

# DETECCIÓN DE FALLAS EN TIEMPO REAL MEDIANTE REDES COMPLEJAS EN UN SISTEMA DE MANUFACTURA 4.0

Ing. Josué Antonio Prieto Olivares<sup>1</sup>, Dra. Elvia Ruiz Beltrán<sup>2</sup>,  
Dr. Jorge Luis Orozco Mora<sup>3</sup> y M.C. Jorge Octavio Valdés Valadez<sup>4</sup>

**Resumen**—En el entorno de la industria 4.0 todos los elementos están conectados entre sí, es por ello que, para la detección de fallas, actualmente se agregan más sensores al proceso en algunas etapas, esta actividad se realiza para tener un monitoreo completo del sistema, dicha solución puede ser costosa. A través de la metodología de modelado estructural por redes complejas, se puede representar todas características dinámicas del sistema de manufactura a evaluar. Con información de los tiempos de procesos, se presenta una técnica de búsqueda la cual puede detectar fallas del sistema cuando este no evoluciona correctamente a la etapa siguiente del proceso. Al utilizar como información mínima los tiempos de evolución, se elimina completamente el uso de sensores extra al proceso ya existente.

**Palabras clave**—Detección de fallas, Factory IO, Industria 4.0, LabVIEW, Redes complejas.

## Introducción

En este trabajo, se propone una metodología de detección de fallas basada la teoría de redes compleja con la cual se modeló estructuralmente un sistema de manufactura. Cabe destacar que el caso de estudio del artículo se puede extender a un proceso industrial de mil o más elementos interactuando entre sí, lo cual muestra el potencial del uso de esta teoría. En la actualidad los sistemas de manufactura 4.0 comienzan a ser de suma importancia ya que se piensa en empresas inteligentes con un alto grado autonomía en el intercambio de información y en el control de procesos. En los últimos años, la humanidad se ha rodeado de sistemas que tienden a tener muchos componentes que interactúan entre sí, Reyes (2015), lo cual se vuelve complicado para la predicción en su funcionamiento y por tal motivo tiene alta posibilidad a fallar. A estos sistemas se les conoce como sistemas complejos, Barabási (2015). En general los sistemas de uso continuo tienden a fallar de manera aleatoria y desconocida para los usuarios, es por este motivo que el detectar las fallas en un intervalo de tiempo suficientemente corto puede resultar un ahorro en tiempo y dinero para la empresa, además de reducir la probabilidad de tener equipos dañados, García (2015). A diferencia de Preciado (2015) no se añadieron sensores extras para hacer la identificación de una falla, al contrario, se logra trabajar con el sistema original sin modificaciones. La metodología mostrada en este artículo tiene sustento en la forma de modelar estructuralmente redes complejas mostrada por Preciado (2015) y Kleinberg (2017), en donde la conectividad entre los nodos y los links son elementos de los sistemas físicos, tales como actuadores y transductores, es decir, PLC (controlador lógico programables), motores, electroválvulas, cilindros neumáticos, sensores, entre otros.

Bajo una metodología similar de detección a la que utiliza Dhal (2015), se identifica la falla en los links de la red compleja, sólo que, a diferencia del artículo antes mencionado, que hacen una medición en cada nodo, esta técnica es conveniente para el tipo de problema que se está planteando en este artículo ya que consta de pocos nodos (estados) y sin problema se podría colocar un observador en cada nodo pero la razón de ser de esta investigación es el poder migrar la técnica a sistemas realmente complejos con más de mil nodos, mismos que tienen miles de elementos conectados entre sí, los cuales se vuelven difícil de implementar cuando la forma de atacar el problema involucra la instalación de elementos de medición (sensores). Actualmente con la cuarta revolución industrial (Industria 4.0) que es una nueva tendencia de automatización, gracias a las nuevas tecnologías de internet de las cosas (IoT) se puede hacer uso de elementos de monitoreo remoto y de modelados estructurales de control y optimización, Mastos, (2020). En este documento se extiende una solución a sistemas realmente complejos de más de mil elementos interconectados entre sí, con la información mínima de sólo conocer sus propiedades estructurales y los tiempos de evolución del sistema.

<sup>1</sup> Ing. Josué Antonio Prieto Olivares es alumno de la maestría en ciencias de la ingeniería del Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, México. [G19150597@aguascalientes.tecnm.mx](mailto:G19150597@aguascalientes.tecnm.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> La Dra. Elvia Ruiz Beltrán es profesora investigadora del Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, México. [erui@aguascalientes.tecnm.mx](mailto:erui@aguascalientes.tecnm.mx)

<sup>3</sup> El Dr. Jorge Luis Orozco Mora es profesor investigador del Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, México. [jorge.om@aguascalientes.tecnm.mx](mailto:jorge.om@aguascalientes.tecnm.mx)

<sup>4</sup> El M.C. Jorge Octavio Valdés Valadez es profesor investigador del Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, México. [jorge.uv@aguascalientes.tecnm.mx](mailto:jorge.uv@aguascalientes.tecnm.mx)

## Descripción del Método

### Materiales y métodos

En el presente trabajo se realiza una aplicación, a mínima escala con menos de 20 elementos (Motores, sensores, botones, etc.), de lo que se puede lograr con esta metodología de detección de fallas basada de redes complejas en tiempo real con tecnología IoT, es importante recalcar que lo mostrado aquí puede implementarse en sistemas de más de mil elementos interconectados entre sí. Se utilizó como software Factory IO y LabVIEW. En él se diseñó el caso de estudio/sistema de manufactura, ver figura 1. Lo que hace el sistema es clasificar tres tipos de cajas (generadas por el Emitter) según su peso los cuales son separados a través de las tres bandas frontales. En la figura 2 se muestra una abstracción de los elementos de entrada y salida del proceso, mismos que están descritos en la tabla 1.



Figura 1 Sistema de manufactura 4.0 propuesto.

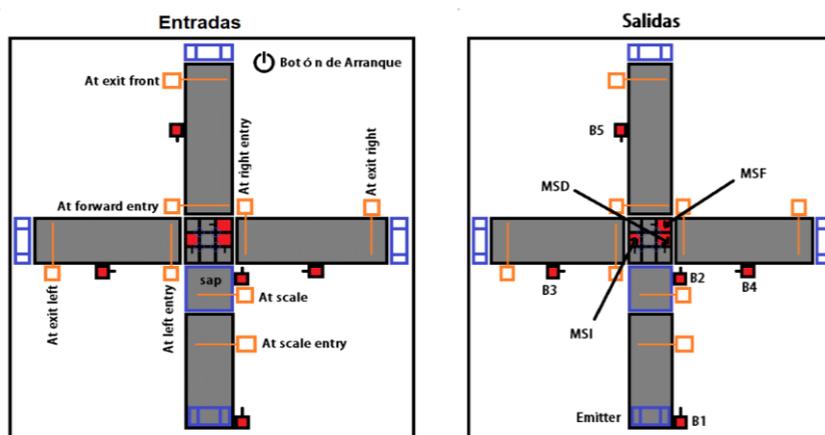


Figura 2 Etiquetado de entradas y salidas del sistema.

Etiqueta	Descripción	Naturaleza
BA	Botón de arranque de sistema	Digital
At scale entry	Sensor principal	Digital
At Scale	Sensor en posición de pesaje	Digital
Sap	Sensor analógico de peso	Analógico
At left entry	Sensor izquierdo posterior a selector	Digital
At forward entry	Sensor frontal posterior a selector	Digital
At right entry	Sensor derecho posterior a selector	Digital
At exit left	Sensor final izquierdo, caja lista	Digital
At exit front	Sensor final frontal, caja lista	Digital
At exit right	Sensor final derecho, caja lista	Digital
Emitter	Generador aleatorio de cajas	Digital
B1	Motor banda uno	Digital

<b>B2</b>	Motor banda dos	<b>Digital</b>
<b>B3</b>	Motor banda tres	<b>Digital</b>
<b>B4</b>	Motor banda cuatro	<b>Digital</b>
<b>B5</b>	Motor banda cinco	<b>Digital</b>
<b>MSI</b>	Motor selector izquierdo	<b>Digital</b>
<b>MSD</b>	Motor selector derecho	<b>Digital</b>
<b>MSF</b>	Motor selector frontal	<b>Digital</b>

Tabla 1 Tabla de entradas y salidas.

*Modelado estructural en red compleja*

Para realizar una abstracción del sistema de manufactura a analizar, se consta de dos elementos principales, nodos y links, en los cuales para este trabajo los nodos son todos aquellos actuadores o salidas del sistema, por lo tanto, consta de 9 nodos, la conexión de los links representa la relación secuencial que tiene cada elemento, por ejemplo, para iniciar el sistema es necesario presionar el botón de arranque, mismo que representa un link que cambia del estado cero (estado de reposo), al estado uno. El modelo estructural en red compleja del sistema de manufactura se muestra en la figura 3. Las etiquetas propuestas en los nodos de la red consisten en los eventos que pueden ser detectables en caso de falla, mismos que se agrupan en la tabla 2. Los links que aparecen, son las entradas que previamente ya se mostraban en la tabla 1.

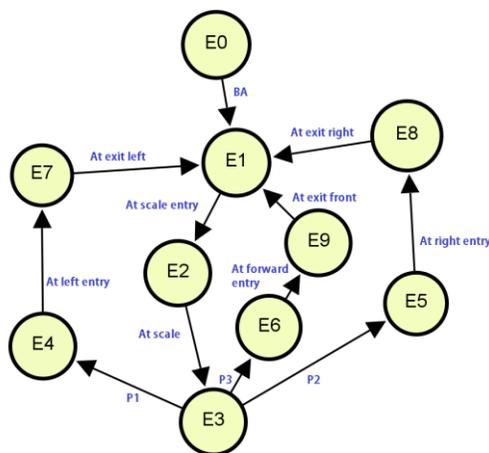


Figura 3 Modelo del sistema de manufactura de la figura 1 en red compleja.

<b>Etiqueta</b>	<b>Descripción</b>
<b>E0</b>	<b>Reposo</b>
<b>E1</b>	<b>Motor banda uno, emitter, At scale entry</b>
<b>E2</b>	<b>Motor banda dos, At scale</b>
<b>E3</b>	<b>Sap</b>
<b>E4</b>	<b>At left entry, Motor selector izquierdo</b>
<b>E5</b>	<b>At right entry, Motor selector derecho</b>
<b>E6</b>	<b>At forward entry, Motor selector frontal</b>
<b>E7</b>	<b>At exit left, Motor banda 3</b>
<b>E8</b>	<b>At exit right, Motor banda 4</b>
<b>E9</b>	<b>At exit front, Motor banda 5</b>

Tabla 2 Nodos de la red compleja.

*Metodología de detección*

La detección de fallas consiste en conocer previamente la evolución del sistema a través del tiempo, con base en los eventos que se dan, tales como, la activación de un sensor o un botón. Es importante distinguir que, al activar un actuador (motor, lámpara piloto), no es un evento que sea detectable por el controlador ya que el antes mencionado es una salida del controlador, pero este realmente nunca se entera si el actuador se activó correctamente o no. Con la

información de tiempo de ciclos se conoce el comportamiento del sistema de manufactura, es decir, se sabe cada cuanto tiempo los eventos se sucederán. Para el caso de estudio se proponen los tiempos de ciclo de la tabla 3, en la cual se aprecia el tiempo en que se desata un evento en el sistema y del mismo modo la referencia de entrada al PLC. Todos los tiempos descritos por eventos estarán sucediendo siempre y cuando el predecesor suceda. Con base en el modelo de red compleja anterior se obtiene la siguiente matriz de adyacencia de la ecuación 1, Barabási (2015).

Evento	Tiempo	Entrada en PLC
BA	60 segundos al arrancar el sistema	X0
At scale entry	5 segundos después de BA	X1
At scale	3 segundos después de At scale entry	X2
Sap	5 segundos después de At scale	X3
At left entry	5 segundos después de Sap	X4
At forward entry	5 segundos después de Sap	X5
At right entry	5 segundos después de Sap	X6
At exit left	7 segundos después de At left entry	X7
At exit front	7 segundos después de At forward entry	X10
At exit right	7 segundos después de At right entry	X11

Tabla 3 Lista de tiempos y eventos.

$$A_{ij} = \begin{matrix} & E0 & E1 & E2 & E3 & E4 & E5 & E6 & E7 & E8 & E9 \\ \begin{matrix} E0 \\ E1 \\ E2 \\ E3 \\ E4 \\ E5 \\ E6 \\ E7 \\ E8 \\ E9 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

En la matriz anterior se observa la relación que tienen los nodos de la red. Por ejemplo, en la columna del E0 en todos los elementos de la matriz aparecen 0, ya que ese link no existe, excepto en el segundo elemento (2,1), este link está dado por la aparición de el botón de arranque, el cual es el intermediario entre la etapa cero (E0) y la etapa uno (E1). Es importante saber que el uso de la matriz de adyacencia tiene un comportamiento dinámico, la cual cambia a través del tiempo, en caso de que el botón de arranque esté en falla, se apreciará un cambio de valor en el elemento (2,1), esto será identificado por el algoritmo y se pondrá el sistema en estado de falla. Para realizar el control y el algoritmo de búsqueda se utilizó LabVIEW, el cual tiene el siguiente panel frontal y posterior, véase la figura 4.

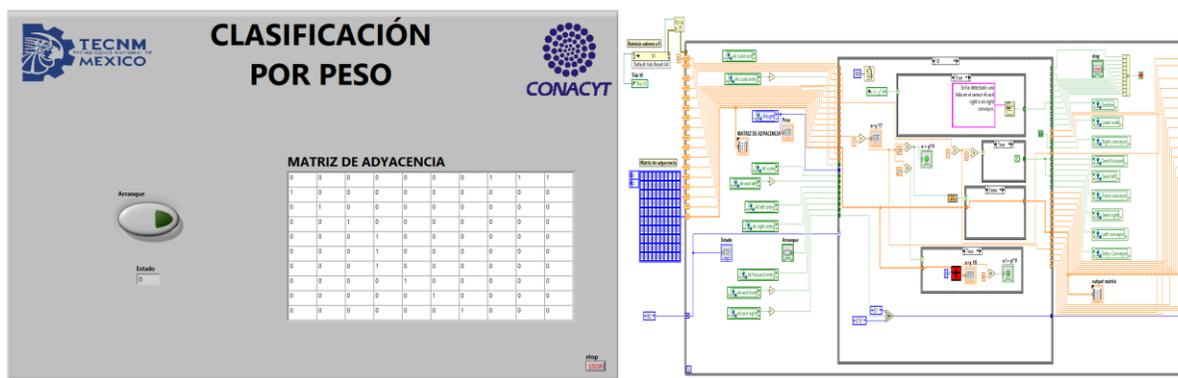


Figura 4 Panel de control del proceso en LabVIEW.

El panel posterior tiene dos funciones principales, una de ellas es realizar el control (como en cualquier empresa que ya tendría su sistema funcionando) y la otra es realizar la búsqueda e identificación de los elementos que son eventos detectables ante fallas descritas anteriormente, ver figura 4.

*Detección de fallas en tiempo real*

Para la detección de fallas en tiempo real se emula mediante botones externos las entradas del sistema propuesto (tales como botón de arranque, sensores de límite). Para generar una posible falla se desconecta de la entrada X1 que corresponde al sensor At Scale Entry, ver figura 5. La falla es causada por la ausencia del link llamado At Scale Entry. La secuencia de datos que se reciben en esta prueba son documentados por el monitor serial de Arduino de la estación de recepción los cuales se indican en la figura 6. Se observa que se activa correctamente el botón de arranque, por tal motivo, el siguiente evento esperado es que el sensor At Scale Entry se active, pero esto no sucede, por lo tanto, después de que se cumple el Timmer, el algoritmo puede concebir al sistema en falla.

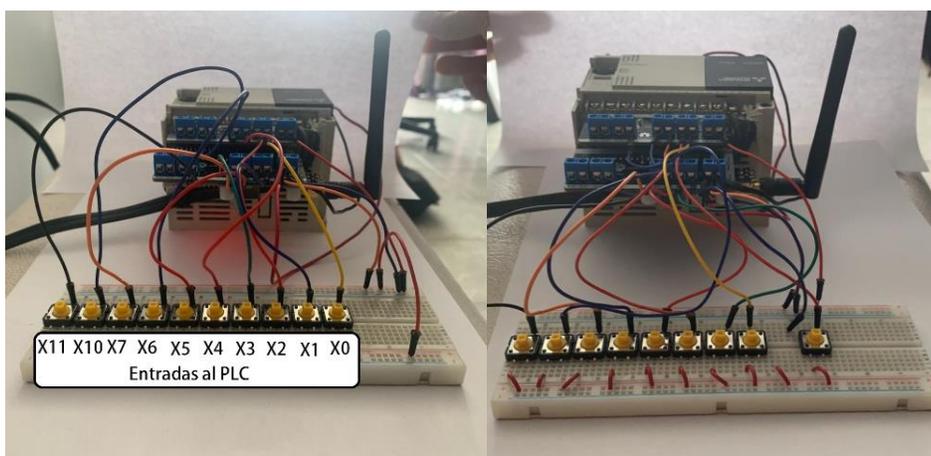


Figura 5 Entradas simuladas.

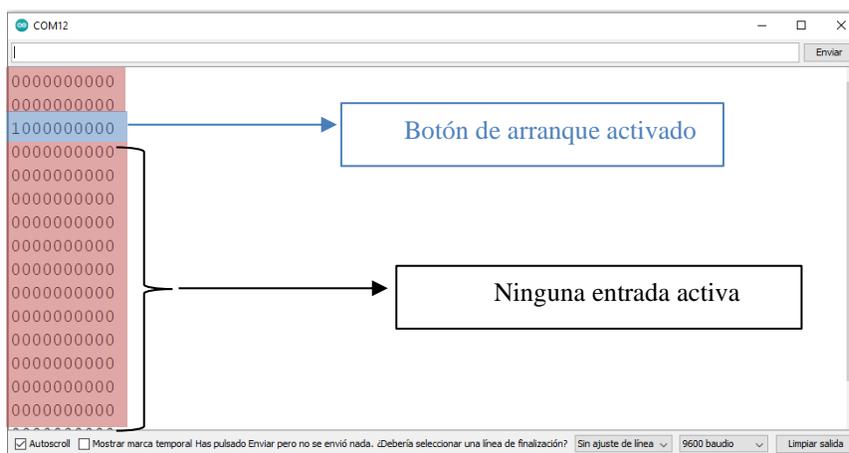


Figura 6 Datos enviados vía serial

En el momento dado que el sistema espera la señal del sensor At Scale Entry para proceder al siguiente estado del sistema, este identifica en la matriz de adyacencia el elemento en 0, ver figura 7, mismo que reporta al usuario la falla identificada y los posibles causantes de la misma, las opciones de la falla es que la banda transportadora (B1) no funciona, que el Emitter no generó una caja correctamente o bien que el sensor At Scale Entry no mando la señal. La Solución a este problema es que el sensor At Scale Entry se encuentra desconectado.



Figura 7 Falla en tiempo real.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

Los resultados obtenidos hasta este momento en la investigación han sido la obtención de un modelo estructural de un sistema de manufactura 4.0 desde el enfoque de las redes complejas, del mismo modo una técnica de detección de fallas la cual omite en un 100% la instalación de sensores extras al proceso a diferencia de Reyes y García (2015). Sistemas industriales de distinta naturaleza pueden ser diagnosticados con esta metodología, desde aquellos que cuenten con miles o menos de mil elementos. Otro resultado es la obtención de un algoritmo de detección de fallas en un sistema dinámico. Así mismo, la conexión de LabVIEW y Factory IO para pruebas de control y monitoreo. Y finalmente el monitoreo y detección de falla de forma remota con la instalación de módulos de radiofrecuencia pertenecientes al IoT

#### Conclusiones

Los resultados demuestran que es posible realizar la detección de fallas de un sistema de manufactura mediante la omisión de sensores extras al proceso, parte medular de la investigación es que se logra realizar la detección de una falla basado en una metodología de ciclos, perteneciente al área de la ingeniería industrial, con este avance sólo se migra la información del modelo estructural en red compleja y basado en la matriz de adyacencia en su evolución dinámica se identifican fallas sin importar la cantidad de elementos que tenga el sistema de manufactura real.

#### Recomendaciones

Para la continuación de esta investigación se puede enfocar en la detección de las fallas en cascada las cuales se crean por medio de la falla de un elemento, este antes mencionado puede causar la falla de otros elementos que dependan de él. Por otro lado, se podría realizar la detección de fallas múltiples en tiempo real. Finalmente se puede buscar resultados diferentes con ayuda del modelo estructural a través de otra técnica como lo puede ser las Redes de Petri. Finalmente, se puede realizar la implementación en sistema físico de manufactura para evaluar la eficacia ante fallas de diferentes naturalezas.

### Referencias

Barabási, A. L. Network science. Graph Theory, 3-29, chapter 2. Cambridge University Press, 2015. <http://networksciencebook.com/>.

Dhal, R., Torres, J. A., & Roy, S. Detecting link failures in complex network processes using remote monitoring. USA. Mayo, 2015.

García, J., Escobar, R. F., & Astorga, C. M. Diagnóstico de Fallas Múltiples en los Sensores de un Intercambiador de Calor Empleando Observadores Por modos Deslizantes Basado en el Algoritmo Super- Twisting. Cuernavaca, Morelos. Mayo, 2015.

Kleinberg, J., Sandler, M., & Slivkins, A. Network Failure Detection and Graph Connectivity. New York, USA. Julio, 2017.

Mastos, T. D., Nizamis, A., & Vafeiadis, T. Industry 4.0 sustainable supply chains: An application of an IoT enabled scrap metal management solution. Thessaloniki, Greece. Mayo, 2020.

Preciado, V. M., & Rahimian, M. A. Failure Detection and Isolation in Integrator Networks. Chicago, USA. Julio, 2015.

Reyes, J., Ruiz, E., Orozco, J. L., & Castañeda, L. A. Detección de Fallas en un Sistema de Manufactura Flexible desde el enfoque de la teoría de las Redes complejas. Aguascalientes, México. Diciembre, 2015.

# GLUTATIÓN S-TRANSFERASA, METALES PESADOS Y ESPECIES ADAPTADAS

Lic. Brandon Alberto Pulido Hernández<sup>1\*</sup>, Dra. Leticia Guadalupe Navarro Moreno<sup>2\*\*</sup>

**Resumen:** La contaminación por metales pesados (MP) representa un problema de toxicidad para las especies expuestas a esta. Existen, empero, organismos que cuentan con mecanismos de respuesta capaces de combatir dicha toxicidad. En este trabajo se estudia la enzima GST como mecanismo de respuesta ante el estrés oxidativo (EO) generado por MP en especies adaptadas a ambientes contaminados en la región del Papaloapan. Se determinaron las concentraciones tolerantes e inhibitorias de HgCl<sub>2</sub> y CdCl<sub>2</sub> en tres organismos aislados (*Hafnia alvei*, *Candida Parapsilosis* y *Penicillium sp*) y la actividad enzimática y producción de especies reactivas de oxígeno (ERO's) en ratas de la cepa Wistar sometidas al estrés por MP. Los resultados muestran la alta capacidad de tolerancia de las especies de estudio, lo cual abre una pauta para investigaciones que permitan ahondar en la posibilidad de abordar estrategias dirigidas en solucionar el problema de la contaminación por MP en la región del Papaloapan.

