar a una crisis financiera. En resumen, la resiliencia se puede considerar como la habilidad de las empresas para hacer frente a las adversidades y riesgos.

En ese sentido, es importante identificar de las estrategias de resiliencia empresarial que han implementado las micro y pequeñas empresas de aquellos sectores catalogados como no esenciales en México, entre ellos el de servicios de esparcimiento, cultural y deportivo, uno de los más afectados por las medidas tomadas por las autoridades mexicanas, para lo cual se han considerado las empresas catalogadas en este sector en Ciudad del Carmen, Campeche, que han logrado permanecer en el periodo de suspensión de actividades bajo las circunstancias derivadas del impacto de la pandemia por COVID-19. Las empresas hoy más que nunca, de todos los tamaños y sectores, deben liderar y construir nuevas oportunidades en nuevos escenarios, asegurando no solo sus operaciones,

### Descripción del Método

#### Método

Es una investigación de corte cuantitativo, no experimental, transversal y de campo; enmarcada dentro de la categoría analítica - descriptiva. Los datos recolectados fueron analizados mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics 24. Para lograr lo anterior, esta investigación es de enfoque cuantitativo, por cuanto se pretende medir o cuantificar el fenómeno a estudiar. Para tal fin el instrumento principal para la obtención de datos fue la encuesta (validada y proporcionados por el UCOL-CA-114), aplicada a la población objetivo, los administradores o dueños de las mipymes de Ciudad del Carmen, Campeche, seleccionadas. Los datos recolectados fueron estudiados y analizados mediante un análisis numérico y estadístico haciendo uso del programa estadístico IBM SPSS Statistics 24.

De acuerdo con el nivel de profundidad con el cual se ha abordado el problema de esta investigación, está enmarcada dentro de la categoría analítico - descriptivo. En tanto, también se considera de tipo descriptiva, no experimental pues se describe la percepción del sujeto de estudio en torno de la problemática señalada, en la cual las variables ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas. En cuanto al diseño de la investigación, el presente estudio es de tipo no experimental, transversal y de campo.

## Resultados

En este apartado se presentarán los resultados obtenidos a partir de la aplicación del instrumento a 49 entidades económicas categorizadas como no esenciales en Ciudad del Carmen, Campeche, durante el periodo comprendido del 01 al 19 de marzo 2021. Inicialmente se presenta una descripción de las características sociodemográficas y posteriormente una caracterización de las variables de estudio, referentes a las estrategias empresariales de resiliencia tecnológica, creatividad remota e innovación ante la contingencia por COVID-19.

### *Identificación de la empresa*

De un total de 49 empresas, el 89.8% señaló tener entre 1 y 10 empleados y en el 10.2% de los casos se señaló entre 11 y 30 empleados, por lo que se pueden categorizar como micro y pequeñas empresas respectivamente. Con respecto a los canales preferenciales de transacciones, se obtuvo que el 83.7% de las empresas realizaron transacciones de manera física en planta, a pesar de las condiciones de contingencia por COVID-19. El 10.2% señaló realizar transacciones con distribución propia y solo el 6.1% señaló utilizar el comercio electrónico como el principal canal de transacciones. Por otra parte, el 51.0% de las empresas observadas sí contaban con una página web, mientras que el 49.0% no. Esto podría significar que existe una proporción significativa de empresas que no se encuentran familiarizadas con el uso de herramientas tecnológicas para llevar a cabo sus procesos.

### *Planes estratégicos en casos de contingencias, crisis o desastres*

Se encontró que, del total de la muestra, en el 55.1% de los casos, las empresas no contaban con fondos para enfrentar la contingencia. Esto podría significar que, en la mayoría de los casos, las empresas no tenían previsto este tipo de eventos, lo cual podría haber tomado por sorpresa y derivado de ello, provocar otros inconvenientes al interior.

Por otra parte, en relación con la planeación estratégica se encontró que, del total de la muestra, el 30.6% sí contaban con un programa de acciones previsto en casos de contingencia; en el 55.1% de las empresas observadas estos planes se encontraban en proceso y el 14.3% no contaban con una planeación.

Con respecto a la importancia de los aspectos financieros, de mercadotecnia, recursos humanos, producción, tecnología y ventas previstos en los planes estratégicos de las mipymes en Ciudad del Carmen, Campeche, en la tabla 1 se pueden observar que, en una gran proporción de empresas no aplica o no les dan importancia a estos. En el caso de los aspectos financieros, el 18.4% de las empresas mencionaron que no aplica, el 51.0% lo consideró menos importante, mientras que el 22.5% lo consideró más importante.

En relación a la planeación de mercadotecnia, el 20.4% de las empresas señalaron que no aplica, para el 46.9% fue menos importante y solo para el 22.4% fue más importante. En cuanto a los recursos humanos, para el 24.5% de las empresas no aplica, el 48.9% mencionó que tiene menor importancia y solo para el 18.3% fue más importante.

En cuanto a producción, para el 36.7% de las empresas no aplica; el 38.8% mencionó que es menos importante y solo para el 10.2% fue más importante. Para el caso de la tecnología, 26.5% mencionó que no aplica, para el 40.8% de las empresas fue menos importante y para el 12.2% fue más importante. En relación con las ventas, para el 26.5% de las empresas no aplica la planeación estratégica de ventas, el 40.8% mencionó que es menos importante y solo para el 14.3% de las empresas fue más importante.

Con estos resultados se puede llegar a interpretar una nula o poca importancia hacia la elaboración de planes estratégicos. Esto podría implicar una estructura organizacional poco definida, así como una falta de acciones preventivas que permitan actuar ante alguna situación disruptiva, crisis o contingencia como la actual pandemia por COVID-19.

**Tabla 1**

Nivel de importancia de los aspectos previstos en los planes estratégicos de las mipymes en Ciudad del Carmen, Campeche

Aspectos	Nivel de importancia (%)				Total
	No aplica	Menos importante	Intermedio	Más importante	
<b>Financieros</b>	18.4	51.0	8.1	22.5	100
<b>Mercadotecnia</b>	20.4	46.9	10.2	22.4	100
<b>Recursos humanos</b>	24.5	48.9	8.2	18.3	100
<b>Producción</b>	36.7	38.8	14.3	10.2	100
<b>Tecnología</b>	26.5	40.8	20.4	12.2	100
<b>Ventas</b>	26.5	40.8	18.3	14.3	100

Nota: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante SPSS.

### Afectaciones por COVID-19

Uno de los efectos causados por la COVID-19 en las empresas, es el impacto económico, que tuvo sus primeros efectos al final del primer trimestre de 2020. En la tabla 2 se muestran los resultados sobre el porcentaje promedio de disminución en las ventas/utilidades de las empresas no esenciales. Se obtuvo que, durante el segundo y tercer trimestre de 2020 se presentó el mayor porcentaje promedio de disminución de 45.30% y 41.79% respectivamente.

**Tabla 2**

Porcentaje de disminución promedio en las ventas/utilidades por trimestre

Trimestre	No. De empresas	Media	Desv. Estándar
enero-marzo 2020	40	37.28	25.24
abril-junio 2020	47	45.30	24.42
julio-septiembre 2020	47	41.79	23.27
octubre-diciembre 2020	45	36.16	25.54

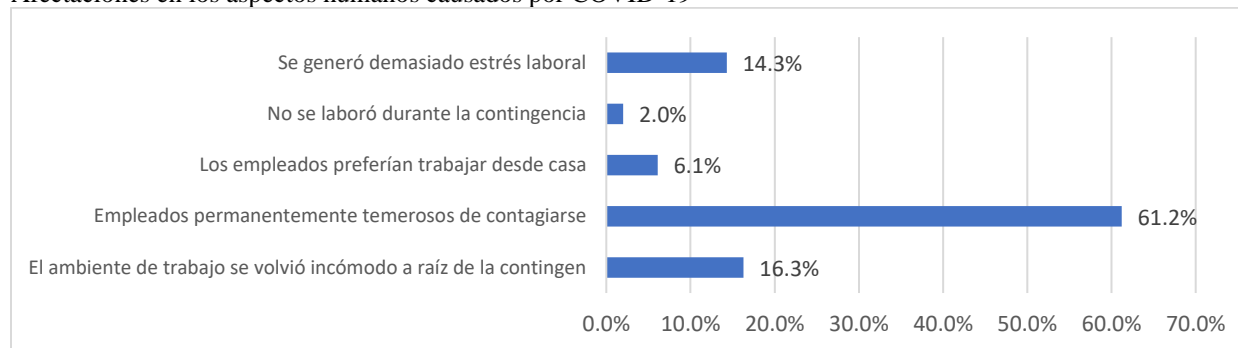
Nota: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante SPSS.

Otra de las afectaciones causadas por la COVID-19 tiene que ver con los problemas para cumplir con los compromisos financieros. En este caso se tomaron en cuenta los siguientes factores: deuda financiera, proveedores, contribuciones al gobierno (impuestos) y trabajadores. La mayor proporción de empresas señaló que durante la pandemia no tuvieron mayores problemas para cumplir con estos compromisos. Los resultados muestran un mayor puntaje entre poco y nada. Solo el 2.0% de las empresas señalaron que tuvieron demasiados problemas para cumplir sus compromisos con los proveedores, impuestos y el 10.2% con los trabajadores. En el caso del cumplimiento con los impuestos, el 40.8% de las empresas mencionó que esto no representó problema alguno. El 38.8% señaló que tuvo pocos problemas con el cumplimiento de la deuda financiera, así como con los proveedores.

El aspecto humano también tuvo afectaciones durante la pandemia por COVID-19. Tomando en cuenta la Figura 1, se puede mencionar que 61.2% de las empresas experimentaron que los empleados permanecieron temerosos de contagiarse; el 16.3% señalaron que el ambiente de trabajo se volvió incómodo a raíz de la contingencia y el 14.3% mencionó que se generó demasiado estrés laboral. Esto podría significar que, a partir de la contingencia, se hicieron presenten otros síntomas de malestar aunado a la misma condición que implica cumplir con las actividades laborales.

**Figura 1**

Afectaciones en los aspectos humanos causados por COVID-19



Nota: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante SPSS.

Por otra parte, la contingencia por COVID-19 también tuvo un impacto en los proyectos previos en las diferentes áreas de la empresa, como recursos humanos, finanzas, ventas, marketing y producción. En este caso, a partir de una muestra de 49 empresas, el 91.8% sí contaban con planes de crecimiento previamente establecidos, mientras que 8.2% no los tenían. Aquellas empresas que contaban con planes de crecimiento establecidos antes de la pandemia, en el 22.4% de los casos, estos fueron ajustados; mientras que en el 40.8% de las empresas estos planes se interrumpieron indefinidamente y el 28.6% de las empresas cancelaron sus planes de crecimiento.

### Estrategias implementadas por la contingencia sanitaria

Ante las afectaciones causadas por la COVID-19, se registraron estrategias que las empresas llevaron a cabo para contrarrestarlas.

En cuanto a las estrategias tecnológicas, se obtuvo que, de un total de 49 empresas, el 42.9% contaba con presencia Web en internet (página web de la empresa) desde antes de la pandemia. Asimismo, el 30.6% de las empresas realizó actividades de comercio electrónico (ventas por Internet) durante la pandemia y lo tenía previsto. Por otra parte, el

28.6% y el 20.4% de las empresas no cuenta y no planea implementar una estrategia de optimización en buscadores (SEO) y estrategia de mercadotecnia en buscado-res (SEM), respectivamente.

Con respecto a estrategias de mercadotecnia digital en redes sociales, el 34.7% de las empresas mencionaron que existía antes de la pandemia. En el caso de implementar una estrategia de vinculación con posibles clientes, el 18.4% de las empresas señaló que no hay y no prevén llevarlo a cabo. En cuanto a una estrategia de inversión en inteligencia artificial como chatbot o análisis de tendencias, el 51.0% de las empresas mencionaron que no cuentan con ello y no prevén realizarlo.

En cuanto a acciones de e-mail marketing, en el 26.5% de las empresas no tienen y no prevén realizarlo. Por otra parte, el 18.4% cuentan con una página del primer contacto con el cliente. En cuanto a si la empresa recolectó retroalimentación de los clientes por medios digitales, es decir, redes sociales, e-mail, entre otros; el 18.4% ya lo realizaba antes de la pandemia.