**Palabras clave:** GST, metales pesados, estrés oxidativo, especies reactivas de oxígeno, especies adaptadas.

## Introducción

El impulso desmedido de ciertas actividades antropogénicas ha fomentado un desequilibrio en el curso regular de los procesos naturales. Esta falta de sincretismo en la relación ser humano-naturaleza ha terminado por acaecer en un problema global que hace temblar toda Gaia.

La contaminación ambiental no es un problema que pueda abordarse desde un único frente. Esta posee una variedad de mecanismos con los cuales puede ejercer un impacto perjudicial, no sólo en el medio ambiente, sino en las especies que lo habitan. Uno de esos mecanismos es la contaminación química, derivada de praxis que no suelen contemplar las repercusiones de sus acciones. En particular, la contaminación por MP, especies químicas de un elevado nivel de toxicidad, y entre cuyas patologías relacionadas a su exposición se encuentran el asma, cáncer de piel, enfermedades como el Alzheimer y esclerosis lateral amiotrófica, entre otras; representan un problema altamente distribuido y presente en diversos ámbitos; a saber: el ámbito alimenticio, en la movilización de estos por aire y suelo y, sobre todo, en la exposición por medio de agua contaminada. Estos MP funge como agentes de estrés externos al metabolismo de muchos organismos.

Existen, sin embargo, organismos capaces de desarrollar mecanismos de respuesta a diferentes agentes estresantes. Las proteínas son uno de los actores principales en la ejecución de estos mecanismos. La enzima Glutación S-Transferasa (GST), participe en el metabolismo xenobiótico y oxidativo, se encuentra conservada en un gran número de especies (Sherratt, 2002), transformándola en una candidata ideal para su estudio como proteína implicada en determinados procesos adaptativos. En este proyecto se pretende estudiar la actividad enzimática de la GST en diferentes especies, sometidas a agentes estresantes como los MP, especies químicas de un elevado nivel de toxicidad, cuyo mecanismo subyacente de ésta es la generación de EO a través de la producción de ERO's por la inhibición de enzimas antioxidantes (Agrawal, Flora, *et al.* 2014; Almeida Lopes, *et al.* 2017; Matovic, *et al.* 2015). Es importante señalar que los organismos de estudio (*Hafnia alvei*, *Candida Parapsilosis*, y *Penicillium sp*), a excepción de *Rattus Novergicus*, fueron aislados en sistemas acuáticos contaminados con MP ubicados en la región del Papaloapan. La finalidad de esta investigación, pues, radica en analizar el comportamiento de la GST en los distintos organismos sometidos a EO y distribuidos en diferentes regiones del árbol filogenético, y poder así discernir sobre su posible papel como mecanismo de respuesta ante el EO, además de incentivar la investigación sobre la contaminación generada por MP en la región del Papaloapan y diseñar estrategias para prevenir o combatir esta.

<sup>1</sup> Lic. Brandon A. Pulido Hernández es estudiante de Maestría en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan, Circuito Central 200, Parque Industrial, 68301 Tuxtepec, Oaxaca, México. \*e-mail: [bran\\_ph@hotmail.com](mailto:bran_ph@hotmail.com) (autor de correspondencia)

<sup>2</sup> La Dra. Leticia G. Navarro es Profesora Investigadora de licenciatura y posgrado en la Universidad del Papaloapan, Circuito Central 200, Parque Industrial, 68301 Tuxtepec, Oaxaca, México. \*\*e-mail: [lgnarrom@hotmail.com](mailto:lgnarrom@hotmail.com)

## Descripción del Método

### *Determinación de Concentraciones tolerantes e inhibitorias de Hg y Cd en Candida Parapsilosis, Hafnia Alvei y Penicillium sp*

En *Candida Parapsilosis* y *Hafnia Alvei* se realizó mediante un sembrado por expansión en medio Sabouraud y Mueller-Hinton (M-H), respectivamente. Basado en el método de difusión de discos para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos, descrito por el Comité europeo de pruebas de susceptibilidad antimicrobiana (EUCAST, 2012). Evaluando la inhibición del crecimiento radial de ambos organismos a través de la implementación de discos de papel filtro embebidos en un rango de concentraciones crecientes (0.05mM a 6.59mM) de HgCl<sub>2</sub> o CdCl<sub>2</sub>. En el caso de *Penicillium sp* se realizó un sembrado por el método de picadura en medio Sabouraud, cuyo contenido incluía concentraciones (0.75, 1.59, 5.66 y 6.59mM) de los MP usados. Se siguió, por un periodo de 18 días, el crecimiento de este organismo en las distintas concentraciones de los metales, evaluando el grado de inhibición generado por estos.

### *Cinética de crecimiento de Hafnia Alvei y Penicillium sp*

La metodología descrita con anterioridad para *Penicillium sp* fue también utilizada para evaluar el grado de crecimiento respecto al periodo de tiempo ya mencionado. Se realizó el seguimiento del crecimiento radial del organismo, así como también el conteo de las unidades de colonias formadas (Mac Faddin, 1985). La evaluación del crecimiento de *Hafnia Alvei* con respecto al tiempo se determinó en el medio de cultivo M-H. La cinética se realizó por el método de conteo en cámara Neubauer para conteo de microorganismos, además de ser analizada también por medio de espectrofotometría UV-Vis (Mac Faddin, 1985; EUCAST, 2012; Downes & Ito, 2001).

### *Cuantificación de proteína, determinación de la actividad enzimática de la GST y cuantificación de ERO's*

La determinación de la cantidad total de proteínas es necesaria para ajustar la concentración de proteína a utilizar (1mg/mL) en la medición de la actividad de la GST. Esta determinación se llevó a cabo por el método de Lowry, un método colorimétrico de valoración cuantitativa, medido por espectrofotometría UV-Vis a una longitud de onda de 750nm (Lowry *et al.* 1951).

La actividad de la GST fue determinada en órganos (cerebro, hígado y riñón) de ratas de la cepa Wistas (*Rattus Novergicus*) cuyos periodos de exposición a HgCl<sub>2</sub> y CdCl<sub>2</sub> se realizaron por 1, 2 y 3 semanas, de forma oral a través de una solución acuosa (25ppm para HgCl<sub>2</sub> y 50ppm para CdCl<sub>2</sub>). Este es un método espectrofotométrico cuya lectura se realiza a 350nm (Habig *et al.*, 1974). Esta metodología será utilizada además para determinar la actividad enzimática en las demás especies de estudio.

La cuantificación de ERO's fue realizada con el objetivo de determinar el EO generado por la exposición a MP. Al igual que la actividad de la GST, este procedimiento fue ejecutado en muestras de ratas de la cepa Wistas (*Rattus Novergicus*) sometidas a los tratamientos ejemplificados con anterioridad. Así mismo, ésta prueba también será llevada a cabo en la cuantificación de ERO's para las otras especies de estudio. Ésta consiste en un análisis espectrofotométrico cuya formación de aductos cromógenos de malondialdehído-ácido-2-tiobarbitúrico (MDA-TBA) es medida a 532-600 nm (Estepa *et al.*, 2001). El procedimiento de dicha técnica es uno de los métodos más utilizados para determinar el daño oxidativo generado por factores estresantes (Agrawal *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2016).

## Resultados

### *Determinación de concentraciones tolerantes e inhibitorias de Hg y Cd en Candida Parapsilosis y Hafnia Alvei*

Los resultados mostrados a continuación corresponden a las actividades realizadas por la metodología descrita con anterioridad. En la tabla 1 se establece la relación de las concentraciones de MP utilizados con respecto al diámetro de inhibición resultante de la exposición. En esta se muestran los valores de los diámetros de inhibición obtenidos para las distintas concentraciones de HgCl<sub>2</sub> y CdCl<sub>2</sub> utilizadas. Los cuales se distribuyen en dos columnas principales, correspondientes a los microorganismos estudiados, seguido de cuatro columnas por microorganismo, dos de ellas pertenecientes a las concentraciones y las otras dos a los diámetros de inhibición resultantes. En las columnas pertenecientes a las concentraciones se muestra la asignación seguida de la concentración establecida (número: concentración). Ambas especies presentaron una alta capacidad de tolerancia ante la exposición a HgCl<sub>2</sub> y CdCl<sub>2</sub>, comparada con los límites permisibles de MP en fuentes acuáticas (NOM-001-SEMARNAT-1996, 2003), de donde se aislaron. Dicha tolerancia se vio acentuada para el caso de CdCl<sub>2</sub>. En particular, *Hafnia Alvei* mostró una mayor tolerancia a ambas especies químicas con respecto a *Candida Parapsilosis*. En el caso de la exposición *Hafnia*-Cd, la bacteria sólo comenzó a ver inhibido su crecimiento a concentraciones por encima del intervalo propuesto en un principio (>6.59mM; figura 1).

### *Cinética de crecimiento de Hafnia Alvei*

En la figura 2 se muestran los resultados de la cinética de crecimiento de *Hafnia Alvei* en el medio de cultivo M-H. Experimento enfocado en delimitar el tiempo en el cual el metabolismo del organismo se encontrase más activo para la adecuada medición de la actividad de GST y la producción de ERO's. El intervalo de tiempo elegido, de acuerdo a los resultados observados, se ubicó en un punto medio entre el T9 y el T12, cuyo grado de crecimiento se observó

exponencial. El conteo de microorganismo por cámara Neubauer mostró resultados similares en cuanto las etapas de crecimiento de *Hafnia Alvei* en los tiempos evaluados.

<i>C. parapsilosis</i>				<i>H. alvei</i>			
[HgCl <sub>2</sub> ]	Halo inhibición	[CdCl <sub>2</sub> ]	Halo inhibición	[HgCl <sub>2</sub> ]	Halo inhibición	[CdCl <sub>2</sub> ]	Halo inhibición
1: 6.59mM	2.26 cm	1: 6.59mM	3 cm	1: 6.59mM	1.96 cm	1: 6.59mM	---
2: 5.66mM	2.06 cm	2: 5.66mM	2.76 cm	2: 5.66mM	1.96 cm	2: 5.66mM	---
3: 1.95mM	1.56 cm	3: 1.95mM	2.23 cm	3: 1.95mM	1.30 cm	3: 1.95mM	---
4: 0.75mM	1.23 cm	4: 0.75mM	1.33 cm	4: 0.75mM	1.06 cm	4: 0.75mM	---
5: 0.67mM	1.13 cm	5: 0.67mM	1.33 cm	5: 0.67mM	0.96cm	5: 0.67mM	---
6: 0.33mM	0.93 cm	6: 0.60mM	1.53 cm	6: 0.33mM	0.80 cm	6: 0.60mM	---
7: 0.24mM	0.93 cm	7: 0.33mM	1.05 cm	7: 0.24mM	0.65 cm	7: 0.33mM	---
8: 0.12mM	1 cm	8: 0.24mM	---	8: 0.12mM	0.60cm	8: 0.24mM	---
9: 0.10mM	1 cm	9: 0.12mM	---	9: 0.10mM	---	9: 0.12mM	---
10: .05mM	0.65 cm	10: .05mM	---	10: .05mM	---	10: .05mM	---
11: 3μM	---	11: 10μM	---	11: 3μM	---	11: 10μM	---
12: 0.5μM	---	12: 5μM	---	12: 0.5μM	---	12: 5μM	---
13: 0.1μM	---	13: 0.1μM	---	13: 0.1μM	---	13: 0.1μM	---
14: 0.05μM	---	14: 0.05μM	---	14: 0.05μM	---	14: 0.05μM	---
15: 0.01μM	---			15: 0.01μM	---		

Tabla 6. Diámetros de inhibición generados por las concentraciones de HgCl<sub>2</sub> y CdCl<sub>2</sub>



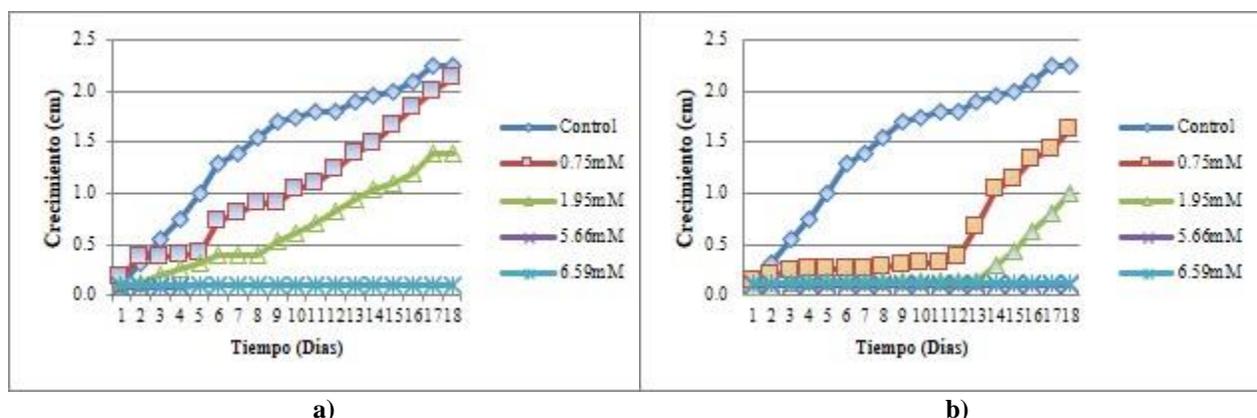
Figura 1. Halos de inhibición generados por CdCl<sub>2</sub> en *Hafnia alvei* (experimento 2). Asignación: 1=14mM, 2=12mM, 3=10mM, 4=8mM y 5=7mM.



**Figura 2. Cinética de Crecimiento de *H. alvei* por Espectrofotometría UV-Vis-MH realizada a 560nm.**

*Cinética de crecimiento y determinación de concentraciones tolerantes e inhibitorias de HgCl<sub>2</sub> y CdCl<sub>2</sub> en Penicillium sp*

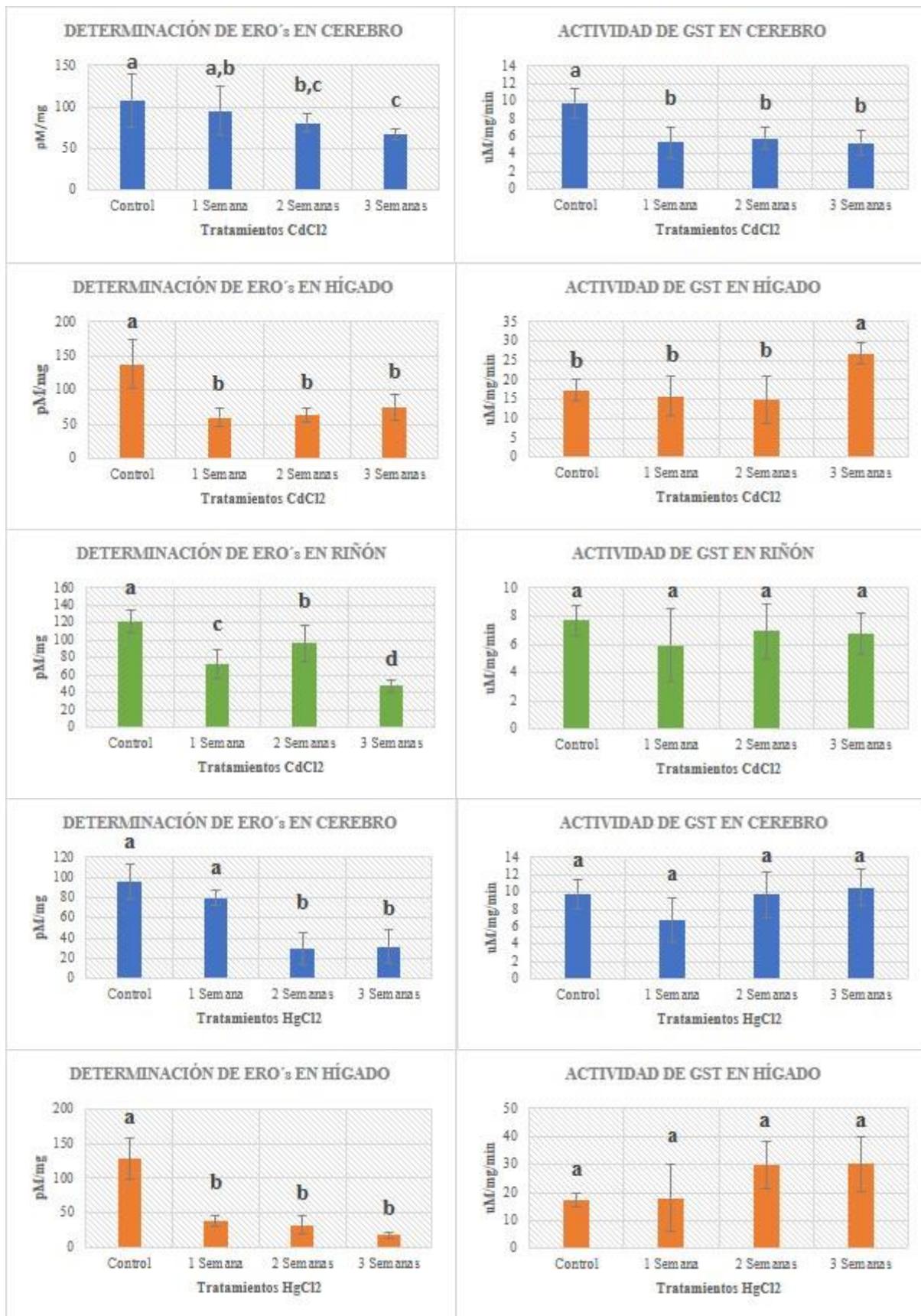
La estrategia experimental desarrollada para *Penicillium sp* permitió evaluar la cinética de crecimiento del organismo, así como su capacidad para tolerar distintas concentraciones de MP. En la figura 3 se plasman los resultados recabados para *P. sp*-HgCl<sub>2</sub> y *P. sp*-CdCl<sub>2</sub>. En ellos se muestran una respuesta a la toxicidad de HgCl<sub>2</sub> más acentuada que en CdCl<sub>2</sub>. La cinética de *P.sp*- HgCl<sub>2</sub> por ejemplo (figura 3a), denota que las concentraciones de 5.66 y 6.59 mM inhiben por completo el crecimiento del microorganismo. Sin embargo, a menores concentraciones (1.95 y 0.75 mM), si bien se observa un retardo en el comienzo del crecimiento, este se ve favorecido con el transcurso del tiempo, llegando casi a igualar (en el caso del microorganismo expuesto a 0.75mM de HgCl<sub>2</sub>) el diámetro de crecimiento del sembrado de partida de la muestra control. Lo anterior, no obstante, no significa que a ese tiempo el crecimiento de *Penicillium sp*-0.75mM de HgCl<sub>2</sub> se haya igualado con el de la muestra control, dado que para esos momentos dicha muestra contaba ya con más de 40 colonias distribuidas por todo el medio de cultivo. Significa empero que el metabolismo del hongo, aunque ralentizado por la presencia de MP, sigue activo a concentraciones de 0.75 y 1.95mM. En el caso de *P.sp*- CdCl<sub>2</sub> se vislumbró un fenómeno similar al descrito con anterioridad en *P.sp*- HgCl<sub>2</sub>, con una respuesta contra la toxicidad por Cd menos acentuada que en la de Hg. Al igual que en el sistema anterior, las concentraciones de 5.66 y 6.59 mM de CdCl<sub>2</sub> inhibieron por completo el desarrollo del organismo, en tanto que en concentraciones inferiores como 0.75mM y 1.95mM sólo se observó un crecimiento notable a partir del duodécimo y décimo cuarto día, respectivamente (figura 3b).

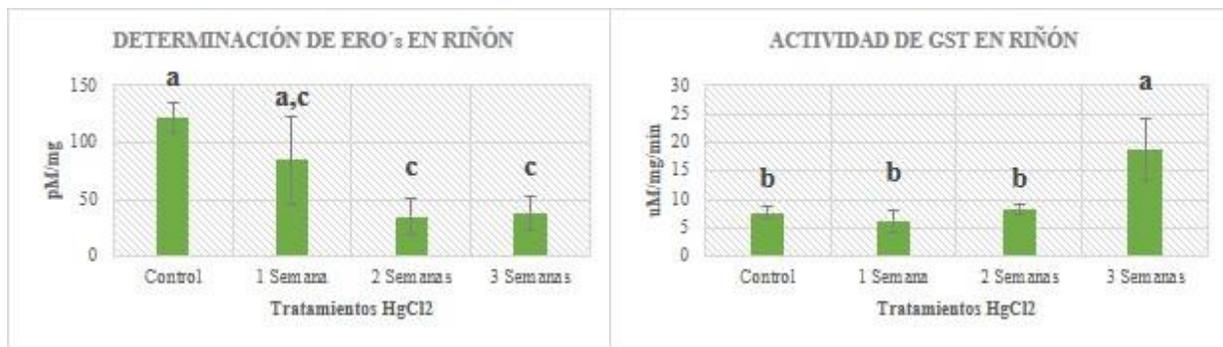


**Figura 3. a) Cinética de crecimiento radial *Penicillium sp*-Hg<sup>+2</sup>, b) Cinética de crecimiento radial *Penicillium sp*-Cd<sup>+2</sup>.**

*Actividad de GST y cuantificación de ERO's en ratas de la cepa Wistar.*

Se muestran los resultados obtenidos de los distintos tratamientos de CdCl<sub>2</sub> y HgCl<sub>2</sub>. En casos específicos, como en la relación tratamiento CdCl<sub>2</sub>-Cerebro, se observa una disminución de ERO's y una disminución propia de la actividad enzimática. Mientras, en otras relaciones como en CdCl<sub>2</sub> y HgCl<sub>2</sub>-Hígado, la actividad de la enzima se mantiene, e incluso aumenta en la tercera semana (CdCl<sub>2</sub>-Hígado) mientras la producción de ERO's disminuye. Esto puede explicarse en función de que el hígado es el órgano donde se lleva a cabo el metabolismo xenobiótico, dedicado a desintoxicar el organismo de distintas sustancias externas. Y donde la GST tiene un papel importante. Se entiende, pues, que la actividad de la enzima no disminuye acorde a la disminución de ERO's debido al desempeño de su papel en el metabolismo xenobiótico, no sólo contra los MP sino también a causa de otros posibles agentes externos. En otros casos, la actividad enzimática y su relación con la variación de ERO's puede deberse a la participación de otros componentes del sistema antioxidante como las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) o glutatión peroxidasa (GPx), entre otros. Los cuales son los primeros mecanismos de defensa contra el EO. Es necesario aclarar también que, en determinados casos, como en el tratamiento HgCl<sub>2</sub>-1 semana, se encontró la presencia de subgrupos, específicamente en la actividad enzimática de GST para la relación HgCl<sub>2</sub>-Hígado y en la producción de ERO's para HgCl<sub>2</sub>-Riñón. Lo anterior significa que dentro del grupo de ratas sometidas al tratamiento HgCl<sub>2</sub>-1 semana, existieron organismos que mostraron respuestas distintas al otro grupo de organismos del mismo tratamiento.





**Figura 4. Producción de ERO's y actividad de GST en ratas Wistar sometidas a tratamientos de CdCl<sub>2</sub> y HgCl<sub>2</sub>. Comentarios Finales**

#### Resumen de resultados

En este trabajo se estudió la capacidad de tolerancia de ciertos organismos (*Candida Parapsilosis*, *Hafnia Alvei* y *Penicillium sp*) aislados de sistemas acuáticos contaminados con MP, a la exposición de diferentes concentraciones de HgCl<sub>2</sub> y CdCl<sub>2</sub>. Los resultados muestran una alta capacidad de tolerancia para ambos metales, muy por encima de concentraciones que dañarían a otros organismos, tales como los seres humanos. Para *Hafnia* y *Candida* se observó una mayor tolerancia hacia la exposición a Cd<sup>+2</sup>, la cual se vio acentuada en *Hafnia Alvei*. Mientras, para *Penicillium sp* esta tolerancia se invirtió, pues el microorganismo mostró un mayor crecimiento y desarrollo ante la exposición a Hg<sup>+2</sup>. Las conclusiones obtenidas del avance de este proyecto muestran la necesidad de completar el análisis planteado por este, para elucidar el probable mecanismo de resistencia ante la exposición a MP de parte de los organismos de estudio. Y así discernir sobre el posible papel de la enzima GST como mecanismo de respuesta ante el EO generado por MP, y su importancia en el proceso de adaptación de distintas especies.

#### Referencias

- Agrawal, S., Flora, G., Bhatnagar, P., & Flora, S. J. (2014). Comparative oxidative stress, metallothionein induction and organ toxicity following chronic exposure to arsenic, lead and mercury in rats. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*, 60, 13–21.
- Almeida Lopes, A. U.-N.-P. (2017). Association of lead, cadmium and mercury with paraoxonase 1 activity and malondialdehyde in a general population in Southern Brazil. *Environ. Res.*, 156, 674–682.
- Cano-Estrada, A. G.-H. (2011). F1-F0-ATP Sintasa y sus diferencias estructurales. *REB*, 30(3), 98-108.
- Downes, & Ito. (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. (4th ed. ed.). Washington, D.C: American Public Health Association.
- Estepa, V., Ródenas, S., & Martín, M. (2001). Optimización de un método para la determinación de peroxidación lipídica en suero humano. *Anal. Real Acad. Farm.*, 67(3), 1-17.
- EUCAST. (2012). Método de difusión con discos para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos. *Versión 2.1*.
- Habig, W. H. (1974). The Identity of Glutathione S-Transferase B with Ligandin, a Major Binding Protein of Liver. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 71(10), 3879–82.
- Lowry, O., Rosebrough, N., & Farr, A. (1951.). Cuant. *J. Biol. Chem*, 193, 265-275.
- Mac Faddin. (1985). *Media for isolation-cultivation- identification, maintenance of medical bacteria*. (Vol. 1 ). Baltimo, Md.: Williams & Wilkins.
- Matovic, V., Buha, A., Ethukic-Cosic, D., & Bulat, Z. (2015). Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys. *Food Chem. Toxicol.*, 78, 130–140.
- NOM-001-SEMARNAT-1996. (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996-Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en la Descarga de Aguas Residuales en Agua y Bienes Nacionales*. . Publicado en el Diario Oficial de la Federación.
- Sherratt, P. J. (2002). Enzyme Systems that Metabolise Drugs and Other Xenobiotics. Cap. 9 Glutathione S-Transferases. *John Wiley & Sons, Ltd.*, 319-352.
- Zhang, Q.-F., Li, Y.-W., Liu, Z.-H., & Chen, Q.-L. (2016). Exposure to mercuric chloride induces developmental damage, oxidative stress and immunotoxicity in zebrafish embryos-larvae. *Aquatic Toxicology*, 181, 76–85.

# CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA DE MARKETING TURISTICO EN LOS ATRACTIVOS RECREACIONALES

Héctor Pumarejo Mindiola, Aleydis Julio Peterson, Leonardo Pumarejo Julio.  
Docentes: UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

**Resumen.** La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar la mezcla de marketing turística en los atractivos recreacionales. La metodología es de tipo descriptiva, no experimental, transversal. La población quedó conformada por 16 sujetos en total. Se diseñó un cuestionario con escala tipo Likert. Su validación se obtuvo a través del juicio de 10 expertos, y la confiabilidad por el método Alfa Cronbach y dio como resultado 0.99 lo cual representa una alta confiabilidad. **Resultados.** Se caracterizó la mezcla de marketing y se concluyó que los productos de la región hacen parte de los atractivos recreacionales, los planes turísticos están al alcance de los visitantes y los productos turísticos que se ofrecen en la zona no llenan en su totalidad las expectativas de los clientes potenciales. Asimismo se observó que hace falta establecer más compromisos entre las organizaciones de turismo regionales para que hagan más atractivos los precios de los planes turísticos e impulsen los sitios recreacionales. De igual manera se detectó que hacen falta más sitios turísticos en la zona y un despliegue promocional por todos los medios para que el turista escoja como destino turístico a Valledupar.

**Palabras claves:** mezcla, marketing, atractivos recreacionales.

## Introducción

El presente artículo de investigación está enfocado a caracterizar la mezcla de marketing turística en los atractivos recreacionales en Valledupar – Colombia. El enfoque epistemológico de este artículo es positivista, teniendo en cuenta que parte, de una situación general para llegar a un problema particular, buscando conocimientos sistémicos, comparables, medibles y replicables como lo confirma Vieytes (2004). El marketing turístico es un conjunto de herramientas de trabajo cuyo objetivo es descubrir lo necesitado en el mercado de turismo; construyendo cimientos beneficiosos y satisfactorios, última relación dedicado a obtener beneficios con la producción y la comercialización de los productos y/o servicios satisfactorios de las necesidades actuales de los clientes como lo afirma Avilés (2013). Y es un sector en continua evolución que ha de adaptarse rápidamente a los cambios producidos en su entorno según Escobar y Gonzales A. (2011). El investigador colige que el marketing turístico es fundamental porque tanto los diseñadores de los paquetes turísticos como los que lo van a vender deben estar pensando en el servicio del cliente o consumidor. Así mismo la mezcla de Marketing es el conjunto de herramientas tácticas de mercadeo (producto, precio, plaza y promoción) que la empresa combina para producir la respuesta deseada en el mercado meta. La mezcla consiste en todo lo que la empresa es capaz de hacer influir en la demanda de su producto como lo sostiene Kotler y Armstrong (2012). Otros autores como Stanton, Etzel y Walker (2007), coinciden con la definición y plantearon que la mezcla de mercadeo es la combinación de un producto, la distribución, el precio y la promoción del mismo para satisfacer las necesidades de un mercado meta y los objetivos de marketing. Lo que hace notar que la conformación de las 4ps. Indican la existencia de cuatro aspectos esenciales para el desarrollo estratégico de la empresa, los cuales son fundamentales para el éxito en cuanto a la satisfacción tanto del mercado como de la propia organización.

En este orden de ideas, los diferentes referentes teóricos, legales y conceptuales de apoyo a la

-----  
Administrador de Empresas. Especialista en Gerencia de mercadeo, Gerencia de negocios internacionales. Magister Scientiarum en Gerencia de empresas. Mención Gerencia financiera. Doctorado en Ciencias Gerenciales. hectorpumarejo@unicesar.edu.co

<sup>2</sup> Enfermera. Especialista en Diseño y Evaluación de proyectos en Salud, Epidemiología, Gerencia de servicios de salud. Magister en Enfermería, Énfasis en Gerencia de Servicios de salud. Doctorado en Ciencias Gerenciales. aleydisjulio@unicesar.edu.co

<sup>3</sup> Abogado. Especialista en derecho tributario.

investigación, en el desarrollo del estudio, se presentan por parte de los autores propuestos en busca de soluciones aplicadas al tema del problema investigado, haciendo un resumen del aporte teórico o conocimiento sobre el objeto de estudio, seguido de las diferentes conclusiones según los hallazgos de la investigación. Asimismo, en el contexto de esta investigación, se ha considerado importante seguir investigando, en aras de generar espacios donde se discutan en profundidad temas referentes a la mezcla de marketing, y analizar los atractivos recreacionales en la zona para extenderlos a nivel regional, nacional e internacional, para lo cual se ha estructurado en los diferentes indicadores; de igual manera se analizará la metodología utilizada, los resultados y la conclusión.

### Metodología

Los principios metodológicos de la presente investigación se fundamentaron desde el aspecto epistemológico en el paradigma positivista, dentro del enfoque cuantitativo; al respecto Vieytes (2004), señala la naturaleza de ese paradigma, busca describir los hechos, prestando escasa atención a los estados subjetivos de los individuos, así como anuncia que el enfoque cuantitativo, busca un conocimiento sistemático, comparable, comprobable, medible y replicable, explica los fenómenos naturales y generaliza las conclusiones. De igual manera, como lo señala Bonilla et al (2005:47) citado por Pelekais, Seijo y Tromp (2014), la regla de oro del método científico es abordar el conocimiento de la realidad social a partir de sus propios parámetros, es decir, conocer la realidad respetando sus particularidades. De igual forma afirman desde la perspectiva del método cuantitativo, que los conceptos no son el punto de arranque o de partida del proceso de investigación, sino, la meta a la que se quiere llegar a partir de descripciones no estructuradas de la realidad, según sea comprendida e interpretada por sus actores. El objetivo del estudio se orientó hacia el contexto de la caracterización de la mezcla de marketing turística en los atractivos recreacionales en el departamento del Cesar, Colombia, en donde se describieron los fenómenos de forma objetiva, crítica y neutral, por parte de los investigadores. La investigación es de tipo analítico, descriptivo, en virtud de que buscó profundizar acerca de cada variable sin llegar a manipularlas. Según Hernández et al (2010), este tipo de investigación consiste en el análisis de las definiciones relacionadas con la temática, para estudiar sus elementos en forma exhaustiva y poderlos comprender con mayor profundidad. Por otro lado, Tamayo (2014), expone que la metodología cuantitativa se fundamenta en la construcción y medición de dimensiones, indicadores e índices de variables, y los datos deben responder a estos factores, por lo cual tendrán validez si son verificables o no, lo cual quiere decir, que deben ser observados y contrastados de alguna forma. De acuerdo con los autores estudiados, la presente investigación es de tipo no experimental transeccional, de campo; pues se desarrollará en un solo momento en el tiempo. Para efectos de la interpretación de los puntajes, se siguieron los lineamientos de los cuestionarios tipo Likert, se elaboró una escala de ponderación para determinar el valor del Índice Ponderado (Baremo), el cual permitió establecer en porcentaje, el nivel de cumplimiento considerado por las personas encuestadas. Por tanto, los puntajes con tendencia hacia el siempre, representan una fuerte presencia de cumplimiento, frente a los puntajes con tendencia hacia el Nunca, que reflejan una débil presencia de cumplimiento. El Índice Ponderado es de 67%.

### MEZCLA DEL MARKETING

Sostiene Ayala G. (2010), que el Mix de Marketing se define como un conjunto de herramientas de control que pueden ser manipuladas para satisfacer objetivos específicos y atraer a los mercados-objetivos predefinidos, la opinión varía en cuanto a cuales elementos constituyen totalmente el mix de marketing aplicado al turismo. Mientras que para Kotler y Armstrong (2012), la mezcla de Marketing es el conjunto de herramientas tácticas de mercadeo (producto, precio, plaza y promoción) que la empresa combina para producir la respuesta deseada en el mercado meta. La mezcla consiste en todo lo que la empresa es capaz de hacer influir en la demanda de su producto. Otros autores como Stanton, Etzel y Walker (2007), coinciden con la definición y plantearon que la mezcla de mercadeo es la combinación de un producto, la distribución, el precio y la promoción del mismo para satisfacer las necesidades de un mercado meta y los objetivos de marketing.

Por su parte, Zeithalm y Britner (2006), definen la mezcla de mercadeo tradicional como las cuatro Ps: producto, precio, plaza y promoción. A su vez, la noción de la mezcla implica que todas las variables se interrelacionen y dependan una de la otra en la medida de lo posible, pues la integración de las mismas genera la creación de estrategias, las cuales van a permitir cumplir los objetivos.

Igualmente, para Kotler y Keller (2006), la herramienta o variable fundamental de la mezcla de mercadeo en una empresa es el producto, el cual representa la oferta tangible de la compañía en el mercado, incluyendo calidad, diseño, marca, empaque y otras características. Mientras, el precio forma parte de un instrumento crítico en la mezcla de mercadeo, es decir la cantidad de dinero que los clientes deben pagar por el producto o servicio. Así mismo, Lamb, Hair y Mcdaniel (2006), argumenta que la mezcla de marketing es la mezcla única de distribución, promoción y estrategias de precios diseñada para producir intercambios mutuamente satisfactorios con un mercado meta. Así pues, la plaza comprende las diferentes actividades, la cual la empresa emprende para que el producto sea accesible y este a disposición de los consumidores metas. Finalmente, la promoción intuye las diversas funciones realizadas por la empresa para comunicar la excelencia de sus productos o servicios y persuadir a los clientes para su adquisición.

De igual modo, para Solomon (2007), está conformada por un conjunto de factores manipulables por la organización, es decir, son agentes controlables por la misma; pues consisten en una serie de instrumentos que son usadas en conjunto para crear una respuesta deseada en un grupo de consumidores predeterminados. Estas herramientas incluyen al producto, precio, plaza y promoción.

En este contexto, Kotler y Armstrong (2008), la definen como el conjunto de herramientas controlables de mercadeo, de igual modo, para Solomon (2007), consisten en una serie de herramientas, las cuales son usadas en conjunto para crear una respuesta deseada, asimismo, Zeithalm y Britner (2006), expresan que todas las variables se interrelacionan y dependen una de otra para generar la creación de estrategias, finalmente, para Kotler y Keller (2006), la herramienta fundamental en la mezcla de mercadeo es el producto, la crítica es el precio, mientras, la plaza y la promoción comprende las diferentes actividades realizadas por la empresa para que el producto sea accesible y sea conocido.

Para Sacuzzo D. (2007), citado por Quiñones A. (2012), la mezcla de mercadeo abarca cuatro campos básicos de la toma de decisiones, a saber: el producto, la plaza (distribución), la promoción y el precio los cuales se conocen como las cuatro P's, 1ª estrategia que elija la empresa para posicionar su producto es clave para preparar la mezcla de mercadeo adecuada.

Con base en lo expuesto, los señalamientos de los autores coinciden en la conformación de varios elementos en la mezcla de mercadeo, (las cuatro P del marketing) lo que indican la existencia de cuatro aspectos esenciales para el desarrollo estratégico de la empresa, los cuales son fundamentales para el éxito en cuanto a la satisfacción tanto del mercado como de la propia organización.

También los autores, coinciden al señalar a la mezcla de marketing, como todas aquellas herramientas o variables utilizadas por una empresa para alcanzar sus objetivos en el mercado al que apunta donde intervienen el producto, precio plaza y promoción. De este modo, el investigador fija posición con todos los autores que definieron la mezcla de mercadeo, quienes refieren la combinación de cuatro variables o elementos básicos a considerar para la toma de decisiones en cuanto a la planeación de la estrategia de mercadeo para el desarrollo y desenvolvimiento de la empresa turística.

En consecuencia, el investigador toma en consideración lo planteado por Solomon (2007), pues el mismo expresa que la mezcla forma parte de un nivel táctico del mercadeo, al igual que Kotler, en el cual las estrategias se transforman en acciones concretas para que una empresa pueda llegar al mercado con un producto o servicio, el cual satisfaga sus necesidades o deseos, a un precio estipulado, con un sistema de distribución útil; y con un buen sistema de promoción, es decir, coloque el producto en los lugares correctos y en el momento oportuno y al precio adecuado, así como un mensaje y una distribución apropiada para comunicar de forma efectiva y eficaz hasta satisfacer plenamente al cliente.

## Producto

Al respecto, Kotler y Armstrong (2012), lo define como cualquier bien que se ofrezca a un mercado para su atención, adquisición, uso o consumo, y que podrá satisfacer un deseo o una necesidad. Según el mismo Kotler (2007), señala el producto turístico es cualquier cosa que pueda ofrecerse en el mercado, susceptible de adquisición, uso o consumo satisfaciendo un deseo o necesidad. Así como, también hacer referencia a un objeto físico, un servicio, una persona, un lugar, una organización y hasta una idea. Para Middleton (2004), el producto turístico es la suma de los componentes tangibles e intangibles, basados en una serie de actividades en destino, percibida por los visitantes como una experiencia que es valorada a un cierto precio.

Así mismo, Solomon (2007), dice que la variable producto es un bien, servicio, idea, lugar, persona, cualquier cosa que se ofrezca en venta para el intercambio. Este aspecto de la mezcla de mercadeo incluye el diseño, empaque de un bien, así como sus características físicas o cualquier servicio asociado con él, como la entrega,

garantía, servicios post ventas, entre otros. Por su parte, para Lambin, Hair y McDaniel (2006), el producto es todo aquello que puede ofrecerse para satisfacer una necesidad o un deseo. La importancia no consiste tanto en la posesión, sino en disfrutar los beneficios brindados por los productos. Asimismo, estos son administrados por otros vehículos como personas, lugares, actividades, organizaciones e ideas.

En resumen, para Kotler es cualquier bien que se ofrezca a un mercado, para Solomon (2007), la variable producto es cualquier cosa, la cual se ofrece en venta para el intercambio. A su vez, Lambin y Mc Daniel (2006), lo definen como todo aquello que puede brindarse para satisfacer una necesidad y para Lambin y otros es todo aquello que pueda ofrecerse para satisfacer una necesidad.

Por lo antes expuesto, el investigador fija su postura con lo expuesto por Kotler y Armstrong (2012), debido a que el producto es cualquier bien ofrecido a un mercado para su atención, adquisición, uso o consumo, y que podrá satisfacer un deseo o una necesidad. Un producto puede ser un bien o un servicio o la mezcla de ambos como lo es en este caso el turismo, a través de procesos de intercambios los turistas podrán acceder a ellos, beneficiándose de sus diferentes atributos. Igualmente, el producto no se limita a los objetos físicos, puede ser cualquier cosa capaz de satisfacer una necesidad, puede ser tangible o intangible.

Dentro de esta perspectiva, al contrastar los autores, todos hacen referencia sobre la percepción como una idea o la sensación interior resultado de una impresión material realizada en los sentidos. Para los investigadores, los señalamientos coincidentes de los autores son aceptados para la presente investigación, por cuanto explican lo cual se pretende medir en los visitantes y/o turistas en el municipio de Valledupar. Al mismo tiempo, los productos incluyen personas, lugares, organizaciones e ideas. En el caso específico de este estudio, un turista decide a cual destino ir y que adquirir del mismo en sus próximas vacaciones. Así, una persona concluye pasar sus vacaciones en una exótica playa alimentándose de los afrodisiacos platos, los cuales allí se preparan y están acordes a su expectativa y además unas cortas vacaciones o descanso por ocio en cualquier parte.

En el caso del turismo, se utiliza frecuentemente las palabras turismo o servicio ofrecido, pues el concepto “producto turístico” no refleja correctamente la naturaleza de este. En turismo el producto es un conjunto de características físicas y del servicio asociadas que esperan satisfacer los requerimientos y necesidades del comprador. Algunos de los activos más comunes en turismo consideran sol, mar y arena para turismo de descanso, o vida salvaje para turismo de safari. Montañas, lagos, ríos y bosques para turismo escénico y de aventura. Activos culturales representados por ambientes recreados, como monumentos históricos, costumbres locales como artesanía, música y danzas típicas para el turismo cultural. El producto en turismo sin embargo, incluye otro tipo de activos necesarios, como sistema de transporte y alojamiento, servicios de alimentación, etc., como un todo.

El grado de atracción de un destino y, en consecuencia, de competitividad del producto turismo dependerá de la calidad y accesibilidad de los activos disponibles, y del modo en el cual los activos naturales y culturales son administrados u conservados. En todas las locaciones alejadas de los principales centros urbanos los clientes debieran disponer de acceso a servicios financieros, de telecomunicaciones y médicos. Obviamente es esencial que el turista cuente con todos los medios para asegurar su seguridad personal.

### **Precio**

Kotler y Armstrong (2012), lo define como la cantidad de dinero que se cobra por un producto o servicio, o la suma de los valores que los consumidores dan a cambio de los beneficios de tener o usar el bien o servicio. El mismo Kotler (2007), dice que el precio es el único elemento del mercadeo turístico que genera ingresos.

Todos los demás representan gastos. La fijación de precios es la variable de mercadeo menos comprendida, pero aun así puede controlarse en un mercado no intervenido. Los cambios en los precios son a menudo decisiones súbitas tomadas sin el debido análisis. Del mismo modo Browen (2005) comenta que el precio, es la cantidad de dinero cobrada por un producto o un servicio.

Así mismo, Kerin, Berkowitz, Hartley y Rudelius (2003), lo definieron como un factor importante que afecta las utilidades de una empresa y también afectan indirectamente los costos, ya que las cantidades vendidas pueden afectar a dichos costos. De este modo las decisiones sobre el precio influyen tanto en el ingreso total como en el costo total.

En ese sentido, Abascal (2008), señala que las estrategias de precios se elaboran en función de los objetivos que se desean conseguir como de las restricciones marcadas por el entorno, clasificándolas en cinco grupos: basadas en mercado y demanda, con base en el precio de los competidores, en la psicología del consumidor, en costes además de beneficios, en precio como novedad de producto. El precio del producto estará

determinado por la demanda ya que ésta constituye una serie de relaciones y cantidades. El incremento de la demanda de un bien produce una elevación considerable en el precio.

En este orden de ideas, Ayala G. (2010), sostiene que la P de precio en turismo es algo redundante en el rol del marketing en los destinos porque es muy difícil controlar los precios a lo largo del canal de suministros. Esto no quiere decir que el precio sea poco importante, si no que debido al gran grado de intangibilidad reduce las posibilidades de comparación objetiva en los consumidores. Para dicha investigación es importante considerar estas estrategias, pues facilitan el éxito en las organizaciones, como las agencias de turismo estudiadas. Asimismo, para este estudio se toma en cuenta los planteamientos de Kotler y Armstrong (2012), ya que en cierta forma se adapta a los elementos de dicho estudio, resaltando la importancia que tienen las estrategias de precios para cualquier sector de la economía y en especial para el turismo.

### **Distribución**

Al respecto, Kerin, et al (2003) argumentan que consiste en individuos y empresas que participan en el proceso de hacer que un bien o servicio esté disponible para los consumidores finales o usuarios industriales. De igual manera para Kotler y Armstrong (2012), lo define como el conjunto de organizaciones interdependientes que participan en el proceso de hacer que un producto o servicio esté a disposición del consumidor o usuario de negocios.

Igualmente, para Lovelock y Wirtz (2008), la distribución se refiere a la manera de cómo se va a poner el producto en el mercado teniendo en cuenta los clientes al cual este se va a dirigir, en razón a ellos, existen dos formas de ubicar los productos en el mercado: de manera directa o indirecta. Una distribución directa es cuando quien produce el producto, es el mismo que lo vende, o hace que este llegue al consumidor final. En tal sentido, mientras más largo sea el canal de distribución se convierte en una mayor complejidad realizar controles; pues, depende de la manera en que se ha de elegir el canal. Sin embargo, algunas condiciones pueden ser aplicadas por la capacidad financiera que tenga el productor, lo sensible del producto, así como la exclusividad, la cual le quieran dar al producto o servicio.