En el caso del trabajo a distancia (Home Office), videoconferencias informativas, ventas por videoconferencia y adopción de plataformas de trabajo remoto tales como Microsoft Teams, Google Workplace, entre otros; en la mayoría de los casos, que fue el 38.8%, no existe y no se prevé su implementación. Cabe mencionar que, de acuerdo con el giro de las empresas, difícilmente podrán implementar alguna de estas estrategias, dado que para llevar a cabo el servicio se requiere estar físicamente de manera presencial.

Por otra parte, en el 26.5% de las empresas las ventas por redes sociales como Facebook, WhatsApp, entre otras, ya existían antes de la pandemia. En cuanto a la capacitación en línea sobre cambios en los procesos, el 30.6% mencionó que no cuenta con ello y no planea implementarlo. Asimismo, el 36.7% de las empresas mencionaron que no cuentan con capacitación de empleados en uso de TIC y no prevén implementarlo.

En cuanto a los riesgos en la adopción de TIC, de una muestra de 49 empresas, el 61% señaló que la empresa se arriesgó emprendiendo acciones que no sabía si funcionarían; el 49% mencionó que la empresa se ajustó a estrategias probadas y el 39% señaló que la empresa manejó el reto usando modos creativos de adaptarse a las circunstancias.

De las estrategias diseñadas para enfrentar la pandemia sin el uso de TIC, la más relevante fue la relacionada con procesos innovadores diseñados para enfrentar la pandemia, donde el 44.9% de las empresas lo señalaron. Asimismo, el 12.2% mencionó que se implementaron medidas sanitarias para la tranquilidad de los empleados. En contraste, solo el 2.0% de las empresas mencionaron que se implementaron medidas sanitarias para tranquilidad de los clientes. En ese sentido, se puede decir que las empresas no tienen un enfoque de servicio al cliente. Por otra parte, otra de las estrategias que pudo haber sido de ayuda para contrarrestar las afectaciones por la pandemia de COVID-19, es la integración de redes de cooperación con proveedores, donde solo el 2.0% de las empresas lo mencionó. Es decir que, ante este tipo de situaciones, las empresas han seguido trabajando de manera aislada.

El *downsizing* reactivo puede definirse como la reducción que se realiza en respuesta a una situación disruptiva, sin tener fundamento alguno. En este caso, se tomó en cuenta la reducción del personal, jornada laboral, sueldos, producción, productos y/o servicios, cancelación de proyectos y cancelación de inversiones. De acuerdo con el instrumento aplicado el mayor porcentaje promedio de reducción se obtuvo a partir de la cancelación de proyectos ( $\bar{x} = 56.26\%$ ,  $S = 30.12\%$ ). Asimismo, se observa que de manera general hubo una reducción en la jornada laboral ( $\bar{x} = 43.67\%$ ,  $S = 23.09\%$ ), que pudo deberse a las medidas de confinamiento y distanciamiento social. En cuanto a recursos humanos, se puede observar una reducción en sueldos ( $\bar{x} = 38.70\%$ ,  $S = 26.84\%$ ), y personal ( $\bar{x} = 34.42\%$ ,  $S = 23.22\%$ ).

#### *Reacción de los clientes/consumidores*

En cuanto a las reacciones que tuvieron los clientes/consumidores a partir de la contingencia por COVID-19, en mayor medida se presentó que los clientes pedían mejores medidas sanitarias ( $\bar{x} = 66.5\%$ ,  $S = 33.61\%$ ). Asimismo, los clientes consultaban las redes sociales para pedir información de cómo comprar/contratar servicio ( $\bar{x} = 50.75\%$ ,  $S = 28.77\%$ ). Por el contrario, los clientes dejaron de comprar ( $\bar{x} = 45.48\%$ ,  $S = 26.44\%$ ), y los clientes continuaron con sus compras normales ( $\bar{x} = 37.95\%$ ,  $S = 26.32\%$ ).

Tomando en cuenta lo anterior, se puede mencionar que, el uso de redes sociales resultó útil para mantener la comunicación y el contacto con los clientes. A pesar de ser negocios no esenciales, pudieron mantenerse activos a través del uso de las TIC. Del mismo modo, se hace énfasis en la implementación de medidas sanitarias, ya que en mayor medida eran solicitadas por los clientes, lo que hace pensar que en un principio este tipo de negocios no contaba con estos elementos.

#### *Actitudes resilientes presentes en la empresa durante la contingencia*

Con respecto a las actitudes resilientes adoptadas por los empresarios durante la contingencia por COVID-19, de acuerdo con los resultados en la mayoría de los casos la percepción sobre estas actitudes fue entre regular y mucho. Es decir, los empresarios tomaron ciertas actitudes para contrarrestar las afectaciones de la pandemia dentro de sus negocios. En ese sentido, se puede mencionar que, las actitudes con mayor presencia fueron aquellas relacionadas con garantizar un buen ambiente laboral, señalado por el 44.9% de las empresas; el 38.8% mencionó la actitud resolutiva

de manera regular; el 38.8% de las empresas señaló la actitud positiva con mayor presencia y el 24.5% de las empresas mencionó la capacidad de improvisación.

#### *Aprendizaje a raíz de la contingencia por COVID-19*

Dentro de los aprendizajes obtenidos a raíz de la contingencia por COVID-19, se obtuvieron aquellos aspectos más y menos importantes. En ese sentido, se puede mencionar que 38.8% de los encuestados señaló se debe estar a la vanguardia en los procesos de comercialización es uno de los aspectos menos importantes. Asimismo, el 30.6% de las empresas señalaron que la inversión en marketing digital tampoco es un aspecto relevante al que se le deba poner atención. En menor medida, el 22.4% de la muestra señaló el trabajo a distancia o home office como uno de los aspectos menos importante.

Por el contrario, en cuanto a los aspectos más importantes, según la perspectiva de los empresarios, el 79.6% mencionó que se deben tener fondo para contingencias en la empresa. El 59.2% de los encuestados señaló que debe existir un plan para casos de crisis por contingencias y desastres. El 36.7% consideró importante invertir en marketing digital y, por último, el 28.6% señaló que se debe aprender a usar las redes sociales en beneficio de la empresa

### **Comentarios Finales**

#### *Conclusiones*

Los resultados permiten concluir que, para las empresas del sector analizado la contingencia por COVID-19 tuvo un impacto en los proyectos previos en las diferentes áreas de la empresa, como recursos humanos, finanzas, ventas, marketing y producción.

En cuanto a las estrategias tecnológicas que se implementaron durante la cuarentena, fueron un incremento sustancial en internet desde antes de la pandemia: estrategias de mercadotecnia digital en redes sociales, estrategia de vinculación con posibles clientes, e-mail marketing. Aunque hay que señalar que, este tipo de empresas dadas las características del sector, ya se contaba con presencia en las redes antes de la pandemia.

Sobre el trabajo a distancia (*home office*), videoconferencias informativas, ventas por videoconferencia y adopción de plataformas de trabajo remoto tales como Microsoft Teams, Google Workplace, entre otros; se tiene una situación similar a la anterior, en la mayoría de los casos no existe. Cabe mencionar que, de acuerdo con el giro de las empresas, difícilmente podrán implementar alguna de estas estrategias, dado que para llevar a cabo el servicio se requiere estar físicamente de manera presencial.

Finalmente, se detectó una falta generalizada sobre planes estratégicos en la organización de las empresas; asimismo, se puede asumir que no cuentan con una estructura organizacional ordenada y definida. De acuerdo con la literatura consultada, se esperaría que la eficiencia y resiliencia de las empresas se soportara en la planeación estratégica.

### **Referencias**

- Banco Mundial (2020). Perspectivas de la economía mundial. Abril 2020. Consultado en línea de:
- Beer, M. y Nohria, N. (2000). *Breaking the code of change*. (H. B. S. Press, Ed.)
- Berzonsa, R. (2017). Estrés académico, engagement y resiliencia en estudiantes de enfermería. Universidad de Valladolid.
- Cordero-Cortés, Patricia, Núñez-Espinoza, J. Felipe, Hernández-Romero, Oliverio, & Arana-Coronado, Oscar A.. (2014). Factores resilientes en micro y pequeñas empresas rurales. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(4), 481-498. Recuperado en 12 de octubre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722014000400003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000400003&lng=es&tlng=es).
- Earvolino-Ramirez, M. (2007) Resiliencia: A Concept Analysis. *Nursing Forum*, 42, 73-82.
- García-Merino, T., Rivera, H. y Santos-Álvarez, V. (2015). La formación del concepto de resiliencia empresarial: Análisis cualitativo para el caso de los/as percebeiros/as de la cofradía de Baiona (España). *Forum: Qualitative Social Research*. Vol. 16, No. 3. Berlín, Alemania, pp. 24.
- Kotliarenco, M. A., Cáceres, I., y Fontecilla, M. (1997). *Estado de arte en resiliencia*. Organización Panamericana de la salud.
- Krell, Horacio. 2011. *Resiliencia estratégica*. Recuperado el 15 de octubre de 2021, de <http://www.ilvem.com/shop/otraspaginas.asp?paginanp=309&t=RESILIENCIAESTRAT%>
- León, G. (2020). Tecnologías estratégicas relacionadas con COVID-19. Im-pacto y dependencia. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Universidad Politécnica de Madrid.
- McKibbin, W. J. y Fernando, R. (2020). *The global macroeconomic impacts of COVID-19: Seven scenarios*. Washington D. C.: Brookings Institution.
- Muellbauer, J. (2020). The coronavirus pandemic an US consuption. VOX CERP Policy Portal, 11.
- Nicola, M., O'Neill, N., Sohrabi, C., Khan, M., Agha, M. y Agha, R. (2020). Evidence based management guideline for the COVID-19 pandemic. Review article. *International Journal of Surgery*, 77(1), 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.04.001>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] (2020). Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19). Recuperado de: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>
- Oviedo Amaro, Y., y Marrero Santos, M. (2020). La resiliencia organizacional. Un constructo para empoderar a las empresas. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 21(2), 66-71. Recuperado de <http://revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsyt/article/view/144>
- Rogel, E. y Urquiza, J. (2019). *Aproximación teórica a la resiliencia en las organizaciones financieras*. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, vol. XXV, núm. 2, pp. 112-119.
- Salanova, M. (2009). Organizaciones saludables, organizaciones resilientes. *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, 58(1), 18-23.
- Salgado, C. (2012). La resiliencia y su empleo en las organizaciones. *Gestión y Estrategia*. No. 41. México, pp. 29-39.

### Notas Biográficas

La **Dra. Myrna Delfina López Noriega** se desempeña, como docente-investigador en la Facultad de ciencias Económicas Administrativas, fungiendo como líder del Cuerpo Académico Innovación en las Organizaciones y de la Academia de Estadística, del proceso de obtención del distintivo de RSU otorgado por ANFECA. Es Candidato al Sistema Nacional de investigación desde el 2020 y partir julio del 2004 cuenta con el perfil PRODEP y con fecha de junio del 2009 es académico certificado ANFECA, así como miembro del comité de evaluación de RSU del mismo organismo, forma parte del Comité Editorial de la UNACAR. [myma.lopezn@gmail.com](mailto:myma.lopezn@gmail.com) (autor corresponsal)

El **Dr. Alonso Contreras Ávila** es profesor de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche; miembro del Cuerpo Académico Innovación en las Organizaciones; [acontreras@pampano.unacar.mx](mailto:acontreras@pampano.unacar.mx)

La **M.A. Antonia Margarita Carrillo Marín** es profesora de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, miembro del Cuerpo Académico Innovación en las organizaciones. [acarrillo@pampano.unacar.mx](mailto:acarrillo@pampano.unacar.mx)

La **M. F. Lorena Zalthen Hernández** es profesora de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas de la Universidad Autónoma del Carmen, Campeche; miembro del Cuerpo Académico Innovación en las Organizaciones; [zalthen@gmail.com](mailto:zalthen@gmail.com)

# La Psicología Aplicada en una Propuesta de Estimulación Temprana para el Desarrollo de la Autonomía en Niños de 3 a 4 Años de Edad

Dra. Elizabeth López Saucedo<sup>1</sup>, Dra. Cristina Salcido Rodríguez<sup>2</sup>, Lic. Yahayra Gurrola Sánchez<sup>3</sup>

**Resumen**— La presente investigación tiene como objetivo principal dar a conocer la importancia de fomentar la autonomía en el niño debido a que ésta le ayudará a que sea más seguro de sí mismo y seguro con el entorno que le rodea. La autonomía es importante para que aprenda a tomar decisiones eficaces, iniciativas propias, establecer disciplina y responsabilidad. La estimulación temprana desde el nacimiento será una base para desarrollar la autonomía, pues prepara al niño para su desenvolvimiento tanto físico como emocional y lo prepara para su independencia. El desarrollo de la autonomía desde temprana edad, favorecerá en los niños la capacidad de concentración, aumentará su autoestima debido a que adquieren seguridad para ser autosuficientes, desarrollan responsabilidades, disciplina, afrontan las dificultades que se presenten, confrontan las equivocaciones con actitud positiva y están dispuestos a aprender de sus errores.