Así mismo Ayala G. (2010), plantea que en el contexto turístico, plaza o distribución se define como las vías a través de las cuales un turista accede, se registra, confirma y paga por el producto turístico. Esto incluye tanto la locación como todos los puntos de venta establecidos, ya sean un ubicaciones físicas o a través de canales de comunicación telefónica o por Internet. Dada la naturaleza particular del turismo, en esta industria los intermediarios cobran un rol muy relevante. Los intermediarios son principalmente operadores turísticos, agencias de viaje y con un protagonismo creciente, los portales web. Al igual que en el caso de precio, también se considera que el rol de plaza es redundante en el mix de marketing pues el ofrecimiento es una experiencia y esta no puede ser adquirida desde un mostrador.

De igual forma la única posibilidad de influir a través del marketing es listar las carteras turísticas disponibles, de manera que cuando un consumidor visite uno de los intermediarios para solicitar información o para hacer una reservación, los intermediarios puedan tocar al potencial cliente con información (comunicación verbal) o con material impreso.

### **Promoción**

Es preciso acotar que Kotler y Armstrong (2012), sustentan que son los incentivos a corto plazo que fomentan la compra o la venta de un producto o servicio. Además el mismo Kotler y otros (2005), dicen que el mix promocional consiste en una combinación específica de publicidad, promoción de ventas, relaciones públicas y venta personal para conseguir los objetivos de publicidad, así como los objetivos de mercadeo. Señalan los autores que la comunicación rebasa estas herramientas de promoción específicas. El diseño del producto, su precio, la forma, el color de su empaque y las tiendas de ventas, todo comunica algo a los compradores.

Aunque la mezcla promocional es la principal actividad de comunicación de una compañía, toda la mezcla de mercadeo debe coordinarse para obtener mejor impacto de comunicación.

Así mismo, Stanton W., Etzel M. y Walker B. (2007), dicen que la promoción es el elemento en la mezcla de marketing, de una organización que sirve para informar, persuadir y recordarle a un mercado sobre cierto producto o la organización que la vende, con la esperanza de influir en los sentimientos, creencias o comportamiento de los receptores de la acción promotora.

Por otro lado, Fernández (2008) plantea que es un conjunto de actividades realizadas por la empresa como consecuencia del ofrecimiento de un incentivo durante un período indeterminado de tiempo, que implican la coordinación de diferentes áreas funcionales de la empresa para la consecución de determinados objetivos

comerciales. El citado autor explica que la promoción de venta se utiliza en la mayoría de las ocasiones con el único objetivo de incrementar ventas. Puede llegar a ser una actividad imprescindible para fomentar nuevos usos de los productos actuales, así como la presentación y venta de nuevos productos o servicios a los clientes.

De igual manera Ayala G. (2010), plantea que la promoción es una de las principales P en el mix de marketing en turismo y es una herramienta fundamental que determina el grado de éxito en el mercado. La promoción se ocupa de asegurar que los clientes conozcan los productos que la organización tiene disponible para ellos. Es vital que haya focalización en la promoción, mientras que el rol sobre el producto es de apoyo, influencia y motivación. Sin embargo, con la promoción un destino busca estar en control o asegurar el desarrollo y las comunicaciones para que el mensaje sea lo más efectivo posible para el audiencia, tomando en consideración la diferenciación por segmentos entre los potenciales clientes.

Según Ayala los objetivos de una estrategia promocional podrían ser, por ejemplo:

- Incrementar las ventas.
- Mantener o mejorar la participación de mercado.
- Incrementar el reconocimiento, interés deseo o acciones en la audiencia objetivo o mover la audiencia objetivo de un escenario al siguiente.
- Fortalecer o cambiar la imagen o posicionamiento.
- Generar prospectos y nuevas oportunidades de negocio.
- Modificar los patrones de comportamiento del comprador de acuerdo con la estacionalidad o por el tiempo entre momento de compra y consumo.

Cabe agregar que para alcanzar los objetivos promocionales dada una estrategia promocional, el mix promocional apropiado debe diseñarse adecuadamente. El mix promocional es la combinación de diferentes canales que es usada para comunicar un mensaje promocional. Esto incluye la selección adecuada de herramientas como avisaje, marketing directo, promoción de ventas, relaciones públicas y publicidad, venta personal, y auspicios. Típicamente las organizaciones usan una combinación de estas estrategias para apoyar a otro evento promocional.

En ese sentido las teorías expuestas son coincidentes en la definición de esta estrategia, quedando definida entonces como aquellas actividades comerciales distintas de la venta personal y la publicidad, para estimular la eficiencia compradora del consumidor y del distribuidor. Utiliza básicamente canales que facilitan un contacto personal o directo con los clientes, ofreciéndole un incentivo temporal que promueve la conducta de compra de los paquetes turísticos.

Por tal motivo, esta orientación hacia el mercado meta y mediante una investigación de los elementos que hagan satisfacer sus deseos y necesidades, ayudan al establecimiento de estrategias dentro del plan de marketing para el impulso del posicionamiento.

Por lo antes expuesto, la promoción hace uso de numerosas disciplinas tales como la psicología, sociología, estadística, comunicación social, economía, así como antropología, a fin de crear una imagen de marca persuasiva para producir, mantener o incrementar las ventas.

Así pues, la promoción consiste en dar a conocer los productos o servicios de forma directa, así como personal, además de ofrecer valores e incentivos adicionales que para el caso específico de este proyecto, serán atractivos turísticos del servicio, ofrecidos a la población y consumidores denominados turistas; este esfuerzo de ventas no es constante como en el caso de la publicidad.

En resumidas cuentas, en la promoción interviene la publicidad, también incluye las ventas, ofertas y las relaciones públicas, se podría decir que la mejor promoción es por recomendación, por cuanto, un cliente satisfecho lo recomendará con tres más, pero un cliente insatisfecho se lo contará a varios conocidos.

### **La Posventa**

Según los autores Stanton, Etzel y Walker (2007), la etapa final del proceso de venta es una serie de actividades posventa que fomentan la buena voluntad del cliente y echan los cimientos para negocios futuros. Los servicios de posventa tienen el objetivo de asegurar la satisfacción e incluso la complacencia del cliente. Es en esta etapa donde la empresa puede dar un valor agregado que no espera el cliente pero que puede ocasionar su lealtad hacia la marca o la empresa. Por otro lado Pallares (2015), sustenta que la post-venta se entiende como todos los esfuerzos que se llevan a cabo después de efectuada la venta, para satisfacer al cliente e irlo fidelizando cada vez más con la marca, con la finalidad de que repita su compra y/o recomiende a la empresa.

Por lo tanto es importante tener presente que una vez al comprar los clientes, se olvidan de ellos, dejando pasar una valiosa oportunidad que significa mantenerse en contacto en una relación de posventa, por lo que es recomendable tener las siguientes ideas para mantener los clientes: mide su satisfacción, mantente comunicado con él, agradece, pide opinión, has un programa de afiliado, has una lista de referido, promociones especiales constante, entre otras. Es preciso acotar que las empresas están encontrando formas creativas de ir más allá de las expectativas de los clientes, y mejoran así la retención de los mismos. Como resultado, el marketing tendrá una tendencia a reconocer cada vez más la necesidad de la postventa. El manejo de los índices de satisfacción del cliente será la guía de actuaciones cotidianas y elaboración de estrategias centradas en la atención al cliente. En este sentido, el trato directo con los clientes, especialmente en los momentos que ha sufrido una mala experiencia con el producto, resultará una nueva oportunidad de fidelización de la marca. El servicio de postventa debe ser asimilado por todos en la organización como una estrategia competitiva.

### Análisis de Resultados

El análisis representa una de las tareas más fecundas y atractivas del proceso de investigación, pero también la más compleja, debido a que la espiral de la comprensión depende de la naturaleza de los datos manejados, las técnicas e instrumentos utilizados para recogerlos, así como el basamento teórico, según los cuales es desarrollada la investigación. Es oportuno recordar que el objetivo general de la presente investigación estuvo orientado a caracterizar la mezcla de marketing turístico en los atractivos recreacionales en Valledupar- Colombia, cuyos resultados se presentan a continuación.

En la tabla 1 se refleja la dimensión mezcla de marketing turístico con sus indicadores, producto, precio, plaza, promoción y posventa. Al consultar a los encuestados sobre el producto, encontramos que el (58%) de los encuestados contestó que Siempre, el (27%) respondió Casi Siempre; el (15%) dijo A Veces pero no hubo respuestas en el Casi Nunca y el Nunca. Dejando indicado que el producto para Kotler y Keller (2006), la herramienta fundamental en la mezcla de mercadeo es el producto, la crítica es el precio, mientras, la plaza y la promoción comprenden las diferentes actividades realizadas por la empresa para que el producto sea accesible y sea conocido. Al respecto, Kotler y Armstrong (2012), lo define como cualquier bien que se ofrezca a un mercado para su atención, adquisición, uso o consumo, y que podrá satisfacer un deseo o una necesidad.

Asimismo, Kotler (2007), señala que el producto turístico es cualquier cosa que pueda ofrecerse en el mercado, susceptible de adquisición, uso o consumo satisfaciendo un deseo o necesidad. Así como, también hacer referencia a un objeto físico, un servicio, una persona, un lugar, una organización y hasta una idea. Con relación a lo planteado por estos autores analizamos las respuestas obtenidas en este indicador y en cuanto a las preguntas realizadas para ver si los productos de la región hacen parte de la atractividad recreativas obteniendo que tan solo un (58%) respondieron que Siempre o sea que hay que elaborar más productos turísticos y planes encaminados al público para que sean más atractivos. También al preguntar si los productos o servicios turísticos que se ofrecen en la región llenan las expectativas de los clientes potenciales, contestaron que casi Nunca y Nunca, indicándome que hay que hacer un trabajo muy fuerte para que se llenen esas expectativas haciendo una variedad de estrategias para hacer que los servicios y productos sean competitivos.

Tabla 1

Indicador Producto												
PREGUNTAS	ALTERNATIVAS DE RESPUESTAS											
	SIEMPRE		CASI SIEMPRE		A VECES		CASI NUNCA		NUNCA		TOTAL	
	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
39	13	81,3	3	18,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16	100
40	11	68,8	4	25,0	1	6,3	0	0,0	0	0,0	16	100
41	4	25,0	6	37,5	6	37,5	0	0,0	0	0,0	16	100

<b>TOTAL</b>	28	175	13	81,25	7	43,75	0	0	0	0	48	300
<b>MEDIA</b>	9,3	<b>58</b>	4,3	<b>27</b>	2,3	<b>15</b>	0,0	<b>0</b>	0,0	<b>0</b>	16	100

Fuente: Encuesta del estudio

En la tabla 2 se observa que el 33% contestó Siempre, un 38% dijo Casi Siempre, apreciando así una débil presencia de cumplimiento en cuanto a lo atractivo de los planes turísticos para los turistas, de la flexibilidad de los precios de los portafolios que se difunden en la zona. El investigador asume que es fundamental mantener la flexibilidad del precio, porque en términos generales, el turista va relacionar el atractivo turístico con el precio y como sustenta Kotler (2007), el precio es el único elemento del mercadeo turístico que genera ingresos. Todos los demás representan gastos. La fijación de precios es la variable de mercadeo menos comprendida, pero aun así puede controlarse en un mercado no intervenido. Es importante anotar que el 23% contestó A Veces, el 4% Casi Nunca y el 2% dijo Nunca a estas preguntas.

Tabla 2

Indicador Precio												
PREGUNTAS	ALTERNATIVAS DE RESPUESTAS											
	SIEMPRE		CASI SIEMPRE		A VECES		CASI NUNCA		NUNCA		TOTAL	
	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
42	4	25,0	9	56,3	1	6,3	1	6,3	1	6,3	16	100
43	5	31,3	4	25,0	6	37,5	1	6,3	0	0,0	16	100
44	7	43,8	5	31,3	4	25,0	0	0,0	0	0,0	16	100
<b>TOTAL</b>	16	100	18	112,5	11	68,75	2	12,5	1	6,25	48	300
<b>MEDIA</b>	5,3	<b>33</b>	6,0	<b>38</b>	3,7	<b>23</b>	0,7	<b>4</b>	0,3	<b>2</b>	16	100

Fuente: Encuesta del estudio

En la tabla 3 el mayor valor se reflejó en las respuestas de Siempre (48%), seguido por Casi Siempre (38%), lo que indica que se nota una débil presencia de cumplimiento y complementando con las respuestas de (10%) respondiendo que A Veces, (2%) contesto Casi Nunca y un (2%) dijo Nunca. Esto me indica que la distribución de los portafolios de servicios es débil nacionalmente, la forma de distribución de la publicidad poco logra incrementar el turismo y que se nota el poco compromiso de las organizaciones en el proceso de hacer más fácil la disponibilidad del producto o servicio hasta el consumidor. Así mismo Ayala (2010), dice que en el contexto turístico, plaza o distribución se define como las vías a través de las cuales un turista accede, se registra, confirma y paga por el producto turístico. Esto incluye tanto la locación como todos los puntos de venta establecidos, ya sean ubicaciones físicas o a través de canales de comunicación telefónica o por Internet

Tabla 3

Indicador Plaza					
PREGUNTAS	ALTERNATIVAS DE RESPUESTAS				
	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	A VECES	CASI NUNCA	NUNCA

	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
45	6	37,5	7	43,8	1	6,3	1	6,3	1	6,3	16	100
46	10	62,5	4	25,0	2	12,5	0	0,0	0	0,0	16	100
47	7	43,8	7	43,8	2	12,5	0	0,0	0	0,0	16	100
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>143,75</b>	<b>18</b>	<b>112,5</b>	<b>5</b>	<b>31,3</b>	<b>1</b>	<b>6,25</b>	<b>1</b>	<b>6,25</b>	<b>48</b>	<b>300</b>
<b>MEDIA</b>	<b>7,7</b>	<b>48</b>	<b>6,0</b>	<b>38</b>	<b>1,7</b>	<b>10</b>	<b>0,3</b>	<b>2</b>	<b>0,3</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>100</b>

Fuente: Encuesta del estudio

En la tabla 4 se observa que el (35%) contestó Casi Siempre y (29%) dijo que Siempre, de igual manera el mismo porcentaje respondió A Veces, mostrándose que hay débil presencia de cumplimiento según el baremo (67%). O sea que el público está poco informado acerca de las promociones que se divulgan en la zona, está muy débil la impulsión para incrementar el número de turista y los medios de difusión de la promoción no son tan adecuados para implementar el turismo en la zona. Esto hace pensar al investigador que hay muchas actividades por hacer y muchos medios por diseñar para que se pueda promocionar en todos los rincones locales, nacional e internacionalmente hasta conseguir implementar el turismo en Valledupar. De igual manera Ayala (2010), dice que la promoción es una de las principales P en el mix de marketing en turismo y es una herramienta fundamental que determina el grado de éxito en el mercado. La promoción se ocupa de asegurar que los clientes conozcan los productos que la organización tiene disponible para ellos. Es vital que haya focalización en la promoción, mientras que el rol sobre el producto es de apoyo, influencia y motivación. Siendo así los clientes con una buena promoción decidirán cambiar cualquier otro destino para preferir venir a Valledupar.

Tabla 4

<b>Indicador Promoción</b>												
<b>PREGUNTAS</b>	<b>ALTERNATIVAS DE RESPUESTAS</b>											
	<b>SIEMPRE</b>		<b>CASI SIEMPRE</b>				<b>CASI NUNCA</b>		<b>NUNCA</b>		<b>TOTAL</b>	
	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
48	3	18,8	5	31,3	5	31,3	3	18,8	0	0,0	16	100
49	6	37,5	7	43,8	3	18,8	0	0,0	0	0,0	16	100
50	5	31,3	5	31,3	6	37,5	0	0,0	0	0,0	16	100
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>87,5</b>	<b>17</b>	<b>106,25</b>	<b>14</b>	<b>87,5</b>	<b>3</b>	<b>18,75</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>48</b>	<b>300</b>
<b>MEDIA</b>	<b>4,7</b>	<b>29</b>	<b>5,7</b>	<b>35</b>	<b>4,7</b>	<b>29</b>	<b>1,0</b>	<b>6</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>100</b>

Fuente: Encuesta del estudio

En la tabla 5 el (42%) de los encuestados contestaron que Casi Siempre hay un servicio después de la venta, el (27%) dijo Siempre a las preguntas realizadas en el instrumento para este indicador, el (21%), contestó A Veces, de igual manera el (6%) respondió Casi Nunca y el (4%) dijo Nunca el servicio después de la venta en los paquetes turísticos existentes hacen que retornen los clientes e inviten a más clientes para disfrutar también, los servicios extras e incentivos son beneficios contemplados en los paquetes turísticos de la región, pero que el servicio posventa en los planes turísticos de la región se le da poco cumplimiento.

Por otro lado Pallares (2015), sustenta que la post-venta se entiende como todos los esfuerzos que se llevan a cabo después de efectuada la venta, para satisfacer al cliente e irlo fidelizando cada vez más con la marca, con la finalidad de que repita su compra y/o recomiende a la empresa.

De esta manera es preciso acotar que las empresas están encontrando formas creativas de ir más allá de las expectativas de los clientes, y mejoran así la retención de los mismos. Como resultado, el marketing tendrá una tendencia a reconocer cada vez más la necesidad de la postventa. El manejo de los índices de satisfacción del cliente será la guía de actuaciones cotidianas y elaboración de estrategias centradas en la atención al cliente. En este sentido, el trato directo con los clientes, especialmente en los momentos que ha sufrido una mala experiencia con el producto, resultará una nueva oportunidad de fidelización de la marca ofreciéndole una garantía.

**Tabla 5**

<b>Indicador Postventa</b>												
<b>PREGUNTAS</b>	<b>ALTERNATIVAS DE RESPUESTAS</b>											
	<b>SIEMPRE</b>		<b>CASI SIEMPRE</b>		<b>A VECES</b>		<b>CASI NUNCA</b>		<b>NUNCA</b>		<b>TOTAL</b>	
	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
51	4	25,0	10	62,5	2	12,5	0	0,0	0	0,0	16	100
52	5	31,3	5	31,3	4	25,0	1	6,3	1	6,3	16	100
53	4	25,0	5	31,3	4	25,0	2	12,5	1	6,3	16	100
<b>TOTAL</b>	13	81,25	20	125	10	62,5	3	18,75	2	12,5	48	300
<b>MEDIA</b>	4,3	<b>27</b>	6,7	<b>42</b>	3,3	<b>21</b>	1,0	<b>6</b>	0,7	<b>4</b>	16	100

**Fuente:** Encuesta del estudio

### Discusión de resultados

En la tabla 6 se encuentra resumido el marketing mix y detallaremos lo siguiente: el (58%) de los encuestados respondió que Siempre, el (27%) dijo Casi Siempre, los productos de la región hacen parte de los atractivos recreacionales, los planes turísticos están al alcance de los visitantes y los productos o servicios turísticos que se ofrecen en la región no llenan en su totalidad las expectativas de los clientes potenciales, observándose así un porcentaje muy bajo con respecto al baremo encontrado en la investigación (67%), lo que indica que porcentajes más bajos que este demuestran una presencia muy débil de cumplimiento, por lo que hay que emprender unas acciones y mejorar el portafolio de productos.

A su vez se observa que el (48%), (33%), (29%) y (27%) fue la respuesta de Siempre en los indicadores plaza, precio, promoción y postventa respectivamente. En este contexto se puede entrever la débil presencia de cumplimiento según el baremo, puesto que hace falta implementar la circulación de portafolios de servicios a nivel nacional, establecer más compromisos con las organizaciones de turismo regionales, hacer más atractivos los precios de los planes turísticos, hacerlo todo un atractivo para los visitantes, impulsar los sitios recreacionales con promociones atractivas, difundir los planes por todos los medios hasta llegar al oído del turista y además hacer los servicios de postventa para que los visitantes regresen y traigan más turistas a la zona.

Por otro lado se visiona un (42%) en el indicador postventa, un (38%) para los indicadores plaza y precio, pero para el indicador promoción es un (35%) contestando Casi Siempre. O sea que tampoco miran los encuestados estos indicadores como efectivos para poder implementar los sitios turísticos en la zona. De igual manera en las respuestas A Veces sobresale el indicador promoción con un (29%), seguido por los indicadores precio (23%), postventa (21%), producto (15%) y plaza (%). En una forma no muy segura por los participantes cuando referían sus respuestas.

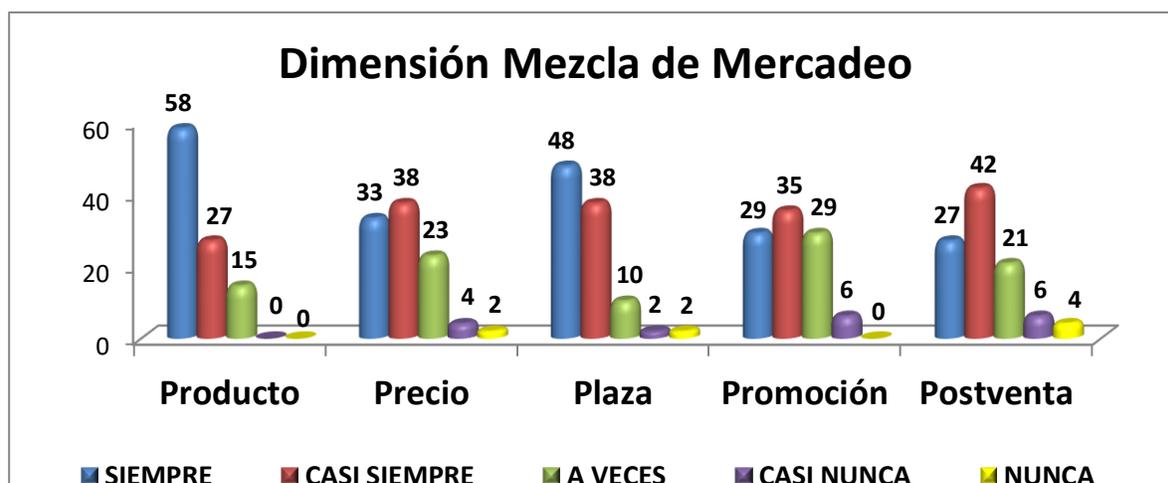
Asimismo las respuestas de Casi Nunca fueron del (6%) en los indicadores promoción y postventa. Sin embargo contestaron Nunca el (4%) en el indicador postventa, indicando que esos servicios hay que implementarlos para que el recuerdo no sea desastroso por parte del visitante; hay que reestructurar los precios

y la distribución para que el turista pueda obtener los productos turísticos y así de esta manera lograr ser competitivo. Además hay que implementar acciones en los diseños de servicios para atraer a los turistas y que siempre su impresión sea la mejor en el disfrute de la gran gama de sitios turísticos que hay en la zona de Valledupar y sus alrededores.