**Palabras clave**— Psicología aplicada, estimulación temprana, desarrollo, autonomía

## Introducción

En la presente investigación se pretende plantear un programa de estimulación temprana como una alternativa para desarrollar la autonomía del niño, debido a que la estimulación temprana permite mejorar el desarrollo de las capacidades intelectuales, afectivas, sociales, motrices y del lenguaje, provocando en los niños el interés en el aprendizaje a través del juego libre, preparándolos para un mejor futuro.

El trabajo se divide en tres capítulos, en el primero se mencionan algunas de las principales teorías del desarrollo infantil, es imprescindible conocerlas para saber cómo opera el niño desde que es pequeño, y cuál es el transcurso de su progreso hacia la adultez, debido a que si se tiene conciencia sobre estas teorías ayudará a tener las herramientas necesarias para llevar a cabo un proceso de desarrollo más adecuado. Los autores de estas teorías son Piaget, Freud, Vygotsky, Bandura y Erickson.

En el segundo capítulo se describe el tema de la estimulación temprana, las neurociencias en la estimulación temprana, la importancia que tiene implementarse, los beneficios que produce el llevarla a cabo, y las cuatro principales áreas a estimular: la motricidad fina y gruesa, asimismo el área cognitiva, la del lenguaje y la socio-emocional. Finalmente, en el tercer y último capítulo, se presenta una propuesta de intervención con siete sesiones, diseñadas para niños de tres a cuatro años, que pueden realizar padres de familia y encargados del cuidado de niños. Se pueden establecer por semana de acuerdo a los tiempos que cada quien considere. Las actividades abarcan las cuatro áreas a estimular mencionadas anteriormente, estas actividades desarrollarán y fortalecerán la autonomía en el menor.

## Descripción del Método

El método de ésta investigación es de tipo descriptivo con enfoque cualitativo debido a que se exploran y se describen los temas abordados con el fin de conocerlos, analizarlos y entenderlos con más a profundidad, esto permite observar las características y factores de la investigación. El objetivo de ésta investigación es desarrollar la autonomía del niño por medio de una propuesta de estimulación temprana, con la finalidad de fomentar la responsabilidad, disciplina y el desarrollo sano tanto físico como emocional.

### Contextualización del problema

Desde que nacen, los niños son seres que dependen de un adulto en todos los aspectos, desde comer hasta vestirse, es importante que tengan un cuidado esencial, asimismo es de gran importancia enseñarles a que ellos dependan de sí mismos conforme van creciendo para que logren responsabilizarse y realizar actos con seguridad y sensatez, esto se puede realizar con actividades de estimulación desde temprana edad y con labores a realizar de acuerdo a su edad y desarrollo. La autonomía solo puede desarrollarse o reforzarse enseñándole a la otra persona a que

<sup>1</sup> La Dra. Elizabeth López Saucedo es Docente-investigador en la Unidad Académica de Psicología de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas. [lizachew78@gmail.com](mailto:lizachew78@gmail.com)

<sup>2</sup> La Dra. Cristina Salcido Rodríguez es Docente-investigador en la Unidad Académica de Psicología de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas. [salcido\\_sarc78@yahoo.com](mailto:salcido_sarc78@yahoo.com)

<sup>3</sup> La Lic. Yahayra Gurrola Sánchez egresada de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas. [ha.ppybunny@hotmail.com](mailto:ha.ppybunny@hotmail.com)



puede hacer las cosas por sí sola, motivándola y premiando sus logros ya sea con palabras de ánimo, aplausos o un abrazo como recompensa de su esfuerzo, entrega y dedicación. Es necesario educar con disciplina, valores y con el ejemplo, para que así los niños logren identificar y reconocer sus conductas sin caer en provocaciones.

Es importante brindarles seguridad, cuidado, estabilidad, atención y amor, además instruirlos como una referencia o ejemplo a seguir, pues así aprenderán cómo comportarse frente a otros. Para estimular esta área se realizarán actividades que permitan satisfacer su iniciativa, su curiosidad y su necesidad de obtener un mayor grado de autonomía en lo que refiere a los hábitos de independencia personal. Los valores, el afecto y las reglas que le asignará la familia al infante, le permitirán poco a poco dominar su conducta, expresar sus sentimientos y ser una persona segura de sí misma y autónoma (Garza, 2014).

Si las personas ven consecuencias deseables y positivas en la conducta observada, es más probable que la imiten, lo tomen como modelo y esa conducta sea adoptada (Guerri, 2017).

Los niños no siempre son consistentes en su empleo, pero el modelo general es que un niño que ha dominado una tarea será capaz de dominar otras de una dificultad comparable. La teoría predice que una vez que los niños han dominado las operaciones concretas, preferirán resolver tareas usando ese nivel más alto y no retrocederán a un razonamiento preoperatorio (Hersh, Reimer, Paolitto, 2002).

La estimulación temprana desarrolla el control emocional del niño, le proporciona una sensación de goce, alegría y motivación, le brinda tranquilidad, aumenta su habilidad mental y su capacidad de aprendizaje, estimula su creatividad, curiosidad, imaginación y exploración, lo incentiva a cumplir retos que van de acuerdo a su edad desarrollando en él sentimientos de independencia y seguridad que lo ayudarán a su fortalecimiento personal (López & González, 2005).

Se deben establecer entornos retadores, tales como impulsar las oportunidades de aprendizaje, las interacciones sociales y las actividades físicas, que son clave para aumentar el crecimiento de conexiones neuronales múltiples (Morales, 2011).

Los niños utilizan el lenguaje no solamente para comunicarse con otros, sino para organizar, planear y guiar su propio comportamiento. El niño combina su forma de pensar con el lenguaje que aprende del adulto (Rafael, 2008).

El contacto físico, como las caricias, son formas de estímulo temprano, fundamentales para la maduración de los bebés. Las caricias les permiten comenzar a reconocer su cuerpo y tomar conciencia de sus límites y, a la vez, fortalece el vínculo afectivo con los padres (Sumbland, 2005).

## Comentarios Finales

### *Conclusiones*

Las teorías sobre el desarrollo infantil, aportan diferentes conocimientos para comprender las diversas etapas de crecimiento por las que atraviesa el pequeño, asimismo, ayudan a reconocer los procesos y dificultades a los que hay que enfrentarse, para de este modo saber cuáles son los factores que más influyen para que se desenvuelva mejor en diversos entornos, esto convendrá para definir la personalidad y actitudes.

El desarrollo implica crecimiento, y se crece tanto en el aspecto físico, como en el cognitivo y social, la genética y el ambiente en el cual se vive, son factores que intervienen en el desarrollo constante del individuo, los cuidados y atenciones que se reciben en la infancia por parte de padres, maestros, cuidadores o las personas con las cuales convive diariamente el individuo, serán los cimientos para un correcto desarrollo físico, emocional y cognitivo. El desarrollo nunca se acaba, y no es solo de naturaleza maduracional, sino que depende del aprendizaje y de la naturaleza de las interrelaciones que se mantienen con el círculo familiar y social (Abarca, 2007).

El medio ambiente influye en el desarrollo del ser humano desde temprana edad, por lo que una mayor interacción con la sociedad permitirá un mayor perfeccionamiento de los procesos mentales, esto debido a que se adquieren diferentes formas de desenvolvimiento y aprendizaje conforme se va interactuando con distintas personas. Cuando un niño es estimulado desde temprana edad es más susceptible, asimila cada uno de los estímulos y los va perfeccionando al tiempo que va creciendo, asimismo el niño obtiene conocimientos mediante procesos donde existe interacción social, esto posibilitará que el niño cree su propia forma de pensar y de comportarse socialmente, es por ello que la relación del niño con su ambiente cercano deberá ser asertiva para que el desarrollo del niño sea favorable. La relación con el medio ayuda a desarrollar las capacidades personales, es por ello que es importante la estimulación temprana, porque le permite al niño adquirir experiencias que serán fundamentales y básicas para lograr una adaptación a posteriores oportunidades de aprendizaje (Garza, 2014).

Cuando la neurociencia y la educación se aproximan, una de las grandes metas a ser alcanzadas es conocer de manera más amplia la relación cerebro-aprendizaje de tal forma que permita a un educador saber cómo es el cerebro, cómo aprende, cómo procesa, registra, conserva y evoca una información (Campos, 2014).

La neurociencia estudia la estructura, función y desarrollo del sistema nervioso, lo que incluye por supuesto el cerebro humano, asimismo, se ocupa de conocer cómo funciona el cerebro, de este manera puede dar respuestas a temas como la memoria, la emoción, la conducta de cada persona, el pensamiento, los sentimientos, las capacidades intelectuales y creativas, el aprendizaje, la estimulación temprana y la educación de los niños (Ferrés, 2016).

Los niños como aprendices en formación continua, si bien son influenciados por la conducta del resto, también es importante saber que los procesos psicológicos juegan un papel importante en la conducta del infante, por ello es necesario crear en los niños hábitos claros desde que son pequeños, pues son seres que se adaptan y que permiten ser guiados por las personas a quienes aman y con quienes sienten que los aman.

Aprovechar al máximo las capacidades mentales y físicas de un bebé o de un niño dependerá del trabajo que se le brinde en su estimulación temprana, realizando actividades adecuadas con objetivos específicos para facilitar su óptimo desarrollo, la intención es que a través de estas actividades estimulantes el bebé o el niño vayan desarrollando su propia autonomía.

Las actividades en donde se exprese y se favorezca la responsabilidad, la empatía, el orden, la cooperación, el respeto y la solidaridad en los niños, influirán en el desarrollo y fortalecimiento de la autonomía y los preparará para enfrentar retos que se presenten en un futuro. Es necesario también que estas actividades sean llevadas a cabo con toda la disposición del niño, sin que se sienta obligado a realizarlas, para ello hay que motivarlo siempre con cariño, paciencia, amor y respeto en cada una de las actividades.

Ayudar en el desarrollo de la autonomía de los niños es una tarea relativamente fácil, pues se trata de darles la oportunidad de que tomen sus propias decisiones y que asuman sus propias responsabilidades, todo esto siempre adaptándolo a su edad y a su desarrollo. Para ayudar en el desarrollo de la autonomía es necesario que el niño se sienta capaz de explorar su ambiente de manera libre, siempre dentro de límites de seguridad establecidos por los padres o encargados del niño, para incrementar su autonomía se les debe permitir explorar en un ambiente que esté libre de peligro.

La estimulación temprana brinda las herramientas para el desarrollo del niño en las áreas motriz, del lenguaje, cognitiva y social, cada una de estas áreas favorece la autonomía para que los niños aprendan a manejarse por sí solos, para que puedan resolver problemas más adelante sin la supervisión o la ayuda de un adulto. Es necesario mencionarle al niño que puede cometer errores para lograr aprender de cada uno de ellos, y que educarlo con normas y límites claros fomentará su autonomía.

Al desarrollar la autonomía se adquiere seguridad en sí mismo y la capacidad para hacer las cosas uno mismo, para lograr vencer los miedos e inseguridades y así conseguir tomar decisiones por sí solo, también se beneficia la capacidad de esfuerzo y de concentración en el niño al momento de darle responsabilidades, pues les ayuda a reflexionar sobre lo que le acontece.

Para favorecer la autonomía en el niño, es necesario que los padres le demuestren la importancia del esfuerzo y la constancia para que aprenda a valorar y agradecer lo que recibe, también es importante transmitir confianza en los niños, mostrándoles seguridad ante sus posibilidades, que el niño note que sus padres creen en él para que él crea que lo puede conseguir, establecer pequeños retos y objetivos de acuerdo a su edad e ir aumentando el nivel de dificultad para que sean cada vez más autónomos, es indispensable de igual forma aprender a diferenciar entre las necesidades y los deseos o caprichos del niño, de esta manera se obtendrá como resultado niños responsables, disciplinados que mantengan constancia y luchen por conseguir sus objetivos.

### *Recomendaciones*

Los investigadores interesados en continuar con nuestra investigación podrían concentrarse en realizar distintas actividades de estimulación temprana que logren ofrecer a los niños, herramientas para desarrollar su autonomía, pues lo que se busca reforzar en el niño es que logre una independencia de acuerdo a la edad en la que se encuentre, aplicando actividades que pueda imitar y que causen en él motivación, confianza en sí mismo, la convicción de independizarse y el deseo de querer hacer las cosas por sí solo. Para desarrollar un programa en estimulación temprana deben tomarse en cuenta las capacidades, necesidades, la etapa de desarrollo en la cual se encuentra y el entorno familiar en el cual el niño habita, ubicando los objetivos que se desean trabajar para lograr una adecuada intervención e ir evaluando el proceso, también es importante tomar en cuenta que es esencial establecer prioridad en cada una de las áreas. A continuación se mencionan algunos objetivos encaminados a la autonomía del niño, que se pueden implementar en cada una de las áreas de estimulación temprana:

Los objetivos en el área motriz son que el niño logre equilibrio en sus movimientos apoyándolo y dándole seguridad, crear o fortalecer la confianza en su motricidad gruesa, enseñarlo a desarrollar su motricidad fina con ejemplos mostrándole cómo se hace para que él pueda imitar y repetir las acciones observadas, fomentar la concentración y la coordinación en sus movimientos pidiéndole que actúe con tranquilidad y que observe detenidamente cada uno de los movimientos que realiza, promover el orden y la exploración proporcionándole

indicaciones al niño de cómo hacerlo y explicarle los beneficios, por ejemplo, que eso le ayudara a ser más ordenado y a que no tenga dificultades cuando quiera encontrar algo, perfeccionar su coordinación viso-motriz pidiéndole que observe fijamente cuando realice una acción ya sea con sus manos o con sus pies, por ejemplo si va a patear una pelota, pedirle que preste atención a su pie y el movimiento que hace al golpear la pelota. .

El bebé debe aprender a responder por medio de la actividad motora a los diversos estímulos que se le presentan y se relaciona con el mundo a través de los sentidos y de la acción; al término de esta etapa será capaz de representar la realidad mentalmente (Castilla, 2013).

Los objetivos en el área del lenguaje son que el niño amplíe su lenguaje expresivo con preguntas sencillas como qué le gusta hacer, qué le apasiona, cuáles son sus actividades, juegos o cosas favoritas, asimismo aumentar su seguridad al momento de expresarse respondiéndole de manera respetuosa, clara y sencilla sus dudas e inquietudes, motivarlo a que exprese y describa sus estados de ánimo preguntándole regularmente cómo se siente y pidiéndole que describa sus sentimientos, enseñarle a mantener conversaciones para que desarrolle su memoria a corto plazo pidiéndole que platique sobre alguna experiencia, o que cuente escenas que recuerde de alguna película, estimularlo para que se exprese de manera adecuada, por ejemplo cuando pida algo explicarle que es necesario que mencione la frase completa sobre lo que quiere, para que pueda expresar su necesidad y los demás puedan entenderlo, de lo contrario si no se expresa de manera correcta nadie lo entenderá y no podrán atender su necesidad, enseñarle el uso del plural pidiéndole que clasifique objetos que son plural (muchos o repetidos) y los que no lo son (que solo es uno), aumentar su repertorio de palabras elaborando una lista con palabras que el niño pronuncia mal y palabras nuevas para él, pedirle que cada día elija una palabra y pronunciarla para él de manera correcta y despacio para que él la repita.

La capacidad comprensiva se desarrolla desde que el niño nace, pues desde pequeño logra identificar ciertas palabras, por esta razón es importante hablarle constantemente, relacionándolo con cada objeto que manipule o actividad que realice dándole el nombre correcto de las cosas, sin usar diminutivos para referirse a personas, objetos o animales; de esta manera el niño reconocerá los sonidos o palabras que escuche asociándolos y dándoles un significado para luego imitarlos (Velásquez, 2016).

Los objetivos en el área social son que el niño aprenda a mantener hábitos mostrándole el ejemplo, asimismo desarrollar su autonomía proporcionándole pequeñas tareas relacionadas con hábitos de higiene por ejemplo lavarse los dientes, motivarlo a que tome decisiones por sí solo por ejemplo permitiendo que él solo elija su ropa, algún libro que le guste, un juego o actividad que desee realizar, enseñarlo a que ayude en las tareas del hogar compartiendo rutinas con él, por ejemplo que ayude a regar las plantas, poner la mesa, ordenar su ropa, sus juguetes, etc., actividades que vayan de acuerdo a su edad, estimularlo para que desarrolle habilidades sociales y actitudes de interacción, por ejemplo cuando el niño se enfrente a situaciones de manera no adecuada mostrarle formas más asertivas de resolver la situación, enseñarlo a reconocer sus emociones en diferentes situaciones, por ejemplo cuando llore preguntarle si está triste y pedirle que exprese la emoción que siente en el momento, estimular su capacidad para que desarrolle una secuencia de acciones, por ejemplo esconder un juguete y pedirle que vaya a buscarlo, después pedirle a él que lo esconda.

Los objetivos en el área cognitiva son que el niño asimile las diferencias de colores, tamaños y peso mostrándole diferentes objetos y pedirle que los ordene por color, tamaño o peso, desarrollar su capacidad para que aprenda a tomar decisiones por sí solo ofreciéndole opciones para que decida entre varias, por ejemplo algún postre o película, pedirle que comparta su opinión sobre como planificar alguna fiesta, paseo o compra de mandado, o también planteándole problemáticas sencillas para que dé su punto de vista sobre qué haría él, estimularlo para que se reconozca a sí mismo preguntándole como se percibe en el espejo y qué es lo que más le gusta de su aspecto, enseñarle a distinguir la noción de dirección y la comprensión de los conceptos de distancia.

El desarrollo cognitivo es un área del desarrollo humano que se refiere a todo aquello que se relaciona con el conocimiento de la persona, es una recolección de la información que se obtiene a través del aprendizaje y de la experiencia, es aquí donde se analizan los procedimientos que tienen que ver con la mente del individuo, involucra un proceso por el cual el niño obtiene conocimientos acerca de sí mismo, de los demás y del entorno en el que vive, incluyendo el estilo que utiliza para aprender (Velásquez, 2016).

No existe un tiempo determinado para lograr un objetivo, es importante tener paciencia, pues cada niño tiene su propio ritmo de desarrollo. La finalidad es ofrecerle al niño actividades que esté capacitado para superar, para así lograr elevar su autoestima demostrándole que él puede realizar actividades por sí solo y puede ser independiente. No es posible trabajar los mismos ejercicios con bebés que con niños de seis años, porque cada cual presentara diferentes capacidades y habilidades de acuerdo a su etapa (Garza, 2014).

## Referencias

- Abarca, M. S., (2007). Psicología del niño en edad escolar. Costa Rica: editorial universidad estatal a distancia EUNED.  
Campos, A. (2014). Los aportes de la neurociencia a la atención y educación de la primera infancia. Perú: Cerebrum.

- Castilla, P. M. (2013). La teoría del desarrollo cognitivo de Piaget aplicada en la clase de primaria. Recuperado el 26 de junio de 2019 de: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/5844/TFG-B.531.pdf?sequence=1>
- Ferrés, N. (2016). Sobre la neurociencia y la estimulación temprana. Recuperado el 09 de diciembre de 2019 de: [estimulaciontemprana.co/neurociencia/](http://estimulaciontemprana.co/neurociencia/)
- Garza, M. J. (2014). El impacto de la estimulación temprana en la primera infancia: estudio comparativo entre ambiente escolarizado y ambiente hogar. Recuperado el 28 de junio de 2019 de: [http://bibsvr.udem.edu.mx:8080/e-books/tesis/000044895\\_MED.pdf](http://bibsvr.udem.edu.mx:8080/e-books/tesis/000044895_MED.pdf)
- Guerri, M. (2017). La teoría del aprendizaje social de Bandura. Recuperado el 29 de junio de 2019 de: <https://www.psicoactiva.com/blog/la-teoria-del-aprendizaje-social-bandura/>
- Hersh, R., Reimer, J., & Paolitto, D., (2002). El crecimiento moral de Piaget a Kohlberg. Madrid: narcea.
- López, B. M., & González, M. M., (2005). Inteligencia emocional pasos para elevar el potencial infantil. Colombia: ediciones gamma.
- Morales, R. N. (2011). Neurociencia y estimulación temprana. Recuperado el 09 de diciembre de 2019 de: <https://es.slideshare.net/Nereida19/neurociencia-y-estimulacin-temprana>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (2007). Psicología del niño. Madrid: Ediciones Morata.
- Rafael, A. (2008). Desarrollo Cognitivo: Las Teorías de Piaget y de Vygotsky. Recuperado el 07 de diciembre de 2019 de: [http://www.paidopsiquiatria.cat/files/teorias\\_desarrollo\\_cognitivo\\_0.pdf](http://www.paidopsiquiatria.cat/files/teorias_desarrollo_cognitivo_0.pdf)
- Sumbland, C. (2005). 50 actividades para estimular a tu bebé. Buenos Aires: Grupo imaginador de ediciones.
- Velásquez, C Y. (2016). Estimulación temprana y desarrollo cognitivo (Estudio realizado con niños de preparatoria de la Escuela Oficial Rural Mixta Cantón las Tapias zona 8 del municipio de Quetzaltenango)". Recuperado el 30 de junio de 2019 de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/05/22/Velasquez-Yeritza.pdf>

# Evaluación de la Afinidad de Películas de Poliestireno Modificadas con Fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> hacia Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en Medio Acuoso

Jorge López Téllez<sup>1</sup>, Dr. Israel Samuel Ibarra Ortega<sup>2</sup>, Dr. José Antonio Rodríguez Ávila<sup>3</sup>

**Resumen**— Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son contaminantes que poseen propiedades mutagénicas y cancerígenas. Se encuentran en bajas concentraciones por lo que se requieren de técnicas de extracción que permitan la separación cuantitativa de estos compuestos a niveles traza o ultratrazo. Por lo tanto, se requieren de adsorbentes con afinidad hacia estos compuestos. Este trabajo evaluó la afinidad de películas de poliestireno modificadas con fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> hacia 12 hidrocarburos aromáticos policíclicos en medio acuoso. La determinación de las constantes de afinidad mediante isotermas de absorción muestran aumento en las afinidades de las películas modificadas respecto a la película sin modificar, obteniendo adsorbentes capaces de retener y extraer estos contaminantes en muestras acuosas lo que permitiría su uso como extractante en fase sólida.

**Palabras clave**— Hidrocarburos aromáticos policíclicos, Películas, Fullerenos, Afinidad, HPLC-FLD.

## Introducción

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son un grupo de compuestos que contienen dos o más anillos aromáticos fusionados (Barro et al. 2009). Son contaminantes resultado de procesos industriales, combustión de productos derivados del petróleo, incineración de desechos y, de manera natural mediante incendios forestales y el petróleo crudo (EPA 2008). Los HAPs tienen propiedades hidrófobas que les permite estar presentes en el ambiente (Ishizaki et al. 2010), alimentos (Soceanu et al. 2016) y agua en bajas concentraciones (Pogorzelec y Piekarska 2018). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y la Unión Europea han determinado que son contaminantes de interés prioritario (Santos et al. 2019), debido a que poseen una alta capacidad mutagénica, genotóxica y cancerígena, además, mientras más alto sea el peso molecular, son más estables, perjudiciales, y tóxicos para el medio ambiente y la salud humana (Ramesh et al. 2004).

Debido a las propiedades dañinas que poseen se deben conocer las fuentes de exposición, además, de tener técnicas que permitan la cuantificación de los HAPs, entre las técnicas utilizadas se encuentran: cromatografía de gases (CG) (Ramesh et al. 2004), cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Ishizaki et al. 2010), métodos espectroscópicos e inmunoensayos (Del Carlo et al. 2008; Wei et al. 2009). Siendo las técnicas cromatográficas las más empleadas debido a su versatilidad, análisis multianálisis y sensibilidad analítica.

Los HAPs se encuentran en bajas concentraciones en muestras acuosas por lo que se requiere de técnicas de extracción que permitan cuantificación de estos compuestos a niveles traza o ultratrazo. Algunas metodologías de extracción son: la extracción líquido-líquido (Krüger et al. 2011), extracción en fase sólida (Stuppner et al. 2020), microextracción en fase sólida (Ishizaki et al. 2010), extracción en fase sólida dispersiva (Mateos et al. 2019) y extracción en fase sólida magnética (Zhou et al. 2018). Estas técnicas de extracción emplean adsorbentes basados en líquidos iónicos, compuestos a base de carbono, polímeros molecularmente impresos, polímeros conductores, estructuras metal-orgánicas y zeolíticas, (Sajid et al. 2020; Seidi et al. 2019).