**Tabla 6**

Dimensión mezcla de mercadeo												
PREGUNTAS	ALTERNATIVAS DE RESPUESTAS											
	SIEMPRE		CASI SIEMPRE		A VECES		CASI NUNCA		NUNCA		TOTAL	
Indicadores	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
Producto	9,3	<b>58</b>	4,3	<b>27</b>	2,3	<b>15</b>	0,0	<b>0</b>	0,0	<b>0</b>	16	100
Precio	5,3	<b>33</b>	6,0	<b>38</b>	3,7	<b>23</b>	0,7	<b>4</b>	0,3	<b>2</b>	16,0	100
Plaza	7,7	<b>48</b>	6,0	<b>38</b>	1,7	<b>10</b>	0,3	<b>2</b>	0,3	<b>2</b>	16	100
Promoción	4,7	<b>29</b>	5,7	<b>35</b>	4,7	<b>29</b>	1,0	<b>6</b>	0,0	<b>0</b>	16	100
Postventa	4,3	<b>27</b>	6,7	<b>42</b>	3,3	<b>21</b>	1,0	<b>6</b>	0,7	<b>4</b>	16,0	100,0
<b>TOTAL</b>	31	196	29	179	16	98	3	19	1	8	80	500
<b>MEDIA</b>	6	<b>39</b>	6	<b>36</b>	3	<b>20</b>	1	<b>4</b>	0	<b>5</b>	16	100

Fuente: Encuesta del estudio



**Conclusiones**

Se caracterizó la mezcla de marketing y se concluyó que los productos de la región hacen parte de los atractivos recreacionales, los planes turísticos están al alcance de los visitantes y los productos turísticos que se ofrecen en la zona no llenan en su totalidad las expectativas de los clientes potenciales. Asimismo se observó que hace falta establecer más compromisos entre las organizaciones de turismo regionales para que hagan más atractivos los precios de los planes turísticos e impulsen los sitios recreacionales. Hacen falta más sitios turísticos en la zona y un despliegue promocional por todos los medios para que el turista escoja como destino turístico a Valledupar.

Asimismo sobre los atractivos turísticos se concluyó que los visitantes llegan atraídos por la atraktividad de los sitios recreacionales en el municipio. Que la distancia no es obstáculo para disfrutar de la mayoría de los sitios turísticos en poco tiempo y que hay buenas vías de accesos para llegar a los sitios turísticos.

### Recomendaciones

De las tantas recomendaciones podemos destacar las siguientes: solicitar a las oficinas encargadas del turismo en la región, a las instituciones gubernamentales, a las empresas públicas y privadas, la implementación de todos los indicadores contemplados en este artículo. Utilizar el marketing y las tecnologías de punta al igual que las redes sociales para la publicidad de los portafolios turísticos de la zona y divulgarlos por todos los medios, buscando la implementación del turismo en los sitios recreacionales de la región. Hacer varias alianzas estratégicas entre las empresas privadas y los entes gubernamentales en aras de incrementar el número de turistas en la zona de estudio. Realizar cursos de capacitación en turismo y servicio a la gente por parte de personal calificado orientados al personal de los hoteles y guías turísticas buscando mejorar el trato al turista y la amabilidad para que se incremente el turismo en toda la zona. Elaborar una página web con su respectivo dominio del sitio utilizando los buscadores como google entre otros para que los turistas que quieran informarse sobre el destino y no conozcan la dirección del sitio web previamente, la encontrarán antes si utilizan este buscador e introducen el nombre del destino.

Se debe gestionar la generación de un impuesto, como elemento creador de ingreso para la oficina municipal de turismo, el cual servirá para la inversión de programas, dentro de los cuales empresarios, establecimientos hoteleros, restaurantes, tengan la obligación de cancelar este pago mensual, que se utilizaría para el patrocinio y conservación de los atractivos recreacionales con los que cuenta la región. También, se debe gestionar a través de organismos públicos la inversión a través de pequeñas y medianas empresas (cooperativas) la creación de posadas para cubrir la necesidad de albergue de los turistas que visitan la zona sobre todo para la temporada de festival vallenato.

### Referencias Bibliográficas

- Ayala (2010). **Estrategias de marketing para el turismo** Astronómico en la IV región. Tesis de maestría. Universidad de Chile.
- Avilés (2013). **Marketing turístico**. Curso: training tours internacional. Tema marketing turístico. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Browen (2005) **La situación del mundo Informe anual del WordWatch**. Editorial Icaria. España.
- Escobar Y González (2011) **marketing turístico**. Editorial síntesis
- Fernández R. (2008). **Estrategias corporativas de negocios internacionales**. Editorial Limusa. Madrid. España
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). **Metodología de la Investigación**. Mc Graw Hill. México
- Middleton, V. (1994). **Marketing in Travel and Tourism**. (2da. Ed.). But-terworth-Heinemann. Oxford.
- Kerin, R., Berkowitz, E., Hartley S. y Rodeluis W. (2003). **Marketing**. Séptima edición. Mc Graw. Hill. México.
- Kotler, P. Y Keller, K. (2006). **Direccionamiento de Mercadeo**. Octava edición. Versión para Latinoamérica, Prentice-Hall. México.

- Kotler, P., Bowen, J. Y Makens, J. (2008). **Marketing Turístico**. Tercera edición. Versión para Latinoamérica. Pearson, Prentice Hall. México.
- Kotler, P. Y Armstrong, G. (2008). **Fundamentos de Mercadotecnia**. 8ª Edición. Versión para Latinoamérica, Prentice Hall. México.
- Kotler, P. y Armstrong (2013). **Fundamentos de Marketing**. Décimo Primera edición. Editorial Pearson Educación. México.
- Kotler y otros (2008). **Fundamentos del mercadeo**. Octava edición. Versión para Kotler (2008). **Fundamentos de marketing**. Editorial Prentice. Octava edición. México Latinoamérica. Prentice Hall. México
- Lamb, Hair. Y Mc Daniel, (2006). **Fundamentos de Marketing**. Cuarta edición. Editorial Thomson. México.
- Lovelock, C. y Wirtz, J. (2008). **Mercadeo de Servicios: Personal, Tecnologías y Estrategias**. Prentice-Hall. México.
- Pallares (2015). **Ideas para crear un poderoso plan de postventa**. Artículo disponible en <http://www.merca20.com/ideas-para-crear-un-poderoso-plan-de-post-venta/3-03-2016>
- Pelekais, Seijo, Neumann y Tromp (2014). **EL ABC de la investigación. Guía** Stanton W., Etzel M., Walker b. (2007). **Fundamentos de Marketing**. Décimo cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill. México **didáctica**. Sexta edición. Maracaibo. Venezuela
- Tamayo y Tamayo (2014). **El proceso de la investigación científica**. Quinta Edición. Editorial Limusa. México.
- Vieytes (2004). **Metodología de las investigaciones en organizaciones, mercado y sociedad. Epistemología y técnicas**. Editorial de las ciencias. Argentina.

# SIMULACION EN CFD DE MOTOR COHETE A DIFERENTES RANGOS DE EMPUJE PARA UN LANZADOR REUTILIZABLE

Ing. Fernando Antonio Quintero Zapata<sup>1</sup>, Dr. Julio Valle Hernández<sup>2</sup>,  
Dr. José Manuel Gallardo Villarreal y Mtro. Jorge Guillermo Alonso Alfaro

**Resumen**— Los lanzadores espaciales han tenido distintas limitantes desde la carrera espacial, en donde la mayoría de los vehículos cumplían con un solo viaje antes de ser desechados, lo cual representaba un gasto enorme para las agencias. Lo anterior ha motivado la búsqueda de alternativas para reutilizar parte de las etapas de lanzamiento de los cohetes, una de estas alternativas consiste en mejorar el control de empuje mediante el flujo másico de los propelentes. En este trabajo se calculan las condiciones de operación de un motor cohete de 34 kN para los diferentes rangos de empuje desde un 100% a un 20%, así mismo se calculan las condiciones de frontera para la simulación en CFD de la dinámica de los gases que permite obtener el perfil de velocidades a lo largo de la tobera. El perfil de velocidades permite visualizar el comportamiento de los gases a la salida de la tobera, con lo cual se determina el rango de operación seguro del motor que no comprometa la etapa de lanzamiento.

**Palabras clave**—Motor cohete, regulación de empuje, simulación CFD.

## Nomenclatura

$F$	=	Empuje
$P_c$	=	Presión en cámara de combustión
$C_p$	=	Calor específico a presión constante
$\dot{W}$	=	Flujo masico
$A_t$	=	Área de garganta
$c$	=	Velocidad efectiva
$C_f$	=	Coefficiente de empuje
$I_{sp}$	=	Impulso específico
$\varepsilon$	=	Relación de expansión de área
$A_t$	=	Área de cámara de combustión
$A_e$	=	Área a la salida
$M_e$	=	Mach a la salida
$V_e$	=	Velocidad a la salida
$\gamma$	=	Relación de calores específicos

## Introducción

El análisis de los sistemas de propulsión para lanzadores espaciales con la capacidad de controlar su empuje es de suma importancia para las misiones en donde se busca recuperar parte de los cohetes utilizados para aterrizar el vehículo espacial en algún satélite o planeta. Lo anterior permitiría reutilizar dichos lanzadores, reduciendo con ello costos por lanzamiento y tiempo en la construcción de nuevas etapas del mismo. Los sistemas de propulsión con la capacidad de controlar su empuje pueden utilizarse en tareas de vuelo con corrección de trayectorias, ajuste o cambio de orbitas, incluso en misiles de persecución. Un motor cohete con empuje variable se puede catalogar acorde al porcentaje de reducción, la reducción de empuje en una razón de 3:1 se considera una regulación poco profunda, y el método de regulación típicamente se realiza mediante un sistema de inyección con una caída de presión alta, con

<sup>1</sup> Ing. Fernando Antonio Quintero Zapata es estudiante del programa educativo Maestría en Ingeniería Aeroespacial, Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, México. 192220123@upmh.edu.mx (**autor correspondiente**).

<sup>2</sup> Dr. Julio Valle Hernández es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

<sup>1</sup> Dr. José Manuel Gallardo Villarreal es Profesor Investigador de Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, México.

<sup>1</sup> Dr. Jorge Guillermo Alonso Alfaro es Profesor Investigador de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, México.

pequeñas consecuencias al rendimiento del motor y los sistemas de alimentación. Los motores cohete con una reducción de empuje en una proporción mayor de 4:1 se consideran con regulación profunda, y en este caso es más costoso el diseño de su sistema de regulación, por lo que se debe ser más creativo en el diseño del mismo [3].

### Metodología

A partir de la ecuación de empuje y mediante los parámetros de performance de la tobera se determina el flujo másico, así como la presión necesaria en la cámara de combustión, para una reducción de empuje en un rango de 4:1, siendo el empuje máximo de 34 kN a nivel del mar donde se pretende aterrizar la primear etapa de lanzamiento. Para la simulación de considera una relación de mezcla O/F constante. Mediante el empuje máximo se tiene una reducción porcentual lineal y la ecuación (1) permite obtener el flujo másico.

$$\dot{W} = \frac{F - A_{ex}(P_{out} - P_{amb})}{c} \quad (1)$$

Una vez obtenido del flujo masico se calcula la presión necesaria en la cámara de combustión mediante la ecuación (2), para obtener el empuje deseado. Siendo “c” (ecuación 3) la velocidad efectiva a la salida de la tobera la cual depende de los productos de la combustión. Además debido a que la tobera no tiene un perfil variable, el área de garganta se mantiene constante.

$$P_c = \frac{\dot{W}}{A_t} c \quad (2)$$

$$c = c^* C_f \quad (3)$$

Los resultados obtenidos de aplicar las ecuaciones (1), (2) y (3) se muestran en la tabla 1. Estos resultados sirven como condiciones iniciales para la simulación en CFD, que permitirá observar el comportamiento del flujo de los gases de combustión a los diferentes rangos de empuje a condiciones de nivel del mar.

Rango de reducción			
%	Empuje F (N)	W (kg/s)	Pc (kPa)
100	34000	12,8828071	4000
80	27200	10,8087442	3104
60	20400	8,10655816	2328
40	13600	5,40437211	1552
20	6800	2,70218605	776

Tabla 1

#### Preprocesamiento del modelo para simulación.

Para el preprocesamiento del modelo de simulación se requieren las dimensiones de la tobera. El modelado se realiza en dos dimensiones y se añade una sección extra para las condiciones ambientales, como se muestra en la figura 1. Posteriormente el modelo se importa al solucionador y se realiza un mallado estructural, dividiendo el modelo en diferentes secciones para obtener un mallado uniforme, y con ello se obtiene la solución del modelo. Los parámetros importantes para el diseño de la tobera son previamente calculados y se muestran en la tabla 2.

Isp (s)	Cp (J/kgK)	W (kg/s)	$\epsilon$	Ac (m <sup>2</sup> )	At (m <sup>2</sup> )	Ae (m <sup>2</sup> )	Me	Ve (m/s)	$\gamma$
257	1961.5	13.5	9.2	0,009661	0,006038	0.0558	3.33	2516.48	1.24

Tabla 2 Parámetros de tobera.



Figura 1 Mallado estructurado.

Nodes	33863
Elements	33301
Mesh metric	Skewness
Min	2.80e-8
Max	2.02e-2

Tabla 3. Datos de la malla.

*Condiciones de frontera y configuración para la simulación.*

Se realiza la simulación para cada rango de empuje a partir de los datos mostrados en la tabla 1. Para cada rango de empuje se modificó la presión en la cámara de combustión para obtener el empuje deseado. La temperatura de flama en la cámara de combustión se mantiene constante así como la presión atmosférica a nivel del mar. Las condiciones de frontera se muestran en la tabla 4.

Rango de reducción	Condiciones de frontera
Empuje-100 %	Pc=4000 kPa Tc=3624.3 K Pa=101.325 kPa
Empuje-80 %	Pc=3104 kPa Tc=3624.3 K Pa=101.325 kPa
Empuje-60 %	Pc=2328 kPa Tc=3624.3 K Pa=101.325 kPa
Empuje-40 %	Pc=1552kPa Tc=3624.3 K Pa=101.325 kPa
Empuje-20 %	Pc=776 kPa Tc=3624.3 K Pa=101.325 kPa

Tabla 4. Condiciones de frontera

La configuración para el modelo de solución se muestra en la tabla 5.

General	-Density based -Axisymmetric
Models	-Energy on -Viscous: Kepsilon
Materials	-Fluid: Air -Density:Ideal gas -Cp:1961,540 J/kgK -Viscosity:Southernland -Molecular weight: 21.9 Kg/mol
Initialization	Standard initialization Compute from inlet
Solution	Number of iterations: 8000-10000

Tabla 5. Configuración para la solución.

### Resultados

Se llevaron a cabo diferentes simulaciones para obtener el perfil de velocidades a cada valor de empuje, obteniéndose el comportamiento del flujo de gases a través de la tobera. Para el primer caso a nivel del mar se comprueba que el modelo de solución utilizado por el solucionador funciona correctamente, ya que se alcanza el Mach 1 inmediatamente después de la sección de garganta y comienza el incremento hasta alcanzar un numero promedio de Mach de 3.3 a la salida de la tobera, como se muestra en la figura 2.

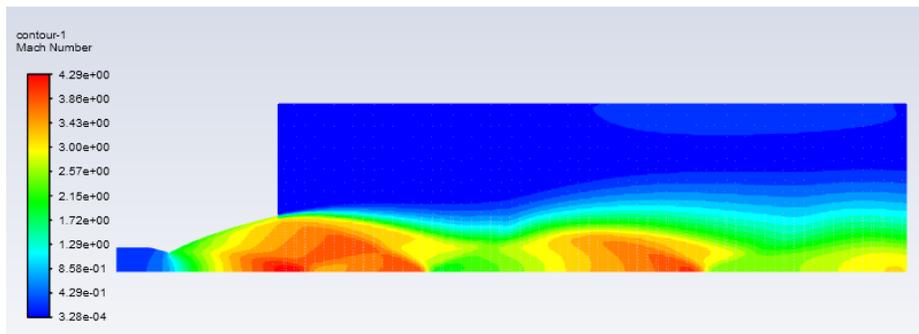


Figura 2 Distribución del número de Mach.

Los resultados de la simulación CFD se comprueban a partir de los cálculos teóricos, en donde se puede observar que la diferencia entre ambos métodos de solución es mínima, alcanzado el Mach de 3.3 en ambos caso a la salida de la tobera. En las siguientes figuras se presenta la simulación del perfil de velocidades en función del empuje a las diferentes presiones de operación.

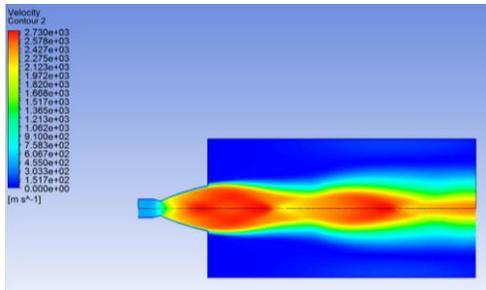


Figura 3. Empuje 100%

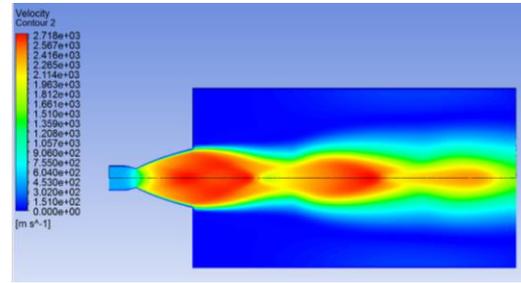


Figura 4. Empuje-80%

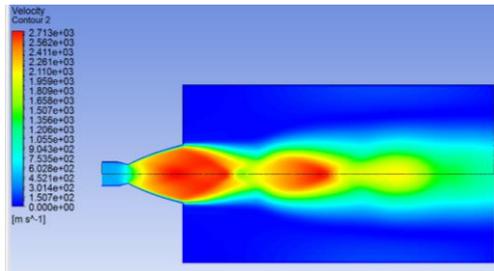


Figura 5. Empuje 60%

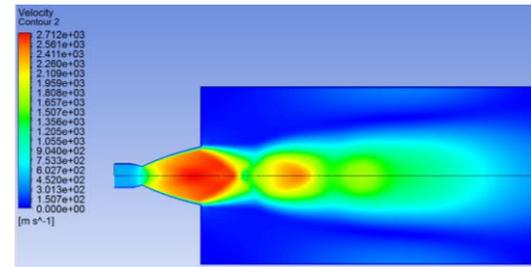


Figura 6. Empuje 40%

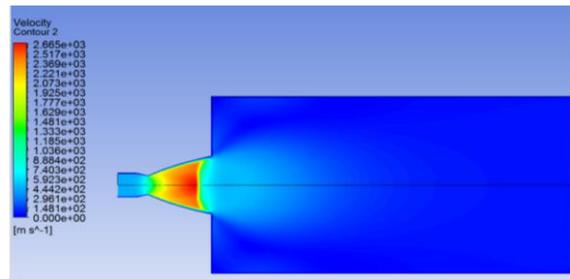


Figura 7. Empuje 20%

### Comentarios Finales

#### Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran el comportamiento del flujo de los gases de combustión a través de la tobera para cada valor de empuje que se reduce del 100% al 20%, como se puede observar en las figuras 3, 4, 5 y 6. En dichas simulaciones se observa que el flujo de gases se extiende fuera de la tobera, sin embargo en la figura 7 el flujo se ve interrumpido incluso antes de la salida de la misma, lo cual nos indica que el empuje generado sería prácticamente cero.

En base a estos resultados se puede concluir que el rango de operación seguro del motor cohete para su reducción de empuje se encuentra entre el 100% - 40%, siendo este un motor que no entra en la categoría de reducción de empuje profundo, y si en un rango de reducción poco profunda.

## Referencias

- [1] Anderson Jr, J. D “Fundamentals of aerodynamics” McGraw-Hill Education, 2010.
- [2] Dieter K. Huzel & David H. Huang., “Modern Engineering for design of liquid-propellant rocket engines ”, American Institute of Aeronautics and Astronautics , Washington DC.
- [3] Erin M. Betts and Dr. Robert A. Frederick Jr "A historical System Study of Liquid Rocket Engine Throttling Capabilities," 46<sup>th</sup> AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit 25-28 July 2010, Nashville, TN.
- [4] G.A Dressler . "Summary of Deep throttling rocket engines with emphasis on apollo LDME," *Northrop Grumman Corporation, Space Technology Sector, Redondo Beach, CA*
- [5] George P. Sutton & Oscar Biblarz. Last, “Rocket Propulsion Elements eighth edition ”, John Wiley and sons INC, United States of America.
- [6] Rao, G. V. R (1961) “Recent developments in rocket nozzle configurations” ARS Journal, (1961) 31(11), 1488-1494.

## Notas Biográficas

El **Ing. Fernando Antonio Quintero Zapata** es Ingeniero Aeronáutico egresado de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo y actualmente estudiante del programa educativo de Maestría en Ingeniería Aeroespacial con un proyecto de tesis titulado “Diseño y análisis de un sistema de inyección tipo Pintle para motores cohete de combustible líquido”, con línea de investigación en Propulsión y fluidos.

El **Dr. Julio Valle Hernández** es ingeniero eléctrico – electrónico egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, es Maestro y Doctor en Ingeniería en Sistemas Energéticos. Actualmente se desempeña como Profesor Investigador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo e integra el Núcleo Básico de la Maestría en Ingeniería Aeroespacial de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, sus líneas de investigación son los Sistemas Energéticos y la Propulsión y Fluidos.

El **Dr. José Manuel** es ingeniero mecatrónico egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, es Maestro y Doctor en Ingeniería en Sistemas Energéticos. Actualmente se desempeña como Profesor Investigador en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo e integra el Núcleo Básico de la Maestría en Ingeniería Aeroespacial de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, sus líneas de investigación son los Sistemas Energéticos y la Propulsión y Fluidos.

El **Mto. Jorge Guillermo Alonso Alfaro** es Ingeniero Electromecánico egresado del Instituto Tecnológico de Toluca, es Maestro en Ingeniería de Manufactura por el IPN. Actualmente se desempeña como encargado del laboratorio de manufactura e investigador del programa de Maestría en Ingeniería Aeroespacial en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, sus líneas de investigación son Manufactura, Materiales y Control Automático.

# Implementación de la tecnología DArTseq para la identificación de marcadores moleculares y su relación con la diversidad genética en razas de maíz

María Guadalupe Quintos Cortes<sup>1</sup>, Octavio Francisco Fernández Lozada<sup>2</sup>, Dr. Cesar Daniel Petroli<sup>3</sup>, Dr. Fernando Henrique Ribeiro Barrozo Toledo<sup>4</sup>, Dra. Teresa Romero Cortes<sup>5</sup> y Dr. Martin Peralta Gil<sup>6</sup>.

**Resumen**—Actualmente el uso de marcadores genéticos moleculares ha sido de gran relevancia para el estudio de diversidad genética en las razas de maíz. En este sentido, el presente trabajo muestra un análisis metodológico que involucra técnicas de biología molecular clásica, la aplicación de nuevas tecnologías generadoras de una gran cantidad de datos (High-throughput), el uso de análisis estadísticos y la implementación de herramientas bioinformáticas. La generación de datos High-throughput esta mediada por la tecnología DArTseq, la cual genera miles marcadores moleculares de tipo SNPs y PAVs. Esta novedosa tecnología se desarrolla en tres etapas: a) reducción de la complejidad del genoma con enzimas de restricción específicas; b) amplificación y secuenciación mediante secuenciadores de nueva generación; c) identificación de marcadores moleculares. El análisis estadístico, el uso de herramientas bioinformáticas y multiplataformas (CurlyWhirly y Flapjack) representan factores importantes en la interpretación de la diversidad genética en razas de maíz.

**Palabras clave**—DArTseq, Marcadores moleculares, Flapjack, CurlyWhirly

## Introducción

México es considerado como centro de origen y domesticación del maíz (*Zea mays* L.) y es uno de los países más reconocidos a nivel internacional por su gran diversidad de razas (Matsuoka *et al.*, 2002). Actualmente la importancia de la diversidad en maíces nativos de México es fundamental para el planteamiento de estrategias de conservación de germoplasma, caracterización y uso del mejoramiento genético. En este sentido, existen herramientas biotecnológicas, definidos como marcadores moleculares, que permiten el estudio de la diversidad biológica entre las diferentes razas, así como la selección de caracteres de interés agronómico, y sobre todo en la caracterización de germoplasma.

Los marcadores moleculares están representados por secuencias específicas de ADN, con ubicación definida en un locus de un cromosoma y cuya herencia genética puede ser observable o cuantificable. Existen diferentes tipos de marcadores moleculares, entre los que se encuentran el Polimorfismo de Longitud de Fragmentos de Restricción (RFLP), Polimorfismos en la Longitud de Fragmentos Amplificados (AFLP), Ampliación Aleatoria de ADN Polimórfico (RAPD), Secuencias Simples Repetidas (SSR) y Polimorfismos de un Solo Nucleótido (SNP). Entre las aplicaciones que tienen los marcadores moleculares están: análisis filogenéticos, búsqueda de genes de interés, así como la detección de relaciones entre diferente germoplasma en bancos de semillas y programas de mejoramiento (Reif *et al.*, 2005). Para este efecto, la creciente información generada a partir de tecnologías de secuenciación de última generación (NGS) ha permitido impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías que generen una gran cantidad de marcadores moleculares, y a la par ligadas a herramientas bioinformáticas que permiten el procesamiento, almacenamiento y análisis del gran conjunto de datos.

En México, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) representa una Institución que realiza investigación científica para el desarrollo de variedades mejoradas de maíz y trigo, por esta razón utiliza

<sup>1</sup> María Guadalupe Quintos Cortes, alumna de la Escuela Superior de Apan de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (ESAp-UAEH), Apan. Hgo. [mari.quintos@yahoo.com](mailto:mari.quintos@yahoo.com) (primer autor)

<sup>2</sup> Octavio Francisco Fernández Lozada, alumno de la ESAp-UAEH, Apan. Hgo. [octaviofz@live.com.mx](mailto:octaviofz@live.com.mx)

<sup>3</sup> Dr. Cesar Daniel Petroli, es Especialista en Genotipo de Alto Rendimiento-SAGA, del Programa de Recursos Genéticos del CIMMYT, El Batán, Texcoco. [c.petroli@cgiar.org](mailto:c.petroli@cgiar.org)

<sup>4</sup> Dr. Fernando Toledo, es Científico Asociado en Estadística Agrícola / Biometría, del Programa de Recursos Genéticos del CIMMYT, El Batán, Texcoco. [f.toledo@cgiar.org](mailto:f.toledo@cgiar.org)

<sup>5</sup> Dra. Teresa Romero Cortes es miembro del Cuerpo Académico Biociencias Moleculares y profesor investigador en la ESAp-UAEH, Apan. Hgo. [romero@uaeh.edu.mx](mailto:romero@uaeh.edu.mx)

<sup>6</sup> Dr. Martin Peralta Gil es miembro del Cuerpo Académico Biociencias Moleculares y profesor investigador en la ESAp-UAEH, Apan. Hgo. [martin\\_peralta10391@uaeh.edu.mx](mailto:martin_peralta10391@uaeh.edu.mx) (autor corresponsal)

diversas estrategias metodológicas que permitan generar una gran cantidad de marcadores moleculares. El Programa de Recursos Genéticos, es un departamento del CIMMYT, que incluye un área denominada Servicio de Análisis Genético para la Agricultura (SAGA) responsable del uso de una plataforma de genotipificación de alto rendimiento. Esta plataforma de genotipificación es administrada por iniciativa del Programa de Descubrimiento de Semillas (SeeD) del CIMMYT, y le aporta a México la capacidad de genotipado y análisis genético de vanguardia (High-throughput Genotyping/Sequencing). También proporciona una visión única de la variación genética del trigo y el maíz a nivel de "secuencia" de ADN.

Los servicios de SAGA están disponibles para todos los científicos del CIMMYT, universidades, programas nacionales de investigación agrícola y empresas privadas. A nivel mundial, pocas plataformas producen este tipo de datos y la mayoría son inaccesibles para los científicos que trabajan en instituciones financiadas con fondos públicos debido a sus dificultades económicas o logísticas. El presente trabajo muestra las diferentes estrategias metodológicas, tanto experimentales, estadísticas e informáticas, utilizadas en el CIMMYT para la generación de marcadores moleculares y la identificación de la diversidad genética en razas de maíz.

### Descripción del método

El Programa de Recursos Genéticos, del CIMMYT, es un departamento especializado en el que se extrae el ADN de alta calidad, de las muestras que serán analizadas. Durante el proceso para la generación de marcadores moleculares se requiere de cuidados específicos, iniciando con la etapa de sembrado de las accesiones en invernadero donde se controlan las condiciones para dirigir la germinación de las semillas y obtener material vegetal para las etapas siguientes. Posteriormente, las muestras vegetales pasan por subprocesos específicos y protocolarios que involucran la desinfección y captura de datos fisiológicos para realizar la extracción de ácidos nucleicos de alta calidad. Las muestras de ADN extraídas pasan por un proceso de reducción de complejidad genómica y posteriormente se asignan al secuenciador automático (NovaSeq 6000). Este equipo, construido por la empresa Illumina, está basado en procesos de secuenciación por síntesis (SBS, sequencing by synthesis) y como resultado se obtienen un archivo en Excel, delimitado por comas (extensión .csv). Posteriormente, se filtran los datos generados, para obtener marcadores moleculares del tipo SNP y PAVs (Presencia/Ausencia de Variación) para su posterior análisis. Los marcadores moleculares se analizan mediante procesos estadísticos de Análisis de Componentes Principales (ACP) que utilizan una multiplataforma denominada CurlyWhirly para su representación gráfica. FlapJack también es una multiplataforma que permite la visualización y comparación de marcadores moleculares dentro un cromosoma o en el genoma completo.

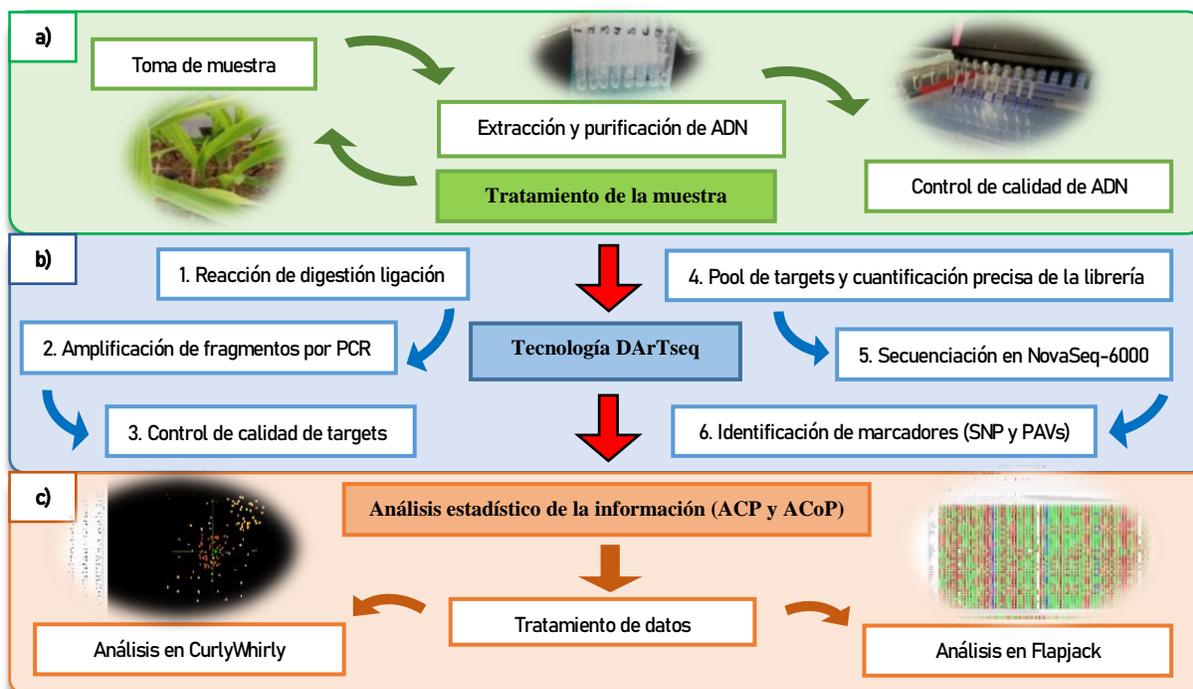
### Resultados y discusión

En el CIMMYT, el servicio proporcionado por SAGA, utiliza una plataforma para la genotipificación de alto rendimiento. En la plataforma se utiliza la tecnología DArTseq, desarrollada por la empresa Diversity Arrays Technology (DArT) y tiene la capacidad de identificar dos tipos de polimorfismos: PAVs y SNPs. Esta tecnología es una de las plataformas de genotipado por secuenciación relativamente fácil y eficiente, que hace posible el descubrimiento de marcadores moleculares en el genoma completo mediante la reducción de la complejidad del genoma mediada por enzimas de restricción y la secuenciación de los fragmentos de restricción (Davey *et al.*, 2011; Edet *et al.*, 2018). La generación de una gran cantidad de datos obtenidos a través de la tecnología ofrecida en SAGA, es de gran importancia, ya que ayuda a comprender la diversidad genética de un cultivo, así como el control genético de los caracteres evaluados en una planta o cultivo de interés. Este servicio con tecnología de vanguardia está disponible además a otras especies de interés agronómico. La figura 1 representa los pasos más importantes en el tratamiento de las muestras, obtención de los marcadores moleculares, incluyendo el análisis estadístico y computacional.

#### **Tratamiento de la muestra**

*Toma de muestra:* El origen de las muestras puede ser del tejido foliar o de la semilla, esto depende de la cantidad de material que se disponga para los procesos. Generalmente se utiliza el tejido foliar fresco cosechado en invernadero o campo para la extracción de ADN. Las hojas recolectadas se depositan en sobres de papel, malla o plástico debidamente etiquetados para su identificación. El material colectado se congela por 24 horas, luego se traspasa a un liofilizador y las muestras se secan durante 72 horas. Posteriormente se cortan las hojas liofilizadas en pequeños círculos y se depositan en contenedores de plástico, los cuales contienen balines metálicos encargados de triturar las hojas hasta convertirlas en un polvo fino (Figura 1a).

*Extracción y purificación de ADN:* Los protocolos tradicionales consisten en cinco etapas principales: homogeneización del tejido, lisis celular, separación de proteínas y lípidos, precipitación y redisolución del ADN. En este caso se utiliza el método de Saghai-Marooof propuesto en 1984. Para realizar esta metodología se requiere agregar a un tubo de polipropileno una cantidad considerable del tejido molido, posteriormente se añade la solución amortiguadora CTAB para extracción. Se agitan los tubos y posteriormente las muestras se tratan con una serie de soluciones de cloroformo/octanol, isopropanol y etanol, para la purificación del ADN (Figura 1a).



**Figura 1.** Metodología de los procesos involucrados en la generación y análisis de marcadores moleculares mediante la implementación de la tecnología DArTseq. a) Toma de la muestra, seguido por la extracción y purificación de ácidos nucleicos, el control de calidad del ADN se realiza mediante electroforesis. b) Representación de la tecnología DArTseq, representada por 6 pasos. c) Análisis estadístico de la información, representada por la asociación de datos con ACP y ACoP, y finalmente el uso de multiplataformas como CurlyWhirly y Flapjack.

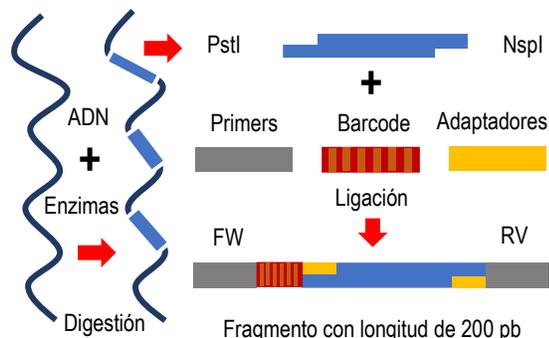
*Control de calidad de ADN:* La cuantificación del ADN, extraído y purificado, se realiza con geles de agarosa al 0.8%. Los geles se corren en buffer TAE y bromuro de etidio, utilizando ADN Lambda sin cortar ( $\lambda$ ) como marcador de peso molecular. Se utiliza un transiluminador de UV para capturar una fotografía del gel, la cual servirá para cuantificar la cantidad de ADN purificado, utilizando como referencia al marcador de peso molecular (Figura 1a).

### Tecnología DArTseq.

La tecnología DArTseq ha implementado la secuenciación de las representaciones genómicas en plataformas de secuenciación de próxima generación (NGS). La transición a una plataforma de secuenciación permite el aumento en fragmentos genómicos analizados, así como el número de marcadores detectados. De los métodos de reducción de complejidad genómica, DArTseq se enfoca en la selección de aquellas fracciones del genoma correspondientes a genes activos. Dicha selección se obtiene de la combinación de enzimas de restricción que separan las secuencias con baja copia, las cuales resultan ser más informativas para descubrir y tipificar marcadores, de las fracciones repetitivas del genoma de la muestra (Diversity Arrays Technology, 2019).

*Reacción de digestión/ligación:* El primer paso consiste en la reducción de la complejidad genómica. Este proceso se realiza en una placa de reacción con 96 pozos. Cada pozo suele corresponder a un genotipo específico el cual no debe mezclarse con los otros, para evitar tener muestras contaminadas, es decir ADN mezclado en este primer paso. Se inicia con una mezcla de digestión/ ligación, que contiene ADN genómico, enzimas de restricción, buffer de restricción, adaptadores comunes, ligasa, ATP y "barcodes" (código de barras). Primero se utiliza una combinación

enzimas de restricción sensibles a la metilación de corte raro y corte frecuente (por ejemplo: PstI y NspI), las cuales fragmentan el ADN genómico, estas enzimas permiten la selección de aquellas regiones en el ADN que son informativas para los marcadores moleculares, es decir, las que son más probables de contener información de genes activos, separándolas de las regiones repetidas del ADN dentro del genoma. Al combinar una enzima de corte frecuente con una de corte raro se regula la longitud de los fragmentos de ADN. Posteriormente se ligan los fragmentos digeridos mediante sus extremos cohesivos a adaptadores y un barcode único para ese genotipo (Figura 1b y 2), de tal manera que la construcción sea extremo cohesivo de corte de PstI-adaptador-barcode, mientras que en el otro extremo solo se unirá el adaptador. Los barcodes son secuencias de ADN combinadas de manera aleatoria, de modo que la secuencia resultante sea única para representar cada uno de los genotipos. En la Figura 2. se muestra la construcción completa, ligando también primers u oligonucleótidos *forward* (FW) y *reverse* (RV), los cuales servirán como punto de partida para realizar la amplificación de los fragmentos de ADN.



**Figura 2.** Representación gráfica de la reacción de digestión ligación. Esta reacción busca la reducción de la complejidad genómica, representando el primer paso particular de la tecnología DARTseq, así como el inicio del segundo paso, la amplificación.

*Amplificación de fragmentos por PCR:* El segundo paso corresponde a la amplificación de los fragmentos de ADN mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR). En este paso se utiliza el ADN molde y los siguientes reactivos: ddH<sub>2</sub>O, Buffer, oligonucleótidos, desoxirribonucleotidos trifosfato (dNTPs), ADN polimerasa (Taq) y cofactores como Mg<sub>2</sub>Cl. La mezcla de reactivos para el PCR se combina con el ADN templado y se procesa en el

termociclador, este equipo es programado con 40 ciclos de amplificación. Pasado el tiempo de programación del termociclador se extraen las placas de 96 pozos con los fragmentos de ADN amplificados.

*Análisis de la calidad de los targets:* Durante el tercer paso se efectúa el control de calidad de los targets. Los targets están representados por los fragmentos amplificados, los cuales contienen a los adaptadores integrados, las secuencias de los primers y el barcode. Los targets amplificados se corren en geles de agarosa al 1.2% más bromuro de etidio y buffer TAE. Una vez que ha corrido el gel en la cámara de electroforesis, se procede a tomar una fotografía del gel en el fotodocumentador y posteriormente se califican los targets en base a la amplificación de los fragmentos.

*Pool de targets y cuantificación precisa de la librería:* El cuarto paso consiste en realizar un pool de los targets que han sido calificados como buenos, para ello se toma una muestra representativa de cada target, proveniente de la placa de 96 pozos, y se mezclan en un solo tubo Eppendorf para realizar una librería. En el caso de procesar más de una placa se realiza un super pool, en este se toma también una muestra representativa de cada pool que se ha generado por cada placa y se mezclan en un nuevo tubo. Una vez que la librería está lista se realiza su cuantificación precisa, para esto se toma una muestra del super pool y esta es mezclada con un fluoróforo, se toman varias lecturas y se saca un promedio para saber la concentración de ADN presente en la librería.

*Secuenciación en NovaSeq-6000:* El quinto paso corresponde la secuenciación automática en el equipo NovaSeq 6000, este sistema provee una variedad de combinaciones de longitud de lectura y tipos de celda de flujo, ofreciendo así, flexibilidad en el rendimiento y duración del experimento. El equipo utiliza la secuenciación por síntesis, este método se basa en terminadores reversibles, en cada ciclo se incorpora una base fluorescente “marcada” y esta es identificada por excitación láser. Además, permite la secuenciación paralela a gran escala de miles de millones de fragmentos de ADN y permite detectar bases individuales a medida que se incorporan a las cadenas de ADN en crecimiento.

*Identificación de marcadores moleculares (SNP y PAVs):* El sexto paso es la identificación de los marcadores moleculares, en el cual la intensidad de fluorescencia es traducida en reads (lecturas) de secuenciación. Durante el proceso se hace un filtrado de la calidad de los datos, eliminando los errores de secuenciación, e incorporando reads de secuenciación si estos son necesarios, y se clasifican los barcodes. Los reads de secuenciación son alineados a una representación genómica de referencia, al comparar las muestras con las representaciones se obtienen los marcadores moleculares SNPs, así como los marcadores de tipo PAVs. Por último, se lleva a cabo un filtrado de datos en el que se promedia un rango de 70 000 a 300 000 marcadores por cada muestra.

### ***Análisis estadístico de la información.***

Los resultados generados por el secuenciador automático están representados por un archivo de Excel delimitado por comas con extensión.csv, el cual consiste en una matriz de frecuencias alélicas. En este archivo las columnas contienen los nombres de los individuos (genotipos) y en las filas se encuentran los marcadores que se encontraron en el genoma. Para el tratamiento de los datos, y con el objetivo de mejorar la calidad de los resultados, se suele implementar el parámetro de Frecuencia del Alelo Menor (MAF) a la matriz de frecuencias alélicas. De esta forma, únicamente se conservan los marcadores localizados dentro del rango de frecuencia  $>0.05$  y  $<0.95$ ; mientras que los marcadores con frecuencias extremas, o fuera del rango antes mencionado, se descartan del estudio. Una vez que se han filtrado los marcadores, el archivo en Excel está listo para realizar análisis estadísticos.

Por lo tanto, los datos de alto rendimiento obtenidos y tratados pueden ser empleados en diversas técnicas estadísticas para su estudio. El Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) son dos herramientas estadísticas que le permiten al usuario manejar los datos e interpretarlos en información valiosa (Figura 1c). El ACP reduce la dimensión de un gran número de variables correlacionadas, genotípicas o fenotípicas, que representen debidamente la variabilidad de los datos. Esto se realiza con la finalidad de convertirlas en un nuevo conjunto de variables, no correlacionadas entre sí, según el orden de importancia de la variabilidad total que representan en la muestra. El análisis mediante ACoP, ordena los datos en función de un conjunto de variables y las transforma en medidas de distancia, la principal diferencia con ACP es que ACoP puede utilizar tanto variables cuantitativas como cualitativas. Estas herramientas, de agrupamiento de datos, se aplican en estudios de diversidad genética, análisis de comunidades, variaciones morfológicas entre especies y estructura espacial de las comunidades.

### ***Uso de multiplataformas para visualizar los datos.***

#### ***CurlyWhirly***

La plataforma de CurlyWhirly permite representar una gran cantidad de datos en un gráfico tridimensional. Es adecuado para interpretar los Análisis de Coordenadas Principales (PCoA), Análisis de Componentes Principales (PCA) y Escalado Multidimensional (MDS) (James Hutton Institute, 2019). El programa se encuentra de forma libre y gratuita en la página del James Hutton Institute, una de las versiones más recientes es: 1.19.09.04 2009-2019, una vez instalada se carga la matriz de frecuencias alélicas en la plataforma. CurlyWhirly ayuda a tener una visualización relativamente sencilla de la diversidad o similitud genética entre los diferentes genotipos analizados (Figura 1c). Dentro de sus características se encuentra la jerarquización de la información genética, así mismo, filtrar puntos específicos que pueden ser seleccionables, o deseleccionar categorías al visualizarlo coloreado o sin color respectivamente. También contiene opciones que permiten manipular el gráfico, tales como: restaurar imagen, girar el gráfico, captura de la pantalla, captura de la película del gráfico mientras está en rotación y entre otras opciones.

#### ***Flapjack***

La multiplataforma denominada Flapjack, permite la observación gráfica de genotipos y haplotipos utilizando los datos de los SNPs, generados por el secuenciador (Figura 1c). Estos datos con diferentes densidades y tres formatos (mapeados, no mapeados o combinados) son filtrados por un especialista en manejo de datos, incluyendo los obtenidos con tecnologías de genotipificación de alto rendimiento y semejantes. La multiplataforma, puede mantener una navegación fluida para el investigador y permite realizar diversas comparaciones entre cromosomas, marcadores moleculares y diversas líneas, así como identificar posiciones para un Locus de Carácter Cuantitativo (QTL, por sus siglas en inglés). Flapjack también consiente el cálculo de matrices de similitud y contribuye a los análisis de diversidad genética junto con CurlyWhirly y los Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) entre otras características mapeables (Milne *et al.*, 2010; Seeds of Discovery, 2017).

### **Comentarios finales**

El presente trabajo muestra los conocimientos adquiridos por los estudiantes María Guadalupe Quintos Cortes y Octavio Francisco Fernández Lozada de la Licenciatura en Ingeniería en Biociencias de la Escuela Superior de Apan, UAEH. Los alumnos realizaron prácticas profesionales en el Laboratorio de Servicio de Análisis Genético para la Agricultura (SAGA) en el CIMMYT, ubicado en El Batán, Texcoco, Estado de México. La experiencia obtenida durante sus prácticas reafirmó el conocimiento adquirido durante la Licenciatura, así como el desarrollo de nuevas competencias disciplinares y genéricas. El trabajo también reforzó las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGCA) de la Escuela Superior de Apan de la UAEH, así como el impulso a las Líneas de Investigación de los Investigadores participantes. Por este medio, se reconoce y agradece al Dr. Daniel Cesar Petrolí, al Dr. Fernando

Henrique Ribeiro Barrozo Toledo y al Ingeniero Guadalupe Valdés por el apoyo incondicional y las facilidades prestadas durante el desarrollo de las actividades académicas de los alumnos.