Los materiales poliméricos han demostrado ser adsorbentes adecuados que pueden ser obtenidos mediante el reciclaje de envases. El poliestireno posee la capacidad de absorción de compuestos aromáticos (Wang et al. 2019) debido a las interacciones  $\pi-\pi$  (Velzeboer et al. 2014). Bajo este concepto se ha propuesto el uso de fullerenos en la separación de compuestos aromáticos mejorando la selectividad de extracción (Speltini et al. 2013). El presente trabajo plantea la incorporación de fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> en películas de poliestireno con la finalidad de evaluar el efecto de la disposición de los grupos aromáticos en la afinidad de HAPs.

<sup>1</sup> Jorge López Téllez es estudiante de la Maestría en Química de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo. [lo319035@uaeh.edu.mx](mailto:lo319035@uaeh.edu.mx)

<sup>2</sup> Dr. Israel Samuel Ibarra Ortega es profesor del Área Académica de Química en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo. [israel\\_ibarra@uaeh.edu.mx](mailto:israel_ibarra@uaeh.edu.mx) (**Autor de Correspondencia**)

<sup>3</sup> Dr. José Antonio Rodríguez Ávila es profesor del Área Académica de Química en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo. [josear@uaeh.edu.mx](mailto:josear@uaeh.edu.mx)

## Descripción del Método

### Reactivos

Se utiliza un estándar EPA 525 PAH Mix B Sigma-Aldrich (Cat. 48249) el cual contiene, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenz(a,h)antraceno, fluoreno, fenantreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, y pireno todos en una concentración de 500 mg L<sup>-1</sup>. El poliestireno utilizado se obtuvo de envases comerciales. Los fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> se obtuvieron por Sigma. El acetonitrilo y ácido acético se obtuvieron por J.T. Baker. La solución de ácido acético se prepara con agua desionizada (sistema Milli-Q, Millipore) con una resistividad no menor a 18.2 MΩ cm. La fase móvil se filtra utilizando una membrana de 0.45 µm.

### Condiciones analíticas de separación

Los análisis se realizan utilizando un equipo de HPLC Agilent 1260 Infinity acoplado a un detector de fluorescencia (FLD). La separación de los HAPs utiliza una columna PAH Supelco (150 x 4.6mm, 5 µm). La fase móvil es ácido acético (AcOH) 1% (v/v): acetonitrilo, utilizando el programa de elución en gradiente que se indica en la Tabla 1, el flujo empleado se mantiene constante en 1.8 mL min<sup>-1</sup>. El volumen de inyección de la muestra es de 20 µL mediante un bucle de inyección. Las longitudes de onda de excitación y emisión se ajustan con base a lo descrito por Huang y colaboradores (2013). La cuantificación de los HAPs se realiza mediante interpolación en la línea de calibrado en el intervalo de 14 a 900 ng mL<sup>-1</sup>.

Tabla 1. Programa del gradiente de la fase móvil HPLC-FLD.

Tiempo (min)	AcOH 1%	Acetonitrilo
0	30	70
4	30	70
11	0	100
17	0	100
20	30	70
22	30	70

### Preparación de las películas

Las películas modificadas se preparan variando la cantidad de fullereno C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> (5.0, 7.5 y 10.0 mg). Los fullerenos se disuelven en 3.0 mL de tolueno en un baño de ultrasonido, una vez disuelto se agrega 0.45 g de poliestireno. Cuando ambos componentes se encontraron disueltos, la solución se vierte sobre un cristal y se raze con una rizador de 10 mil, el solvente se evapora a temperatura ambiente y las películas se almacenan hasta su uso. La película de poliestireno se prepara siguiendo el procedimiento descrito anteriormente sin la adición de fullerenos.

### Determinación de afinidad

La determinación de la afinidad se lleva a cabo agregando una película de 3.0 cm<sup>2</sup> (6 mg) en un recipiente de vidrio que contiene 1.0 mL de solución estándar de HAPs en concentración de 50-250 ng mL<sup>-1</sup>. La mezcla se agita durante 1 h a temperatura ambiente y luego el sobrenadante se separa y se analiza mediante HPLC-FLD. La cantidad de HAPs unida a la película se determina mediante diferencia.

## Resultados

En las condiciones óptimas de separación se obtiene el cromatograma que se observa en la Figura 1 para los 12 HAPs analizados en una concentración de 50 ng mL<sup>-1</sup>. Se construyó la curva de calibración para los 12 HAPs donde se obtuvieron los siguientes parámetros analíticos: intervalo lineal, límites de detección (LOD), límites de cuantificación (LOQ) y los coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) que se presentan en la Tabla 2. Se obtienen LOD y LOQ en intervalos de 0.15-5.17 ng mL<sup>-1</sup> y 0.49-17.24 ng mL<sup>-1</sup>.

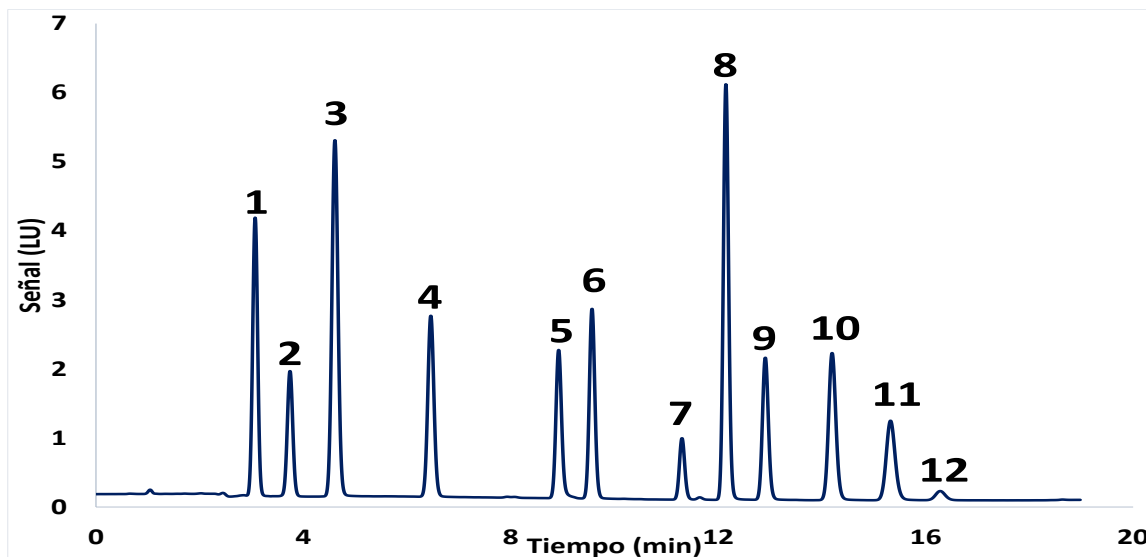


Figura 1. Cromatograma de 12 HAPs con detección de fluorescencia 1: Fluoreno, 2: Fenantreno, 3: Antraceno, 4: Pireno, 5: Benzo (a) antraceno, 6: Criseno, 7: Benzo (b) fluoranteno, 8: Benzo (k) fluoranteno, 9: Benzo (a) pireno, 10: Dibenz (a, h) antraceno, 11: Benzo (g, h, i) perileno, 12: Indeno (1,2,3-cd) pireno todos en una concentración de  $50 \text{ ng mL}^{-1}$

Tabla 2. Parámetros analíticos en el análisis de HAPs.

HAPs	Intervalo lineal ( $\text{ng mL}^{-1}$ )	LOD ( $\text{ng mL}^{-1}$ )	LOQ ( $\text{ng mL}^{-1}$ )	R <sup>2</sup>
Fluoreno	4.13-909	1.24	4.14	0.999
Fenantreno	17.24-909	5.17	17.24	0.983
Antraceno	9.60-909	2.88	9.61	0.999
Pireno	6.27-909	1.88	6.27	0.999
Benzo (a) antraceno	5.98-909	1.80	5.99	0.998
Criseno	7.14-909	2.14	7.14	0.998
Benzo (b) fluoranteno	2.52-909	0.76	2.53	0.998
Benzo (k) fluoranteno	17.2-454	5.16	17.22	0.995
Benzo (a) pireno	5.32-909	1.60	5.33	0.998
Dibenz (a, h) antraceno	5.34-909	1.60	5.34	0.999
Benzo (g, h, i) perileno	3.15-909	0.95	3.16	0.998
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0.48-909	0.15	0.49	0.995

La afinidad de las películas modificadas y sin modificar hacia los HAPs se determinó mediante isotermas de adsorción y el análisis Scatchard de las isotermas (Davenport 2005) de cada HAP. La Figura 2 muestra el comportamiento de la isoterma de benzo[a] antraceno, benzo (g,h,i) perileno e indeno (1,2,3-cd) con las películas C<sub>70</sub>-5mg, C<sub>60</sub> 5mg y poliestireno respectivamente. Las isotermas muestra un aumento de la retención en el equilibrio de unión respecto al aumento de la concentración del analito en solución.

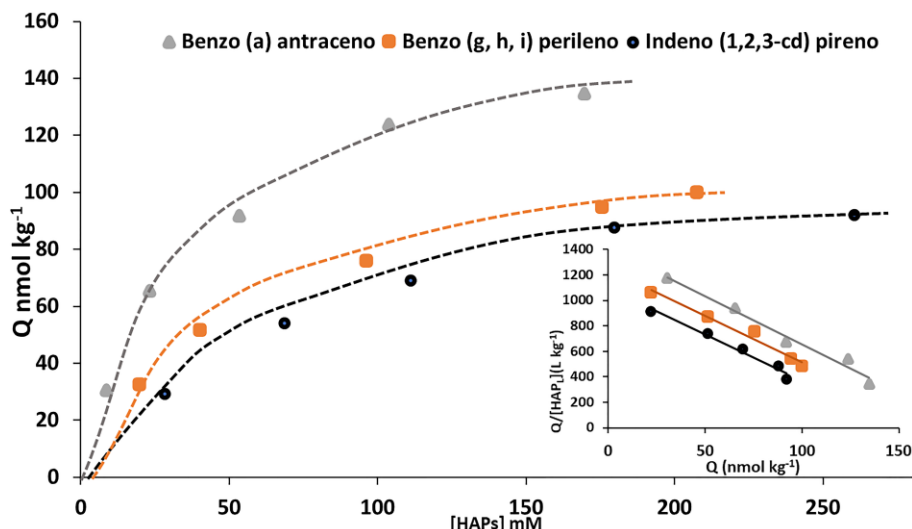


Figura 2. Isotherma de adsorción y análisis Scatchard de la unión de Benzo[a] antraceno a la película de fullereno C<sub>70</sub>-5 mg, Benzo (g,h,i)perileno a la película de fullereno C<sub>60</sub>-5 mg, e Indeno (1,2,3-cd ) pireno a la película de poliestireno.

El análisis de Scatchard evalúa la cantidad de HAPs que unen a la película en el equilibrio, este valor se obtiene restando la concentración libre en la solución de la concentración inicial. El grafico de Scatchard se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{Q}{[HAP_s]} = \frac{(Q_{max} - Q)}{K_d}$$

Donde Q es la cantidad de cada HAP que se une a la película en equilibrio, [HAP<sub>s</sub>] es la concentración de HAPs libre en equilibrio, K<sub>d</sub> es la constante de disociación que representa la afinidad de la película hacia los HAPs y Q<sub>max</sub> es la cantidad máxima de unión. El K<sub>d</sub> se estima a partir de la pendiente de la gráfica lineal de Q vs Q/[HAP<sub>s</sub>].

La Figura 3 muestra la comparación de log K<sub>d</sub> de cada HAP que se obtiene de cada película. Las películas modificadas con fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> mejoran la afinidad ya que presenta una mayor retención de los HAPs que corresponde con valores menores del log K<sub>d</sub>, las películas C<sub>60</sub>-10 mg y C<sub>70</sub>-10 mg presentan valores que corresponden a un grado elevado de interacción con los HAPs lo que resulta en una fuerte retención mientras que las películas de poliestireno C<sub>60</sub>-5 mg y C<sub>70</sub>-5mg corresponden a valores moderados (Davenport 2005). La película C<sub>70</sub>-10 mg presenta la mayor afinidad con casi todos los analitos.

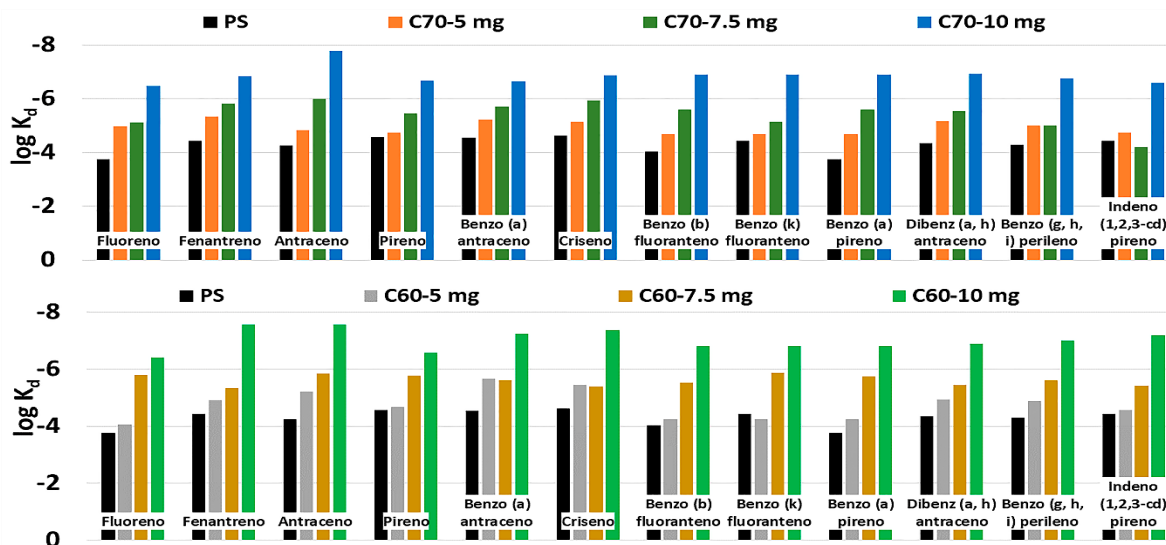


Figura 3. Comparación del log K<sub>d</sub> de los HAPs con cada película.



En Figura 4. Se observan las superficies de las películas C<sub>60</sub>-5 mg, poliestireno y C<sub>70</sub>-5mg obtenidas mediante un microscopio óptico con un aumento de 10x. Las películas modificadas con fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> muestra la formación de agrupamientos de los fullerenos en la superficie, siendo estos agrupamientos los posibles puntos de interacción y unión con los HAPs lo cual permite el aumento de la afinidad y la mejora de la retención de los analitos.

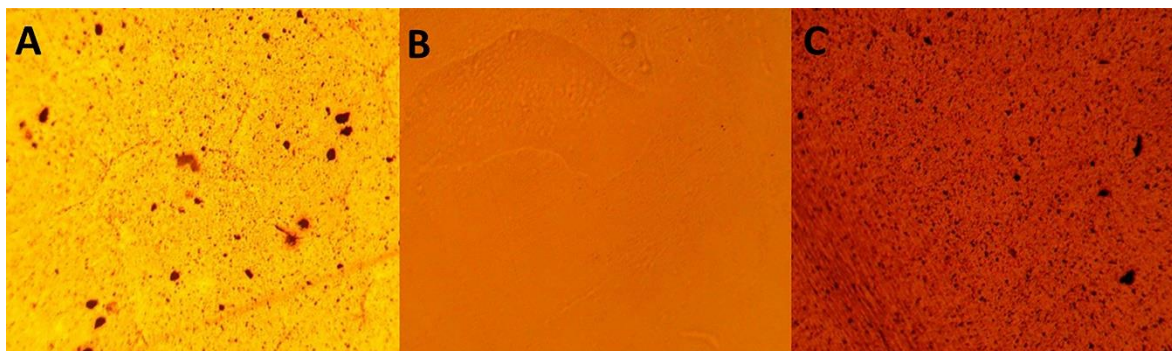


Figura 4. Superficie de A) C<sub>60</sub>-5 mg B) Poliestireno C) C<sub>70</sub>-5mg obtenidas de un microscopio a un aumento de 10x

### Comentarios Finales

#### Conclusiones

La preparación de las películas de poliestireno modificadas es una técnica simple, rápida y permite el uso de pequeñas cantidades de adsorbente lográndose una disminución en el consumo de reactivos, además, de que contribuye en el uso de materiales reciclados. Las películas modificadas con fullerenos C<sub>60</sub> y C<sub>70</sub> muestran un aumento en la afinidad hacia los 12 HAPs evaluados, lo que se traduce en una mayor retención y que permitiría su evaluación como agente extractante en fase sólida.

#### Referencias

- Barro, R., Regueiro, J., Llompart, M., y Garcia-Jares, C. Analysis of industrial contaminants in indoor air: Part 1. Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls. *Journal of Chromatography A*, Vol. 1216, 2009.
- Davenport, A. P. (Ed.) Receptor binding techniques *Springer Science & Business Media*. Vol. 306, 2005.
- Del Carlo, M., Di Marcello, M., Perugini, M., Ponzilli, V., Sergi, M., Mascini, M., y Compagnone, D. Electrochemical DNA biosensor for polycyclic aromatic hydrocarbon detection. *Microchimica* Vol. 163, 2008.
- EPA. United States Environmental Protection Agency, (2008). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Washington, DC, United States, consultada por Internet el 10 de agosto del 2020. Dirección de internet: <https://archive.epa.gov/epawaste/hazard/wastemin/web/pdf/pahs.pdf>
- Huang, Y., Wei, J., Song, J., Chen, M., y Luo, Y. Determination of low levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil by high performance liquid chromatography with tandem fluorescence and diode-array detectors. *Chemosphere*, Vol. 92, 2013.
- Ishizaki, A., Saito, K., Hanioka, N., Narimatsu, S., y Kataoka, H. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in food samples by automated on-line in-tube solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography-fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, Vol. 1217, 2010.
- Krüger, O., Christoph, G., Kalbe, U., y Berger, W. Comparison of stir bar sorptive extraction (SBSE) and liquid-liquid extraction (LLE) for the analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in complex aqueous matrices. *Talanta*, Vol. 85, 2011.
- Mateos, R., Vera-López, S., Saz, M., Díez-Pascual, A. M., y San Andrés, M. P. Graphene/sepiolite mixtures as dispersive solid-phase extraction sorbents for the analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in wastewater using surfactant aqueous solutions for desorption. *Journal of Chromatography A*, Vol. 1596, 2019.
- Pogorzelec, M., y Piekarska, K. Application of semipermeable membrane devices for long-term monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons at various stages of drinking water treatment. *Science of the Total Environment*, Vol. 631, 2018.
- Ramesh, A., Walker, S. A., Hood, D. B., Guillén, M. D., Schneider, K., y Weyand, E. H. Bioavailability and risk assessment of orally ingested polycyclic aromatic hydrocarbons. *International Journal of Toxicology*. Vol. 23, 2004
- Sajid, M., Nazal, M. K., & Ihsanullah, I. Novel materials for dispersive (micro) solid-phase extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in environmental water samples: A review. *Analytica Chimica Acta*, Vol. 1141, 2021.
- Santos, P. M., del Noyal Sánchez, M., Pavón, J. L. P., y Cordero, B. M. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in human biological samples: A critical review. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 113, 2019.

Seidi, S., Tajik, M., Baharfar, M., y Rezazadeh, M. Micro solid-phase extraction (pipette tip and spin column) and thin film solid-phase microextraction: Miniaturized concepts for chromatographic analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, Vol.118, 2019.

Soceanu, A., Dobrinas, S., y Popescu, V. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Romanian Baby Foods and Fruits. *Polycyclic Aromatic Compounds*, Vol. 36, 2016.

Speltini, A., Merli, D., y Profumo, A. Analytical application of carbon nanotubes, fullerenes and nanodiamonds in nanomaterials-based chromatographic stationary phases: a review. *Analytica chimica acta*, Vol. 783, 2013.

Stuppner, S., Hussain, S., Märk, B., Gjerde, D., Rainer, M., Jakschitz, T., y Bonn, G. K. An automated preloaded pipet tip SPE method for the accurate quantification of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons from tea. *Analytical Methods*, 12, 2020.

Velzeboer, I., Kwadijk, C. J. A. F., y Koelmans, A. A. Strong sorption of PCBs to nanoplastics, microplastics, carbon nanotubes, and fullerenes. *Environmental science & technology*, Vol.48, 2014.

Wang, J., Liu, X., Liu, G., Zhang, Z., Wu, H., Cui, B., y Zhang, W. Size effect of polystyrene microplastics on sorption of phenanthrene and nitrobenzene. *Ecotoxicology and environmental safety*, Vol. 173, 2019.

Wei, M. Y., Wen, S. D., Yang, X. Q., y Guo, L. H. Development of redox-labeled electrochemical immunoassay for polycyclic aromatic hydrocarbons with controlled surface modification and catalytic voltammetric detection. *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 24, 2009

Zhou, D. B., Sheng, X., Han, F., Hu, Y. Y., Ding, L., L., Y. L., y Zheng, P. Magnetic solid-phase extraction based on [60] fullerene functionalization of magnetic nanoparticles for the determination of sixteen polycyclic aromatic hydrocarbons in tea samples. *Journal of Chromatography A*, Vol. 1578, 2018.

# Impacto Fiscal para Personas Físicas con Ingresos por Actividades Empresariales: Caso Jóvenes Construyendo el Futuro

María del Rosario López Torres<sup>1</sup>, César Ángel López Torres<sup>2</sup> y Jesús Salvador Montes de Oca López<sup>3</sup>

**Resumen**— El tema de este artículo se obtiene como consecuencia de la aplicación del programa social denominado Jóvenes Construyendo el Futuro, es una investigación descriptiva, no experimental, la cual se desarrolló con enfoque mixto. El propósito fue determinar si existe un beneficio fiscal en materia de acreditamiento del Impuesto al Valor Agregado, para una persona física con ingresos por actividad empresarial; logrando disminuir el impuesto final por pagar del contribuyente, generando una actividad económica en el que fluyan cíclicamente los impuestos sin perjuicio del fisco ni del contribuyente. Los resultados muestran que existe una relación entre la Implementación del programa Jóvenes Construyendo el Futuro y el beneficio fiscal en el Impuesto al Valor Agregado, concluyendo que las personas físicas con ingresos por actividad empresarial que implementan el programa Jóvenes Construyendo el Futuro y reinvierten el dinero destinado a los sueldos y los gastos generados por el hecho de tener empleados, en mercancía, obtienen en promedio 67.84% más de Impuesto al Valor Agregado acreditable, lo cual les genera un beneficio fiscal.

**Palabras clave**— Impuesto al Valor Agregado, programas sociales, beneficio fiscal, Jóvenes Construyendo el Futuro.

## Introducción

En esta investigación denominada “Beneficio fiscal para las personas físicas con ingresos por actividad empresarial al implementar el programa Jóvenes Construyendo el Futuro” se analiza la situación fiscal que genera la implementación de un programa social dentro de una empresa específica; si bien los resultados son favorables de manera fiscal, también lo son, por inercia, en la situación económica de quienes participan en dicho programa: los becarios en capacitación, los centros de trabajo y el Gobierno mismo que apoya a la población; lo cual permite la circulación cíclica del dinero a través de la captación de impuestos derivados de la reasignación de recursos de las empresas por la reinversión del importe de la nómina.

El desempleo en la población joven es un reto social que se debe cubrir de manera prioritaria, no sólo en México, sino en todo el mundo. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, conocida por sus siglas como OCDE, señala que México es uno de los países con mayor proporción de jóvenes que no trabajan, no estudian, ni reciben capacitación; ellos representan el 22% de la población joven, por lo que el país está por encima del promedio de la OCDE que es de 15% (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2019).

Con el fin de cubrir la necesidad de la inclusión laboral y otras insuficiencias de la sociedad, el gobierno, en sus tres niveles que son federal, estatal y municipal, crea iniciativas destinadas a mejorar la calidad de vida de sus habitantes denominadas “programas sociales”, estas ofrecen diferentes servicios como son los de salud, educación y vivienda, entre otros (Astudillo, 2012).

El programa Jóvenes Construyendo el Futuro se creó para brindar oportunidades de capacitación para jóvenes que tengan 18 años cumplidos y hasta 29 años, es regulado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la cual se encarga de promover el desarrollo para el adiestramiento y la capacitación para el trabajo en México. Uno de los requisitos para que los jóvenes puedan capacitarse es que no estudien ni trabajen, creando así la posibilidad de que 2 millones 300 mil jóvenes contribuyan a la inclusión productiva y laboral en México (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2020).