### Conclusiones

En la actual Era postgenómica, DArTseq se puede considerar como una tecnología novedosa para genotipificación de alto rendimiento y es capaz de desarrollar simultáneamente el perfil genómico de miles de muestras de ADN para cualquier cultivo agrónomicamente importante.

La tecnología DArTseq ayuda a comprender la diversidad genética de un cultivo, así como el control genético de los caracteres evaluados en una planta o cultivo de interés. La caracterización genética se basa en la producción de decenas o incluso cientos de miles de marcadores moleculares y tiene la capacidad de identificar dos tipos de polimorfismos: In silico DArT (PAV - Presencia/Ausencia de Variación) y SNPs (Single Nucleotide Polymorphism).

Las estrategias estadísticas de asociación (ACP y ACoP) son importantes para complementar la visualización de los datos en multiplataformas como CurlyWhirly.

### Referencias

- Davey, J. W., Hohenlohe, P. A., Etter, P. D., Boone, J. Q., Catchen, J. M., & Blaxter, M. L. (2011). "Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing," *Nature Reviews Genetics*, 12(7), 499–510.
- Diversity Arrays Technology (2019). "DArTseq/LD/Met," Recuperado 09/07/2020, desde <https://www.diversityarrays.com/technology-and-resources/dartseq/>
- Edet, O. U., Gorafi, Y. S. A., Nasuda, S., & Tsujimoto, H. (2018). "DArTseq-based analysis of genomic relationships among species of tribe Triticeae," *Scientific Reports*, 8(1). doi:10.1038/s41598-018-34811-y.
- James Hutton Institute. (2019). "CurlyWhirly," Recuperado el 29/06/2020, desde <https://ics.hutton.ac.uk/curlywhirly/>
- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez, J., Buckler, E., & Doebley, J. (2002). "A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), 6080-6084.
- Milne I., Shaw P., Stephen G., Bayer M., Linda Cardle, Thomas W.T. B., Flavell A.J., Marshall D., "Flapjack—graphical genotype visualization," *Bioinformatics*, Volume 26, Issue 24, 15 December 2010, Pages 3133–3134, <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq580>
- Reif, J., Melchinger, A., & Frisch, M. (2005). "Genetical and Mathematical Properties of Similarity and Dissimilarity Coefficients Applied in Plant Breeding in Seed Bank Management," *Crop Science Society of America*, 1-7.
- Seeds of Discovery, CIMMYT. (2017). "Descubriendo la diversidad genética de la semilla. Taller – SAGA – Servicio de Análisis Genético para la Agricultura," Recuperado el 10/07/ 2020, desde: <https://seedsofdiscovery.org/es/catalogo/saga-servicio-de-analisis-genetico-para-la-agricultura/>

### Notas Biográficas

Los alumnos **María Guadalupe Quintos Cortes** y **Octavio Francisco Fernández Lozada** son estudiantes egresados de la Licenciatura en Ingeniería en Biociencias de la Escuela superior de Apan (ESAp), de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Son miembros honorarios de la Asociación Mexicana de Profesores de Bioquímica A.C. Han presentado trabajos académicos y proyectos de investigación en Congresos Nacionales e Internacionales. La alumna **María Guadalupe Quintos Cortes** ha sido galardonada, en dos ocasiones consecutivas, con la Medalla Rosalind Franklin al Mérito Académico, durante sus estudios de Licenciatura en Ingeniería en Biociencias de la ESAp-UAEH.

Los Doctores César Daniel Petrolí y Fernando Henrique Ribeiro Barrozo Toledo son Científicos Asociados pertenecientes al Programa de Recursos genéticos, en Genotipo de Alto Rendimiento-SAGA y en Estadística Agrícola- Biometría respectivamente del CIMMYT, El Batán, Texcoco.

El Dr. Martín Peralta Gil y la Dra. Teresa Romero Cortes son profesores investigadores en la Licenciatura en Ingeniería en Biociencias, de la Escuela Superior de Apan de la UAEH, y pertenecen al Cuerpo Académico Biociencias Moleculares.

# Implementación de dispositivo de almacenamiento masivo USB en MicroPython como solución para almacenar en memoria flash el Bring-Up software en ECU'S

Ing. Francisco Javier Quirarte Pelayo<sup>1 2</sup>, Dr. José Cantoral Ceballos<sup>3</sup>

**Resumen**— Este trabajo describe la implementación para hacer de una unidad de control electrónico automotriz un dispositivo de almacenamiento masivo USB, para poder almacenar scripts de prueba de hardware, así como para poder iniciar la ECU con estos scripts de manera independiente, algo que es muy útil al someter el hardware a pruebas de resistencia, como en una cámara de temperatura. La implementación descrita en este documento se basa en el uso de un sistema de archivos FAT32 para dar formato a la memoria flash integrado en MicroPython que proporciona el entorno necesario para controlar el ECU por línea de comandos serial y crear un ambiente de pruebas.

**Palabras clave**— Board bring-up, Electronic control unit (ECU), Mass storage device (MSD), Hardware validation, Universal Serial Bus (USB).

## Introducción

La industria automotriz se encuentra en una era de digitalización en la que los vehículos necesitan manejar más tecnología, más información y más seguridad que nunca, y las unidades electrónicas de control (ECU, por sus siglas en inglés) son sistemas cada vez más complejos, que manejan interfaces electrónicas de alta velocidad y de mayor demanda computacional. Por lo que siempre existirá la necesidad de mejorar y hacer más eficiente los procesos de validación de dichos productos [1].

En las etapas iniciales del desarrollo de los proyectos, el departamento de ingeniería eléctrica y mecánica realizan los primeros prototipos de hardware los cuales por lo general necesitan esperar al departamento de software para que libere un entregable y poder realizar las pruebas funcionales. Esto representa un alto riesgo de que, en caso de existir un problema de diseño electrónico y que este no se detecte sino en etapas tardías de desarrollo, la repercusión económica puede ser muy considerable. Por tanto, se necesita hacer más sencillo y flexible el proceso en que los ingenieros de hardware pueden correr las primeras pruebas de funcionamiento en los prototipos y poder así detectar errores y puntos de mejora lo más temprano posible en las fases de desarrollo, algo que con la metodología tradicional [2] no es posible.

Para atender esta problemática se creó una iniciativa llamada “Bring-Up software” (BUSW), este se puede definir como cualquier pieza de software que ayuda a probar y verifica las principales funcionalidades de un PCBA<sup>4</sup> en fases tempranas de desarrollo, es de un enfoque flexible, práctico y ágil y por ende no le aplican los mismos lineamientos ni especificaciones que el software de aplicación. Debe estar disponible para cuando se construya la primera muestra de hardware, y debe ayudar en la tarea de depurar las principales interfaces electrónicas. Idealmente, debe ser sencillo de usar, editar y *reflash* por los ingenieros de hardware y debe poder correr de manera independiente para pruebas de laboratorio. Algunas de las acciones que debe cumplir el bring-up son las de controlar GPIO'S de los microcontroladores, controlar y configurar displays, interfaces de sonido, leer valores del ADC, controlar PWM, ejecutar pruebas de memoria tanto RAM como flash, controlar protocolos de comunicación inter IC's como I2C, SPI y UART, soportar comunicación por UART o CAN como medio de comunicación para enviar comandos para controlar y monitorear el dispositivo bajo prueba (DUT, por sus siglas en inglés) con una PC. Esta solución a demostrado ser efectiva ayudando a lograr la validación eléctrica inicial en casi el 80% de las interfaces eléctricas en las primeras fases del proyecto [3].

El presente trabajo presenta una prueba de concepto que corre en el microcontrolador de gráficos (GC, por sus siglas en inglés) de la plataforma R-CarGen3 [4]. Esta implementación constituye una característica que complementa y amplía el alcance del uso del BUSW. El usuario podrá crear scripts de Python que ejecutan rutinas de prueba llamando a los drivers de hardware y cargar dichos scripts en la ECU o cualquier DUT equipado con

<sup>1</sup> Estudiante de Maestría en Sistemas Inteligentes Multimedia del Posgrado CIATEQ, A.C., unidad Jalisco, México

<sup>2</sup> Ingeniero de software en Continental Automotive Occidente, S.A. de C.V., francisco.quirarte@continental.com

<sup>3</sup> Profesor investigador en Tecnológico de Monterrey campus Querétaro, Querétaro, México, joseantonio.cantoral@tec.mx

<sup>4</sup> Primer PCB construida para un proyecto

dicho microcontrolador, como si este fuera un pendrive USB cualquiera, y opcionalmente, los scripts flasheados se puedan ejecutar de forma independiente al iniciar la plataforma.

Con esta característica, el BUSW logra el objetivo de ser más fácil de utilizar y actualizar por los ingenieros de hardware, principales usuarios de esta solución, además que se puede ampliar su caso de uso e importancia, como lo pueden ser pruebas de estrés ambiental como en una cámara de temperatura o anecoica.

A continuación, se presenta un resumen del contenido de cada sección de este trabajo. En la sección dos se describe la plataforma y las interfaces de hardware usadas en el presente trabajo. En la sección tres se describe el proceso de migración de MicroPython [5] a la plataforma R-CarGen3. En la sección cuatro se detalla el proceso de integración de FatFs [6] a MicroPython. En la sección cinco se menciona el proceso de adaptación del driver de RAMDISK<sup>5</sup> como driver de dispositivo de almacenamiento masivo (MSD, por sus siglas en inglés) USB. En la sección seis se presentan los resultados obtenidos y en la sección siete se redactan las conclusiones.

### Componentes de hardware del sistema

La plataforma R-CarGen3, de Renesas Electronics, es la tercera generación de una familia de microcontroladores, empaquetados como system in chip (SiP), son de propósito múltiple, basados en la arquitectura ARM®, contienen capacidades graficas multimedia y de conectividad, son de grado automotriz y su rango de capacidades va desde los dispositivos de entrada (E3) hasta los más completos la serie highline (H3) [4] [7]. Cabe mencionar que el presente trabajo fue desarrollado y probado con plataformas de desarrollo para la serie midline (M3) y entry (E3), así que, de aquí en adelante, el nombre R-CarGen3, se refiere a ambas variantes M3 y E3.

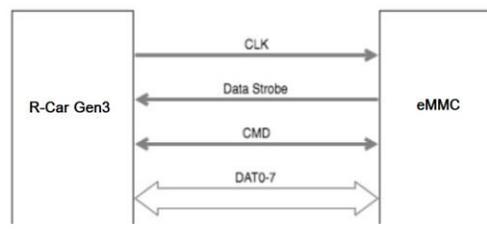


Figura 1. Diagrama eléctrico de la interfaz MMC del R-CarGen3.

Dentro del R-CarGen3 podremos encontrar un controlador de memoria flash llamado MMCIF0 [8], el cual soporta memorias de tipo SD card y MMC (multimedia card). En nuestro DUT dicha interface se conecta a una memoria eMMC (embedded multimedia card) de 32GB a como memoria flash (no volátil) del sistema [8], como se muestra en la figura 1.

El R-CarGen3 posee también, un controlador de USB 2.0 host controller que es compatible con la especificación Enhanced Host Controller Interface (EHCI) de la revisión 1.1 [7] del protocolo USB, dicha interfaz será el medio para poder conectar el PCBA con una PC como unidad de almacenamiento masivo. Dicha interfaz se ejemplifica en la figura 2.

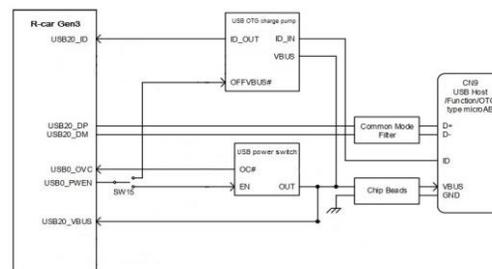


Figura 2. Diagrama eléctrico de la interfaz USB 2.0 del R-CarGen3.

### Portando Micropython a la plataforma R-CarGen3

Para lograr el objetivo del BUSW se decidió usar Micropython por los muchos beneficios que este ofrece tanto como interfaz de usuario, como ambiente de desarrollo para integrar el BSP de R-CarGen3 y poder implementar un sistema de tipo línea de comandos en el que se pueden ejecutar las pruebas de hardware bare-metal.

MicroPython es una implementación eficiente y ligera del lenguaje de programación Python 3 que incluye un pequeño subconjunto de la biblioteca estándar de Python y está optimizado para ejecutarse en microcontroladores y en sistemas embebidos. MicroPython es un compilador completo de Python y un entorno de ejecución (runtime) que corre sin necesidad de sistema operativo (bare-metal). MicroPython posee una interfaz de línea de comandos interactiva (REPL) para interpretar y ejecutar comandos de Python de inmediato, con ello, es posible utilizar el hardware del microcontrolador [5]. Cuenta con la capacidad de ejecutar e importar secuencias de comandos (scripts) desde un sistema de archivos (si este está disponible). Igualmente, MicroPython ofrece un conjunto de funciones de manejo de archivos basados en la librería os de Python estándar [9].

<sup>5</sup> Uso de memoria RAM como unidad de almacenamiento temporal, con la ventaja de las grandes velocidades de lectura y escritura.

Para portar el proyecto de MicroPython a R-CarGen3 fue necesario una serie de procedimientos que se listan a continuación:

- a) Se instaló un toolchain que soporte el BSP y el proyecto de MicroPython, nosotros elegimos: gcc-arm-noneabi4\_8-20131204 de linaro en una maquina con sistema operativo Linux (en nuestro caso una máquina virtual Ubuntu16.04 como ambiente de compilación).
- b) Se creo un pequeño script para cargar la ruta del bin del toolchain al path de Ubuntu para cuando se ejecute el comando make desde la terminal, este sepa que librería va a utilizar. Dicho script se ejecuta cada vez que se inicie una nueva terminal para compilar.
- c) Se descargo el proyecto de MicroPython desde el repositorio oficial en GitHub.
- d) Se creo un nuevo folder con el nombre "rcar\_m3" en la ruta: micropython/ports/rcar\_m3.
- e) Copiar y pegar los archivos de referencia que se encuentran en el folder minimal al folder "rcar\_m3".
- f) Se importaron los archivos del BSP dentro de ese folder.
- g) Se edito el makefile añadiendo los nombres de los archivos de los drivers del BSP, se agregaron los paths de gcc y lib de linaro. Se ajusto el tamaño del heap y se integró el linkerfile del BSP.
- h) Se integro el driver de comunicación serial del BSP con a los archivos de control de UART de MicroPython.
- i) Se construyeron módulos de MicroPython para conectar los drivers principales del BSP, además de modificar su lógica, añadir parámetros de control o incluso rescribirlos parcialmente para poder hacer que desde Python se controle el hardware a bajo nivel.
- j) Se compilo el proyecto utilizando la utilería make de GNU.
- k) En la maquina host, que es de Windows, se instaló el emulador de terminal serial TeraTerm.
- l) Se creo un script en TeraTerm para cargar el loader del BSP y después utilizando el loader cargar el binario de MicroPython, todo esto mediante comunicación serial UART.
- m) Se verifico el funcionamiento del sistema con drivers básicos como timers y GPIOs.

### Integración de FatFs con MicroPython

Para la implementación del sistema de archivos necesario para el MSD se usó el proyecto open source llamado FatFs, el cual es de libre distribución para educación, investigación y desarrollo, y que está escrito en conformidad con ANSI C (C89). FatFs es un módulo de software genérico que implementa el sistema de archivos FAT/exFAT para sistemas embebidos, para prácticamente para cualquier arquitectura y en sistemas con recursos limitados. El proyecto de FatFs soporta cualquier medio de almacenamiento físico ya que es independiente de este y su implementación, con la única condición de que sea un dispositivo orientado a acceso a bloques de tamaño fijo, cabe destacar que la capa de drivers de memoria es responsabilidad de quien porta este proyecto a una plataforma en particular [6].

Para la integración de FatFs en el ambiente de MicroPython se añadieron los archivos de FatFs al ambiente de compilación de MicroPython, se dieron de alta dichos archivos en el makefile y en los archivos de configuración como mpconfig y modhardware. Cabe destacar que solo se utilizaron las funciones más relevantes de FatFs [6] como se muestra en la tabla 1.

Fue necesario, además, elaborar una versión reducida del módulo OS del proyecto original de MicroPython para nuestra versión, usando para ello funciones de FatFs. Dicho modulo proporciona las API's para interactuar con los archivos del filesystem, como se ejemplifica en la tabla 2.

Función	Requerida cuando
disk_status disk_initialize disk_read	Siempre
disk_write get_fattime disk_ioctl (CTRL_SYNC)	FF_FS_READONLY == 0 <sup>6</sup>
disk_ioctl (GET_SECTOR_COUNT) disk_ioctl (GET_BLOCK_SIZE)	FF_USE_MKFS == 1 <sup>7</sup>

Tabla 1. Funciones utilizadas de FatFs

<sup>6</sup> Es decir, cuando dicha bandera esta deshabilitada, ya que, cuando esta se activa, el sistema se configura como solo lectura.

<sup>7</sup> Cuando la función f\_mkfs está activa.

Función	Uso
os.chdir(path)	Cambiar el directorio actual.
os.getcwd()	Obtiene el directorio actual.
os.listdir([dir])	Sin argumento, muestra el contenido del directorio actual. De lo contrario, enumera el directorio dado.
os.remove(path)	Elimina un archivo.
os.rmdir(path)	Elimina un directorio.
os.rename(old_path, new_path)	Renombra un archivo.
os.stat(path)	Muestra el estado de un archivo o directorio. Provoca una excepción si el archivo no existe.
os.statvfs()	Muestra el estado del sistema de archivos. Devuelve una lista con los siguientes valores: <ul style="list-style-type: none"> <li>tamaño de clúster / bloque del sistema de archivos</li> <li>tamaño de clúster / bloque del sistema de archivos.</li> <li>número de bloques</li> <li>cantidad de bloques libres.</li> <li>cantidad de bloques disponibles.</li> <li>cuatro ceros (no aplicable para el sistema de archivos FAT)</li> <li>longitud máxima del nombre del archivo</li> </ul>
os.VfsFat.mount()	Monta el sistema de archivos en la eMMC
os.VfsFat.umount()	Desmonta el sistema de archivos
os.VfsFat.mkfs()	Formatea la partición en la eMMC
os.sep()	Carácter de separación usado en los paths del sistema de archivos
os.open(path, mode)	Alias de la función integrada open. Ejemplo: <i>o = open("archivo", "w")</i>
.read()	Devuelve todo el archivo como una cadena de caracteres si no se proporciona ningún parámetro. <b>Advertencia:</b> los archivos grandes pueden acabarse el espacio del heap de MicroPython. Si se proporciona un parámetro, devuelve el número de bytes que se proporciona como un parámetro entero. Ejemplo: <i>o.read()</i>
.write(string)	Escribe la cadena dada en el archivo. Ejemplo: <i>o.write("Hola Mundo!\n")</i>
.flush()	Vacía todo lo que se encuentra en RAM hacia la eMMC. Ejemplo: <i>o.flush()</i>
.close()	Cierra el archivo y vacía su búfer. Ejemplo: <i>o.close()</i>
.seek(pos)	Recibe un valor entero y coloca el cursor en la posición dada. Ejemplo: <i>o.seek(0)</i>
.tell()	Devuelve la posición del cursor como entero. Ejemplo: <i>o.tell()</i>

Tabla 2. Funciones principales de nuestra implementación del módulo OS y las API'S de interacción de archivos en el filesystem.

Usando el driver de eMMC proveniente del BSP del microcontrolador R-CarGen3 como base y tomado en cuenta que el BSP ya se había integrado con Micropython previamente, se modificaron los drivers para la escritura/escritura multibloque [10]. Posteriormente se crearon funciones de pegamento para poder conectar con las funciones disk I/O de acceso a memoria de FatFs. Dicha arquitectura se ilustra en la figura 3.

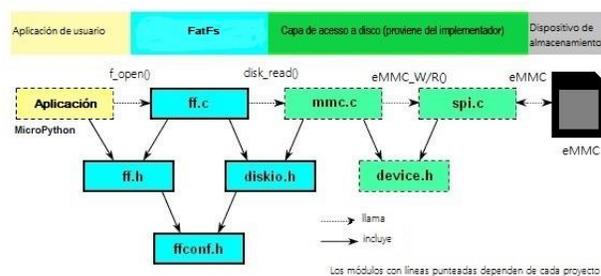


Figura 3. Capas de software utilizadas del proyecto FatFs con sus archivos más representativos [5].

### Adaptación del driver de ramdisk como MSD

Por último, se tomó como punto de partida los drivers para la interface USB 2.0, en dicho set de drives se provee una funcionalidad de habilitar la interfaz de USB como un disco de RAM. Dicha función inicializa el controlador de USB y lo configura como un dispositivo de almacenamiento masivo como se especifica en los estándares [10] [11] [12], el cual obedece a cierto set de comandos SCSI [13] y cuya memoria de operación es una sección de la RAM interna del controlador. Entonces se modificó el driver para hacer transferencias del contenido de RAM a la memoria flash eMMC, obteniendo así un dispositivo de almacenamiento masivo por USB. Esto se ilustra en la figura 4, donde las flechas rojas indican las interacciones entre los componentes de hardware.

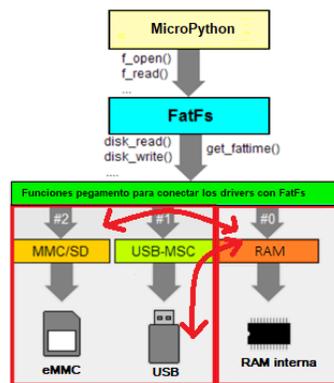


Figura 4. Vista simplificada de la arquitectura de software utilizada [5].

### Resultados

El DUT se conecta con éxito a una PC con Windows (figura 5) y que al ejecutar un comando en MicroPython el R-CarGen3 se configura e inicializa como un MSD USB para que el usuario pueda crear, editar, borrar o copiar y pegar archivos en la memoria flash. En nuestras pruebas, Windows le asigno el volumen (E:) como unidad de disco externa de 1MB (figuras 6 y 7).

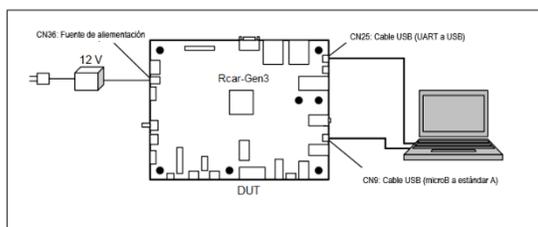


Figura 6. Conexión de hardware en el DUT [8].

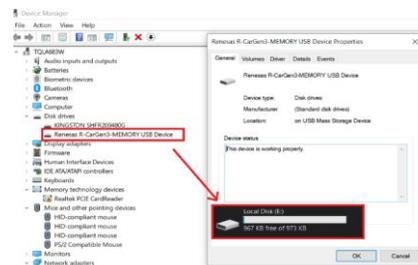


Figura 5. Windows reconoce al DUT como un MSD.