## Descripción del Método

### *Planteamiento del Problema*

Derivado del programa Jóvenes Construyendo el Futuro, las empresas en México que lo implementan, también son beneficiadas de diferentes maneras, la primera de ellas es la posibilidad de recibir becarios en sus empresas y estos, a su vez, capacitarse y brindar apoyo en el trabajo operativo de cada día, otro privilegio es la posibilidad de obtener un beneficio fiscal, en materia del Impuesto al Valor Agregado, al implementar el programa dentro de la empresa misma.

<sup>1</sup> Dra. María del Rosario López Torres es Profesora de Tiempo Completo de la División de Ingenierías en la Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo. maria.lopez@upt.edu.mx

<sup>2</sup> Dr. César Ángel López Torres es Coordinador de la Maestría en Contribuciones Fiscales en la Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo. cesar.lopez@upt.edu.mx.

<sup>3</sup> Mtro. Jesús Salvador Montes de Oca López es Egresado de la Maestría en Contribuciones Fiscales de la Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo. jessmontessdeoca@gmail.com

No sólo en México se cubre este tipo de necesidades (como lo es la inclusión laboral), también en otros países existen programas similares que, como el programa Jóvenes Construyendo el Futuro, promueven la inserción laboral de los jóvenes. Un ejemplo de este tipo de apoyo se brinda en Guatemala, en donde se implementó desde el año 2013 un programa denominado “Beca Primer Empleo”, el cual cuenta con las siguientes características (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2016): Promover la integración al mercado laboral formal de adolescentes y jóvenes comprendidos en las edades de 16 a 25 años del área urbana y rural, en situación de, pobreza extrema y desempleo, a través de la contratación temporal en calidad de aprendices. El programa tiene una duración total de ocho meses y se divide en dos fases: Capacitación de 5 horas semanales por un período máximo de 60 horas, y 2) Pasantía en la empresa asignada.

Al igual que el programa Jóvenes Construyendo el Futuro en México, el de Guatemala, la Beca Primer Empleo, contempla la capacitación a los jóvenes durante un período determinado, para que éstos puedan instruirse en algún oficio con un apoyo económico parcial, a diferencia de México que es total, es decir, el gobierno mexicano cubre por completo la erogación de la beca, mientras que el empleador no tiene que desembolsar dinero para este fin.

La preocupación por la falta de empleo y experiencia de los jóvenes es un tema significativo para más de una nación, incluso se puede decir que es un tema de preocupación mundial, por tal motivo existen diversos órganos reguladores y auxiliares del desarrollo económico y social, como lo son la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); esta última es una de las cinco comisiones regionales de la Organización de las Naciones Unidas, las cuales tienen por objeto promover el desarrollo económico de cada región mediante ciertas medidas creadas por estos organismos, así como fortalecer la relación económica entre los países integrantes (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2016).

En México, los apoyos funcionan diferente, generalmente no se puede formar parte de un programa social si ya se es partícipe de otro. Cabe mencionar que, es indispensable cumplir con ciertos requisitos para poder integrarse a cualquier tipo de programa del gobierno y cada uno de ellos tiene sus propios requerimientos independientes de los demás, por lo que en la mayoría de las ocasiones no son compatibles.

El tema principal de esta investigación es sobre el beneficio que obtiene, o puede obtener, una parte de la sociedad al implementar el programa de inclusión laboral denominado Jóvenes Construyendo el Futuro, específicamente un beneficio en materia fiscal que pudieran obtener algunos contribuyentes, como son las personas físicas con ingresos por actividad empresarial. Una persona física con ingresos por actividad empresarial puede obtener beneficios fiscales a través del Impuesto al Valor Agregado, si al implementar, de manera correcta, el programa Jóvenes Construyendo el Futuro, destinara el beneficio económico que obtendría al no desembolsar su capital en capacitación o nómina e invirtiera ese dinero excedente al acreditar el Impuesto al Valor Agregado que pudiera obtener por realizar una inversión extra en su actividad destinada a expandir sus posibilidades de crecimiento en el negocio, como puede ser la compra de mercancía, adquisición de mobiliario, obtención de herramienta, entre otras; resultando de esto, que el pago del Impuesto al Valor Agregado, disminuya el impuesto final por pagar del contribuyente; es decir, al implementar el programa Jóvenes Construyendo el Futuro, el contribuyente reinvertiría su excedente de capital adquiriendo productos que, a su vez pudieran ser gravados, y audarían a incrementar sus ventas obteniendo utilidades, que repercutirán finalmente y nuevamente en los ingresos del fisco; situación contraria al pago de nómina, ya que éste no ocasiona que el contribuyente pueda obtener excedentes monetarios que permitan realizar reinversión para hacer crecer su actividad empresarial y finalmente, incrementar los ingresos públicos

### *Objetivos*

#### *Objetivo General*

Sintetizar el efecto fiscal en el Impuesto al Valor Agregado de una persona física con ingresos por actividad empresarial, durante doce meses, al implementar el programa Jóvenes Construyendo el Futuro, a través de la comparación del impuesto resultante de adoptar cinco becarios con el de contratar al personal, con el fin de determinar si existe un beneficio fiscal en materia de acreditamiento.

#### *Objetivo Específicos*

- Analizar la Ley del Impuesto al Valor Agregado, a través de la investigación documental, para describir las características del acreditamiento por gastos y compras, así como el cálculo del impuesto de una persona física con ingresos por actividad empresarial.
- Analizar los lineamientos para la operación del programa Jóvenes Construyendo el Futuro, mediante la investigación documental, con el fin de que una persona física con ingresos por actividad empresarial implemente y conserve el programa.
- Calcular el importe del Impuesto al Valor Agregado de una persona física con ingresos por actividad

empresarial, durante doce meses, al contratar cinco personas para llevar a cabo sus actividades y, con base en la misma información, proyectar el efecto en el impuesto si recibiera, en su lugar, a becarios en capacitación del programa Jóvenes Construyendo el Futuro, para identificar el efecto fiscal en materia de acreditamiento.

### *Enfoque y metodología*

El presente trabajo es una investigación de estudio de caso (Martínez, 2011), con el fin de proyectar el efecto fiscal en materia de acreditamiento del Impuesto al Valor Agregado (IVA), con base en la información de sus ingresos, ventas, compras, gastos, utilidad y otra información contable-fiscal para determinar dicho impuesto del contribuyente al Programa Jóvenes Construyendo el Futuro (PJCF) durante 12 meses contados a partir del mes de agosto 2019 y hasta el mes de julio 2020. Se utilizó el enfoque mixto para el cumplimiento de objetivos y la demostración de la hipótesis, que contiene variables que fueron valuadas para determinar su comportamiento y su comprobación.

Se utilizó el método inductivo donde se generarán conclusiones generales de aplicación para otros contribuyentes en igualdad de circunstancias, como aquellos que pertenezcan a otro régimen fiscal (generalización), respecto del beneficio en la acreditación del IVA del PJCF (Munch & Ángeles, 2017); De igual forma, el método analítico-sintético, donde se examinaron, de manera individual, los elementos del IVA, para identificar las características y funcionamiento de su acreditamiento, específicamente para las personas físicas con ingresos por actividad empresarial; del mismo modo, se investigó sobre el PJCF, para identificar los requisitos y obligaciones que debe tener el contribuyente. La información fue sintetizada, es decir, los elementos y características de cada variable, se conjugaron para estudiar los efectos que ambas ocasionan en el estudio de caso y estar en posibilidades de comprobar la hipótesis planteada en esta investigación (Bernal, 2010); así mismo, el método comparativo permitió contrastar el efecto fiscal que ocasiona el acreditamiento del IVA que realiza una persona física con ingresos por actividad empresarial, cuando lleva a cabo erogaciones por gastos y compras con el excedente monetario que se produce si implementara el PJCF; también en el método documental se recopiló, analizó y seleccionó la información necesaria en fuentes documentales para la operación del PJCF, así como de fuentes electrónicas como en el caso de páginas de internet oficiales y confiables (Muñoz, 2011); el método interpretativo dio pauta a la comprobación de la hipótesis y el método histórico el cual indaga sobre los antecedentes del PJCF y sus lineamientos para la operación, de tal forma que se pudiera comprender el sentido de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Respecto del sujeto de estudio, se exploró su operación (en los estados financieros) y se aplicó en ellos el efecto fiscal en el IVA si contara con becarios en capacitación dentro de su operación. Se aplicó el diseño descriptivo, para describir las características del PJCF y evaluar su implementación, a través del estudio de caso. Es un diseño transversal donde los datos se recopilaron en un momento único y los datos obtenidos se aplicaron para un tiempo específico que contempla los meses de agosto del año 2019 a julio del año 2020 (Hernández, Fernández & Baptista, 2014), así mismo es correlacional donde se asociaron las variables independiente y dependiente de la investigación.

Las personas involucradas en esta investigación fueron las personas físicas con ingresos por actividad empresarial ya que, el caso fue elaborado con información de un contribuyente con estas características. De igual manera, participan la Secretaría de Hacienda y Crédito Público que, a través del Servicio de Administración Tributaria, que se encarga de la recaudación de las contribuciones; así mismo, se incluye la Secretaría del Trabajo y Previsión Social como dependencia encargada de promover el desarrollo para la capacitación y adiestramiento en y para el trabajo y a los becarios en capacitación: jóvenes entre 18 y 29 años que actualmente no estudian, no trabajan y que están inscritos en el PJCF (Hernández & Mendoza, 2018).

En este trabajo de investigación se señala la siguiente hipótesis:

$H_{0i}$ : Con implementar el programa Jóvenes Construyendo el Futuro una persona física con ingresos por actividad empresarial, obtendría un beneficio fiscal en materia de acreditamiento del Impuesto al Valor Agregado.

### *Resultados*

El contribuyente utiliza, para su análisis de estados financieros, el método “*porcientos integrales*”. En el cuadro 1, se muestran los gastos gravados con la tasa general de 16% del IVA, representando entre el 3.80% y el 5.08% respecto del total de los ingresos mensuales de la empresa y las compras de mercancía gravadas, con la tasa del 16%, varían entre el 38.85% y el 47.39%. El contribuyente no realizó erogaciones gravadas con la tasa del 0% del IVA, pero existen gastos por los que no se puede acreditar dicho impuesto por estar exentos del mismo, tal es el caso de las cuotas patronales que paga al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) como promedio mensual de 5.18% de los ingresos totales, las aportaciones para el retiro y la vivienda que realiza al Instituto del Fondo Nacional de la

Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) que equivalen en promedio 2.11% mensuales, el Impuesto Sobre Nóminas que representa una media de 0.45% al mes y finalmente los sueldos con un peso de 23.58% en promedio mensual. Estos gastos exentos, en conjunto representan un promedio de 31.33% mensuales respecto de los ingresos totales.

Markethidalgo.com	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	Promedio
Gastos exentos													
IMSS (exento)	4.94%	4.87%	4.80%	4.74%	4.67%	4.61%	4.95%	5.60%	6.45%	5.55%	5.52%	5.50%	5.18%
Infonavit (exento)	1.21%	1.20%	1.18%	1.16%	1.15%	1.13%	2.70%	3.06%	3.52%	3.03%	3.02%	3.00%	2.11%
Impuesto sobre nómina (exento)	0.40%	0.40%	0.39%	0.39%	0.38%	0.38%	0.45%	0.51%	0.59%	0.50%	0.50%	0.50%	0.45%
Sueldos y salarios (exento)	20.21%	19.93%	19.65%	19.37%	28.65%	22.60%	22.51%	25.46%	29.31%	25.22%	25.10%	24.99%	23.58%
Total	26.76%	26.40%	26.02%	25.66%	34.85%	28.72%	30.61%	34.63%	39.87%	34.30%	34.14%	33.99%	31.33%

Cuadro 1. Gastos exentos del contribuyente expresados en porcentaje

Por otro lado, el total de egresos de la empresa representan alrededor del 77.37% de las ventas mensuales, que corresponden a \$ 77,053.01 y representan el total de ingresos. Y en base a dichos datos se aplicó la siguiente fórmula para determinar la utilidad antes de impuestos:

$$Utilidad\ antes\ de\ impuestos = Total\ de\ ingresos - Total\ de\ egresos$$

Las utilidades antes de impuestos, las cuales oscilaron entre el 7.83% (en el mes de abril) y el 30.63% (en el mes de noviembre), determinando un promedio mensual de 22.63%. Las utilidades antes de impuestos varían desde \$ 5,008.30 pesos hasta \$ 24,681.11 entre los meses de agosto del año 2019 y julio del año 2020. Respecto de los egresos, los gastos gravados a la tasa del 16% del IVA es de \$ 3,170.63 en promedio, mientras que las compras gravadas a la misma tasa del impuesto son de \$ 32,184.99 pesos como promedio mensual. En cuanto a lo que corresponde a los gastos exentos del VA, se muestran en el cuadro 2, y estos oscilan entre \$ 20,673.31 pesos y \$ 25,475.87 y se desglosan en: el pago de cuotas al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) con \$ 3,698.40 pesos mensuales en promedio, el pago de cuotas al Instituto Nacional del Fondo para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) es de \$ 1,594.29 pesos mensuales en promedio, también se realizan erogaciones exentas por concepto del Impuesto sobre nómina por \$ 343.50 pesos mensuales en promedio y finalmente los sueldos y salarios con un promedio mensual de \$ 18,078.88 pesos.

Markethidalgo.com	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	Promedio
Gastos exentos													
IMSS (exento)	3,816.15	3,816.15	3,816.15	3,816.15	3,816.15	3,816.15	4,120.65	4,120.65	4,120.65	4,120.65	4,120.65	4,120.65	3,968.40
Infonavit (exento)	937.80	937.80	937.80	937.80	937.80	937.80	2,250.78	2,250.78	2,250.78	2,250.78	2,250.78	2,250.78	1,594.29
Impuesto sobre nómina (exento)	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	375.00	343.50
Sueldos y salarios (exento)	15,607.36	15,607.36	15,607.36	15,607.36	23,411.04	18,729.44	18,729.44	18,729.44	18,729.44	18,729.44	18,729.44	18,729.44	18,078.88
Total	20,673.31	20,673.31	20,673.31	20,673.31	28,476.99	23,795.39	25,475.87	25,475.87	25,475.87	25,475.87	25,475.87	25,475.87	23,985.07

Cuadro 2. Gastos exentos del contribuyente.

En estos gastos, no se paga ni se acredita este impuesto por la erogación de los mismos, y dichos gastos son un factor indispensable y se reclasificarán como compras gravadas a la tasa del 16% del IVA, con el fin de identificar el beneficio fiscal al implementar el programa Jóvenes Construyendo el Futuro en la actividad empresarial del contribuyente. Para elaborar el cálculo correspondiente del IVA a cargo del contribuyente, es necesario tener los valores del impuesto trasladado y el impuesto acreditable. Respecto al Impuesto al Valor Agregado trasladado a los clientes por parte del contribuyente, su cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$IVA\ trasladado = Ventas\ gravadas \times Tasa\ de\ IVA$$

El IVA de trasladado fue de \$12,328.48 pesos mensuales en promedio durante los doce meses del análisis, estos datos se aprecian en el cuadro 3.

Markethidalgo.com	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	Promedio
IVA trasladado:													
Ventas gravadas	77,224.60	78,321.83	79,434.65	80,563.29	81,707.95	82,868.89	83,214.18	73,560.91	63,909.08	74,258.69	74,609.78	74,962.32	77,053.01
Tasa de IVA	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%
Total de IVA trasladado	12,355.94	12,531.49	12,709.54	12,890.13	13,073.27	13,259.02	13,314.27	11,769.75	10,225.45	11,881.39	11,937.56	11,993.97	12,328.48

Cuadro 3. Determinación del IVA trasladado.

Posteriormente, se determinó el Impuesto al Valor Agregado acreditable del contribuyente, siguiendo el cálculo de la siguiente manera:

$$IVA\ acreditable = Base\ gravable \times Tasa\ de\ IVA$$

$$Base\ gravable = Gastos\ gravados + Compras\ gravadas$$

En el cuadro 4, se puede observar el total mensual de la base gravable, la cual se multiplicó por la tasa del Impuesto al Valor Agregado del 16% de acuerdo con la Ley respectiva. El promedio mensual del IVA acreditable del contribuyente fue de \$ 5,656.90. Para el cálculo del IVA a favor del contribuyente, se realizó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$IVA\ a\ cargo\ o\ a\ favor\ del\ contribuyente = IVA\ trasladado - IVA\ acreditable$$

Obteniendo un impuesto a cargo o por pagar de \$ 6,672.00 como promedio mensual; los cálculos del IVA impuesto al Valor Agregado del contribuyente se presentan en el cuadro 4. Cabe mencionar que, para determinar las contribuciones se consideran las fracciones de peso, pero para efectuar el pago de estas el monto se ajusta para que las cantidades que incluyan de 1 hasta 50 centavos se ajusten a la unidad inmediata anterior y las que contengan cantidades de 51 a 99 centavos, se ajustan a la unidad inmediata superior de acuerdo con el artículo 20 del Código Fiscal de la Federación (Congreso de la Unión, 2020b).

Markethidalgo.com	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	Promedio
IVA acreditable:													
Gastos gravados	3,000.00	3,030.00	3,060.30	3,090.90	3,121.81	3,153.03	3,184.56	3,216.41	3,248.57	3,281.06	3,313.87	3,347.01	3,170.63
Compras gravadas	30,000.87	30,690.11	31,395.87	32,117.97	32,856.68	33,612.39	34,385.47	28,985.39	30,176.34	32,813.06	33,659.76	35,525.93	32,184.99
Base gravable	33,000.87	33,720.11	34,456.17	35,208.87	35,978.49	36,765.42	37,570.03	32,201.80	33,424.91	36,094.12	36,973.63	38,872.94	35,355.61
Tasa de IVA	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%
Total IVA acreditable	5,280.14	5,395.22	5,512.99	5,633.42	5,756.56	5,882.47	6,011.20	5,152.29	5,347.99	5,775.06	5,915.78	6,219.67	5,656.90

Cuadro 4. Determinación del IVA acreditable.

### Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, es importante que se sintetice el efecto fiscal en el IVA de una persona física con ingresos por actividad empresarial de doce meses, al implementar el PJCF, a través de la comparación del impuesto resultante de adoptar cinco becarios con el de contratar al personal, con el fin de determinar si existe un beneficio fiscal en materia de acreditamiento. Se concluye que, de acuerdo con el artículo 5-A del Código Fiscal de la Federación vigente en el año 2020 (Congreso de la Unión, 2020b), existe un beneficio fiscal mensual promedio en materia de acreditamiento del IVA para el contribuyente de 67.84% y de 815% acumulado en los doce meses de estudio, siempre y cuando el contribuyente reinvierta las erogaciones de sueldos y salarios, así como sus cuotas, derechos e impuestos que esta nómina ocasiona, en compras de mercancía para su operación. Es relevante destacar que, este efecto obtenido es ocasionado por la disminución del importe del IVA por pagar del contribuyente, pero, al mismo tiempo, no afecta los ingresos del fisco ya que la utilidad antes de impuestos no se modifica y se continúa gravando Impuesto al Valor Agregado por las compras realizadas.

### Recomendaciones

Es importante determinar la conveniencia de incluir una cláusula dentro de los lineamientos del PJCF para prevenir el uso inadecuado de la reubicación de las erogaciones que no se llevarían a cabo por sueldos y salarios y sus respectivas cuotas, derechos e impuestos estatales (en caso de aplicar), para que se utilicen en compras o inversiones. También establecer el efecto fiscal considerando que no se reinvierte el dinero destinado al pago de la nómina (por la inclusión del programa en la operación) en compras, sino considerarlo meramente como parte de las utilidades, para identificar si aun así se presenta un beneficio fiscal. De igual forma, realizar investigaciones con personas morales y

llevar a cabo el seguimiento de la evolución del programa una vez implementado en las operaciones de las personas físicas y las personas morales, para identificar el efecto fiscal a mediano plazo. Es relevante elaborar la proyección de bajo el supuesto de sueldos y salarios mayores al Salario Mínimo General y observar el efecto fiscal en los centros de trabajo.

### Referencias

- Astudillo, M. (2012). Fundamentos de economía (1a. ed.). México: Probooks.
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación (3a. ed.). Bogotá: Pearson Educación.
- Cárdenas, C. (2018). Pago de Impuestos en "Español" (1a. ed.). México: Ediciones Rocár.
- Carrasco, H. (2010). Derecho fiscal constitucional (5a. ed.). México: Oxford University press.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2016). Acerca de la CEPAL. Recuperado el 03 de abril de 2020, de Comisión Económica para América Latina y el Caribe: <https://www.cepal.org/es/acerca>
- Flores, E. (1982). Elementos de Finanzas Públicas Mexicanas (3a. ed.). México: Porrúa.
- García, E. (2015). Introducción al estudio del Derecho (65a. ed.). México: Porrúa
- Gutiérrez, A. (2007). Hacienda pública, un enfoque económico (2a. ed.). Colombia: Universidad de Medellín.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (6a. ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas
- Lechuga, E. (2020). Fisco Agenda (55a. ed.). México: Ediciones Fiscales ISEF.
- Martínez, J. (2011). Métodos de investigación cualitativa (8a. ed.). México.
- Maldonado, J. (2012). Lecciones de Derecho Fiscal (1a. ed.). México: Porrúa.
- Münch, L., & Ángele, E. (2017). Métodos y técnicas de investigación (5a. ed.). México: Trillas.
- Muñoz, C. (2011). Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis (2a. ed.). México: Pearson Educación.
- Núñez, C. J. (2015). El poder legislativo como productor de políticas públicas ilegítimas. Recuperado el 21 de febrero de 2020, de Google Académico:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45361831/El\\_poder\\_legislativo\\_como\\_productor\\_de\\_politicas\\_publicas\\_ilegitimas.pdf?1462415944=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45361831/El_poder_legislativo_como_productor_de_politicas_publicas_ilegitimas.pdf?1462415944=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEl_poder_legislativo_como_productor_de_p.pdf&Expires=1610489937&Signature)
- Ortiz, F. G., & García, M. P. (2016). Metodología de la Investigación, el proceso y sus técnicas (1a. ed.). México: Limusa.
- disposition=inline%3B+filename%3DEl\_poder\_legislativo\_como\_productor\_de\_p.pdf&Expires=1610489937&Signature
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (10 de enero de 2019). Lineamientos para la operación del Programa Jóvenes Construyendo el Futuro. Recuperado el 27 de septiembre de 2019, de Secretaría del Trabajo y Previsión Social: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5547857&fecha=10/01/2019](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5547857&fecha=10/01/2019)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2020). Jóvenes Construyendo el Futuro. Recuperado el 13 de enero de 2020, de Secretaría del Trabajo y Previsión Social: <https://jovenesconstruyendoelfuturo.stps.gob.mx/>

### Notas Biográficas

La **Dra. María del Rosario López Torres** es profesora investigadora de la División de Ingenierías en la Universidad Politécnica de Tulancingo. Terminó sus estudios de maestría en administración en la *Universidad la Salle de Pachuca*, cuenta con el doctorado en dirección de organizaciones por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, ha publicado diversos artículos internacionales en la Revista iberoamericana de ciencias, ha sido arbitro de ECOFARN, ha publicado capítulos de libros en el volumen 2,7,10,11 y 14 de Gestión del Conocimiento, perspectiva Multidisciplinaria en colaboración con investigadores de Venezuela, cuenta con el libro denominado "Logro Escolar desde el pensamiento complejo", por la editorial académica española, es evaluador de CACECA, tiene Perfil Deseable y pertenece al cuerpo Académico de Dirección de Organizaciones en la Universidad Politécnica de Tulancingo.

El Dr. **César Ángel López Torres** es Coordinador de posgrado en Contribuciones de la Universidad Politécnica de Tulancingo, Terminó sus estudios de maestría en administración en la *Universidad la Salle de Pachuca* y una maestría en auditoría por la *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, ha publicado capítulos de libros en el volumen 7,10,11 y 14 de Gestión del Conocimiento, perspectiva Multidisciplinaria en colaboración con investigadores de Venezuela, pertenece a la asociación mexicana de contadores públicos donde imparte diferentes conferencias a instituciones gubernamentales en el área fiscal, expositor a nivel nacional, certificado en Microsoft office specialist, tiene Perfil Deseable y pertenece al cuerpo Académico de Dirección de Organizaciones en la Universidad Politécnica de Tulancingo.

El Mtro. **Jesús Salvador Monstes de Oca López** es Licenciado en Coantaduría y Egresado de la Maestría en Contribuciones Fiscales de la Universidad Politécnica de Tulancingo, Hidalgo. Es director general de despacho contable y fiscal, y participa en proyectos en incubadora de negocios.