Adicionalmente se puede interactuar con las funciones de manejo de archivos desde el CLI (figura 8). Si el usuario lo decide puede guardar un script con el nombre de boot.py y después de un reset el sistema puede ejecutar dicho script justo después de arrancar (figura 9).

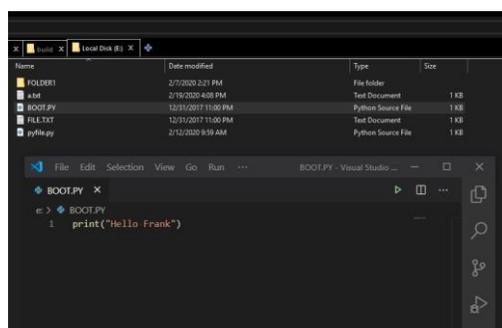


Figura 7. Vista del explorador de archivos.

```
>>> boot=open("boot.py", "r")
invoking stat
>>> boot.read()
invoking stat
[DBG]:disk_read()
reading 1 sectors at pos 0 to drive 0
invoking stat
'print("Hello Frank")'
>>> boot.close()
invoking stat
invoking stat
>>>
```

Figura 8. Abriendo, leyendo y cerrando el archivo boot.py desde el CLI

```
*** Mounting filesystem ***
[DBG]:disk_read_emmc_direct()
reading 2048 sectors at pos 0 to drive 0
invoking disk_initialize
invoking stat
[DBG]:disk_read()
reading 1 sectors at pos 0 to drive 0
[DBG]:disk_read()
reading 1 sectors at pos 63 to drive 0
- Mounted!
*** Opening file ***
invoking stat
[DBG]:disk_read()
reading 1 sectors at pos 70 to drive 0
invoking stat
- File opened
=== File execution started ===
invoking stat
[DBG]:disk_read()
reading 1 sectors at pos 102 to drive 0
invoking stat
Hello Frank
invoking stat
invoking stat
=== File execution done ===
MicroPython v1.9.3 on 2020-07-29; EvalBoard with GC2019 M3
>>>
```

Figura 9. Ejemplo del sistema arrancando con el script boot.py

## Comentarios finales

En la hipótesis se planteó que se podría implementar un sistema de software basado en MicroPython para obtener los beneficios de un sistema de almacenamiento masivo por USB y poder almacenar en memoria flash y bootear los scripts de prueba de hardware en las unidades (ECU's) basadas en R-CarGen3, lo cual se cumplió de manera satisfactoria.

Este proyecto entonces constituye una herramienta para poder crear rutinas de prueba que son fáciles de modificar y reflashear lo que permite más control, flexibilidad e independencia de trabajo al ingeniero de hardware encargado de la validación eléctrica. Entonces se prevé por tanto una mejora en tiempo y efectividad para el proceso de validación eléctrica y por consiguiente una mejora en costos. La solución propuesta también puede ser útil para otras empresas de la industria automotriz y de diseño de productos electrónicos (incluso con microcontroladores más sencillos) que pretendan resolver el mismo problema de validación tardía de hardware.

Una limitante para la reutilización de este proyecto en otros microcontroladores dependerá de la disponibilidad de las interfaces utilizadas (USB y eMMC) así como sus drivers y/o BSP. Otra limitante es que el sistema solo puede correr un hilo de ejecución a la vez, sin embargo, se está trabajando para que la siguiente versión incluya la nueva funcionalidad multithreading de MicroPython para poder crear mayor tráfico de datos y poder ejecutar pruebas de emisión eléctrica.

## Referencias

- [1] BusinessWire, «Renesas Advanced Automotive R-Car M3 Adopted by Continental for Its Body High-Performance Computer,» 7 July 2020. [En línea]. Available: <https://www.businesswire.com/news/home/20200707005241/en/>. [Último acceso: 2 August 2020].
- [2] ID RD EEN, «EMK Version 1.15 © Continental AG,» 2019.
- [3] Andreas Koch, «Bring up software: New approach with MicroPython,» Continental AG, 2019.
- [4] Renesas Electronics Corporation, «R-Car,» 3 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.renesas.com/us/en/products/automotive/automotive-lsis/r-car.html>.
- [5] D. P. George, 2018. [En línea]. Available: <http://micropython.org/>. [Último acceso: 25 July 2020].
- [6] ChaN, «FatFs - Generic FAT Filesystem Module,» 04 12 2019. [En línea]. Available: [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html). [Último acceso: 2 August 2020].
- [7] Renesas Electronics, R-Car Series, 3rd Generation. User's Manual: Hardware., 2019.
- [8] STMicroelectronics, «Developing applications on STM32Cube™ with FatFs,» 2019.
- [9] P. S. a. c. Damien P. George, «MicroPython documentation,» 04 12 2020. [En línea]. Available: <http://docs.micropython.org/en/latest/>. [Último acceso: 25 July 2020].
- [10] JEDEC Solid State Technology Association, Embedded Multi-Media Card (eMMC) Electrical Standard (5.1), 2015.
- [11] Renesas Electronics, «R-CarM3-SiP System Evaluation Board Hardware Manual,» 2016.
- [12] USB Implementers Forum, Inc., Universal Serial Bus Mass Storage Specification For Bootability, Revision 1.0 ed., 2004.
- [13] USB Implementers Forum, Inc., Universal Serial Bus Mass Storage Class Bulk-Only Transport, Revision 1.0 ed., 1999.
- [14] USB Implementers Forum, Inc., Universal Serial Bus Mass Storage Class, Revision 1.4 ed., 2010.
- [15] Seagate Technology LLC., SCSI Commands, 100293068, Rev. J ed., 2016.

# APLICACIÓN DE DISEÑO AXIOMÁTICO EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS ESCOLARES CON PLÁSTICOS BIO-BASADOS

IM. MA. Juan Javier Quiroz Arriaga<sup>1</sup>, DR. Miguel Alejandro Garcia Vidales<sup>2</sup>

**Resumen**— En este artículo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en la empresa Maped® en el que se desarrollaron productos escolares y de oficina con plásticos Bio basados, estos provienen de desechos de productos primarios como bagazo de agave y celulosa de maíz fabricados en México y que son aprovechados para transformarlos en materias primas para la elaboración de productos de consumo masivo.

Su aplicación y procesamiento encuentra ciertas dificultades al carecer de información en comparación con otras resinas lo que hace que sus características particulares tengan un comportamiento único. Con la aplicación del diseño axiomático fue posible determinar las características específicas de los productos igualando a los originales reduciendo el uso de plásticos derivados del petróleo.

**Palabras clave**—Bio basados, Diseño Axiomático, Desarrollo de productos, huella de carbono, ciclo de vida.

## Introducción

El uso de resinas bio basadas en artículos de consumo masivo todavía es un terreno poco explotado en la industria del plástico, aunque su explotación se encuentra en una etapa temprana a nivel mundial, ya algunas compañías han desarrollado diferentes productos, desde botellas, partes automotrices, artículos promocionales, artículos de limpieza, artículos de oficina y papelería, etc.

En el siguiente artículo: *Sofia Hares Turning waste into bioplastics, México strikes Green gold, 2018 Thomson Reuters Foundation*, se habla sobre algunos de los productos primarios que han mostrado su valor más allá de sus usos convencionales en el aprovechamiento de los desechos generados por algunas empresas para la transformación de estos en materias primas para la manufactura de otros productos.

“Los bio plásticos representan menos del 5% de los millones de toneladas de plástico producido cada año alrededor del mundo, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas se estima que la producción de plástico se duplicara durante los próximos 20 años”.

Este trabajo de desarrollo se centra en el uso de resina bio plástica (bio basada) a base de fibra natural rica en celulosa extraída del bagazo del agave que es el principal subproducto de la industria del jarabe del tequila, esta resina es producida por la empresa PENKA® compañía mexicana con tecnología propia patentada.

Como parte del proceso de desarrollo, es necesario determinar características de funcionalidad y complejidad en la manufactura de los mismos, así como también las restricciones que este reemplazo en materias primas observarían en un producto existente con características conocidas, para determinar estas se optó por el uso del diseño Axiomático con el fin de acelerar el desarrollo reducir el ciclo de vida del producto y bajar los costos generados en el producto y proceso de manufactura de la manera más eficiente posible.

## Descripción del Método

A partir de 2018, se ha observado un constante movimiento en favor de la reducción de plásticos de un solo uso, en Europa, se han implementado regulaciones más estrictas para no solo disminuir sino que también se deben eliminar o sustituir en un porcentaje el uso de plásticos fósiles por plásticos o materiales amigables con el ambiente o que influyan en la reducción de huella de carbono. México no es la excepción en la aplicación de este tipo de regulaciones, a partir de 2019 se ha eliminado el uso de bolsas de plástico o empaques de un solo uso en algunas ciudades, hemos visto también la aparición más frecuente de materiales alternos que pueden sustituir a los plásticos fósiles.

Como parte del proceso de mejora continua, la organización tiene la responsabilidad de buscar constantemente mejoras en sus procesos y productos como parte de los requerimientos del sistema de gestión ambiental ISO-14000, el control de emisiones, generación de residuos y recientemente ciclo de vida del producto, es este último el precursor de la búsqueda de alternativas para materiales alternos. Es en esa búsqueda que se identifican algunas

<sup>1</sup> El Ing. Juan Javier Quiroz Arriaga es Director Técnico en la empresa Maped Silco s.a. (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El Dr. Miguel Alejandro Garcia Vidales es Profesor en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

materias disponibles y elaboradas en México, en este artículo, se habla sobre el caso específico de la resina PolyAgave® que es un bio plástico bio basado de Polipropileno y celulosa de agave, en la figura 1 se muestra el proceso de obtención de la resina a partir del bagazo de agave hasta un producto final.

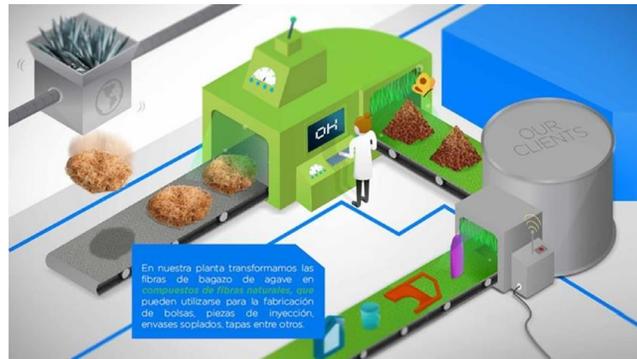


Figura 1. Proceso de elaboración de resina y producto final facilitada por PENKA®

Al estudiar las propiedades y características de la resina, es necesario conceptualizar el diseño del producto determinando los principales factores para un lanzamiento exitoso, estos son: Calidad, Costo y Necesidad del cliente, es en este punto en donde el diseño Axiomático.

La metodología del diseño Axiomático fue desarrollada por Nam P. Suh a mediados de 1970 con la intención de crear un procedimiento para diseño científico, generalizado, codificado y sistemático. Para sistematizar el proceso del pensamiento y crear delimitaciones entre varias actividades del diseño, cuatro dominios representan el fundamento del procedimiento de Diseño Axiomático: El dominio del cliente, El dominio funcional, El dominio físico y El dominio de proceso. [1]

El Diseño Axiomático permite identificar dichas ventajas para justificar este desarrollo al delimitar diferentes actividades del diseño con sus cuatro dominios: Dominio del cliente, Dominio funcional, Dominio físico y Dominio del proceso, Diseño involucra una interpretación entre “que se quiere lograr” y “como escoger la necesidad a satisfacer”. Esta estructura de dominios se muestra en la figura 2.

El dominio de la izquierda en relación al dominio de la derecha representa “que se quiere lograr”, El dominio de la derecha representa la solución de diseño para “como se propone satisfacer los requerimientos específicos del dominio de la izquierda.

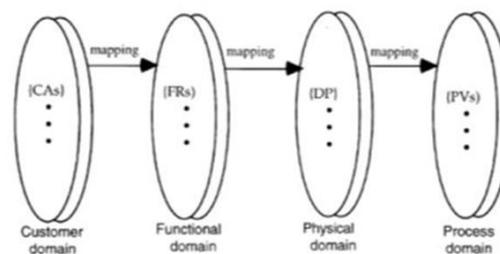


Figura 2. Cuatro dominios del mundo del diseño. {x} son vectores característicos de cada dominio

El dominio del cliente se caracteriza por las necesidades o los atributos que el cliente está buscando en un producto o proceso o sistemas o materiales. En El dominio funcional, las necesidades del cliente son específicas en términos de requerimientos funcionales (FR's) y restricciones (C's). Para satisfacer los FR's, es necesario concebir parámetros de diseño (DP's) en El dominio físico. Finalmente, para producir el producto especificado en términos de DP's, en El dominio de proceso se desarrolla un proceso que es caracterizado por variables de proceso (PV's). Muchas aparentan diferentes tareas en muy diferentes campos.

Es importante recordar la definición de unas pocas palabras clave usadas en Diseño Axiomático, como Axiomas son válidas solamente dentro de los límites establecidos por las definiciones de estos términos clave.

- *Axioma*; una verdad única o verdad fundamental por la cual no hay excepciones o contradicciones. Axiomas podrían no ser derivados de otras leyes de la naturaleza o principios.
- *Corolario*; una inferencia derivada de axiomas u otras proposiciones que siguen de otros axiomas u otras proposiciones que han sido probadas.
- *Requerimientos Funcionales*; un conjunto mínimo de requerimientos independientes que completamente caracterizan las necesidades funcionales del producto en el dominio funcional. Por definición, cada FR es independiente de cada otro al tiempo que los FRs son establecidos.
- *Restricciones*; son límites en soluciones aceptables. Hay dos tipos de restricciones: restricciones de entrada y restricciones de sistema. Las restricciones de entrada son impuestas como parte de las especificaciones de diseño. Restricciones de sistema son impuestas por el sistema en el cual la solución de diseño debe funcionar.
- *Parámetros de Diseño*; son las variables físicas clave en el dominio físico que caracteriza al diseño satisfaciendo las FR's específicas.
- *Variables de Proceso*; son las variables clave en el dominio de proceso que caracteriza el proceso con el cual se puede generar las DP's especificadas.
- Primer Axioma, Axioma de independencia; este establece que la independencia de los requerimientos funcionales (FR's) deben siempre ser mantenidos donde fueron definidos como el mínimo número de requerimientos funcionales independientes que caracterizan el objetivo del diseño.
- Segundo Axioma, Axioma de Información; este minimiza el contenido de información del diseño; el contenido de información I es definido en términos de probabilidad de satisfacción de un FR o DP dado, establece que el diseño con la mínima cantidad de información es el mejor para lograr los requerimientos funcionales del diseño. Si la probabilidad de éxito de satisfacción de FR es p, la información I asociada con la probabilidad.

En el mundo real, la probabilidad de éxito está gobernada por la intersección de la tolerancia definida por el diseñador para satisfacer los FR's y la habilidad del sistema para producir la parte dentro de la tolerancia especificada. La probabilidad de éxito puede ser calculada especificando el Rango de Diseño (dr) para el FR y determinando el Rango de Sistema (sr) que el diseño propuesto provee para satisfacer el FR. La figura 3 ilustra estos dos rangos gráficamente. El eje vertical (el ordinal) es para la densidad de probabilidad y el eje horizontal (abscisa) es para FR o DP, dependiendo de los dominios involucrados en el mapeo. Cuando el mapeo es entre el dominio funcional y el dominio físico como en el proceso de diseño, la abscisa es por DP, En la figura 3, el rango del sistema esta dibujado como una densidad de probabilidad versus el FR especificado, el empalme entre el rango de diseño y el rango del sistema se denomina rango común (cr), y esta es la única región donde los requerimientos funcionales son satisfechos. Consecuentemente el área bajo el rango común dividido por el área bajo el rango de sistema es igual a la probabilidad de éxito del diseño de lograr el objetivo [2].

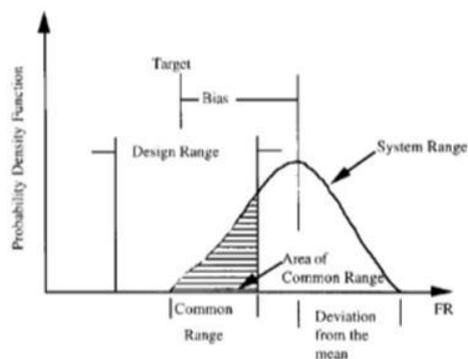


Figura 3. Rango de Diseño, Rango de Sistema y Rango común en una función de área de densidad de probabilidad (pdf) de un requerimiento funcional. La desviación desde la media es igual a la raíz cuadrada de la Varianza.

De esta manera iniciamos con la identificación de los atributos del cliente (CA)

CA: *Manufactura de un producto de oficina con contenido de bio plástico para reducir la huella de carbono por medio de la sustitución de resina fósil,*

En el cuadro 1 podemos observar un corolario de axiomas identificados por los clientes internos y externos

Bio – plástico disponible	Costo de la resina biobasada vs costo resina fósil	Compatibilidad con producto existente
Factibilidad de desarrollo	Diferenciación del producto	Manufacturabilidad
Huella carbono tCO2 eq del bio - plástico	Nicho de mercado	Huella de carbono tCO2 eq producto terminado
Resina bio – basada de celulosa	Productos similares de la competencia	Reemplazo resina fósil
Producto actual base polipropileno a desarrollar	Emisiones de vapores durante la inyección	Inversión adicional para el desarrollo
Moldes de inyección especial	Aceptación en el mercado	Uso de pigmentos
Ciclo de vida del producto	Propiedades físicas del producto	Propiedades mecánicas del producto

Cuadro 1. Corolario de axiomas identificados por clientes internos y externos

En un siguiente paso, estos axiomas se transformaran en requerimientos funcionales (FR´s) y parámetros de diseño (DPs´s) del desarrollo del producto; los FR y DP de alto nivel pueden definirse como:

FR0: Desarrollo de productos con bio plástico

DP0: Reducción de huella de carbono t CO2 eq

La descripción del valor para el cliente puede ser descrito como la suma de todas las consideraciones que tienen un impacto en el resultado esperado en la manufactura potencial de este producto. A continuación se descompone y se mapea el proceso de requerimientos funcionales (FR´s) y parámetros de diseño (DP´s), siguiendo cada uno de los requerimientos funcionales, estos deben ser convertidos en soluciones prácticas de diseño o parámetros de diseño, en el cuadro 2 se muestra la primera descomposición

<b>FR1</b>	Bio – plástico disponible	<b>DP1</b>	Compatibilidad con producto existente
<b>FR2</b>	Factibilidad de desarrollo	<b>DP2</b>	Manufacturabilidad (costo-beneficio)
<b>FR3</b>	Huella carbono tCO2 eq del bio - plástico	<b>DP3</b>	Huella de carbono tCO2 eq producto terminado

Cuadro 2. Tabla de primera descomposición de Requerimientos Funcionales (FR´s) y Parámetros de Diseño (DP´s)

Entonces, la Matriz de diseño (DM) se describe como sigue:

$$\{FR\} = [DM]\{DP\}$$

Sustituyendo los FR´s y DP´s la matriz en el primer nivel jerárquico queda:

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} \begin{pmatrix} X & X & 0 \\ X & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix}$$

La matriz de diseño muestra un diseño desacoplado, lo que indica que, los FR´s no son distinguibles unos de otros, en este caso es una matriz triangular con un patrón de diseño dependiente útil, así que continuamos la secuencia de implementación de DP´s para reducir la complejidad del sistema y prevenir un ciclado en el diseño. Continuando con la reducción de FR´s, el cuadro 3 muestra los Requerimientos Funcionales (FR´s) y parámetros de Diseño (DP´s) de la segunda descomposición.

<b>FR11</b>	Resina bio – basada de celulosa	<b>DP11</b>	Producto actual base polipropileno
<b>FR12</b>	Reemplazo resina fósil	<b>DP12</b>	Inversión adicional para el desarrollo

Cuadro 3. Tabla de segunda descomposición de Requerimientos Funcionales (FR´s) y Parámetros de Diseño (DP´s)

Sustituyendo los FR´s y DP´s del segundo nivel jerárquico en la matriz de diseño DM quedaría como se muestra a continuación:

$$\begin{Bmatrix} \text{FR11} \\ \text{FR12} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \text{X} & \text{X} & 0 \\ \text{X} & \text{X} & 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \text{DP11} \\ \text{DP12} \end{Bmatrix}$$

Como resultado se obtiene el desarrollo de productos a celulosa obtenida del bagazo de agave con base polipropileno. Por cuestiones de confidencialidad y propiedad intelectual de la organización, no se pueden revelar parámetros de proceso, características del molde, tonelaje de máquina de inyección, propiedades mecánicas y físicas del producto final, se puede consultar mayor información de la resina PolyAgave® en su sitio de internet.

El resultado obtenido después de las pruebas pertinentes en el laboratorio de calidad, arroja un producto final que se muestra en la figura 4, por otro lado la reducción en el consumo de resina fósil, representa una mejora en la huella de carbono al reducir la generación de ton CO2 eq. Como lo muestra el indicador en la figura 5.



Figura 4. Línea de productos de oficina Mapedo® hechos a base de Fibra de Agave PolyAgave®

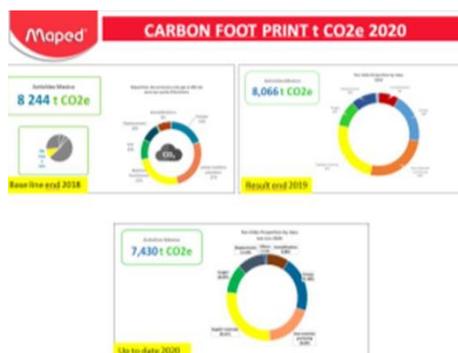


Figura 5. Indicador para medir la huella de carbono en t CO2 eq 2018 – primer semestre 2020

## Comentarios Finales

### *Resumen de resultados*

En este trabajo investigativo se estudió el uso de bio plásticos en productos de consumo masivo, detectar e identificar fabricantes de estos bio plásticos, el desarrollar alternativas que ayuden a la conservación del medio ambiente y del planeta es una responsabilidad social de la organización y parte de su cultura de innovación. El reemplazo de plásticos fósiles es posible, la creatividad del equipo permite explorar otras opciones de mejora, la metodología de mejora permite evaluar todos los aspectos necesarios para hacer un desarrollo simple y rápido.

El producto tiene características diferenciadoras del resto de los productos de la competencia y su fabricación no representa dificultad. Estos productos pueden encontrarse actualmente en las diferentes tiendas de papelería y oficina.

### *Conclusiones*

Los resultados demuestran la factibilidad de fabricación de productos con bio plásticos, este caso de estudio es solamente una muestra de algunos de estos, en el mercado se encuentra una variedad de materiales que pueden ser utilizados en diferentes tipos de productos, el éxito en este desarrollo nos llevó a extender y diversificar los materiales y los productos, abarcando también a los materiales de empaque de un solo uso.

### *Recomendaciones*

Los investigadores interesados en continuar esta investigación podrían concentrarse en las diferentes alternativas compatibles disponibles en el mercado con algunas resinas plásticas fósiles de uso común, lo extensivo de las pruebas, es directamente proporcional a la aplicación específica en la que se utilizara el bio plástico

## Referencias

- [1] Matt DT. Design of Lean Manufacturing Support Systems in Make - to Order Production. Key Engineering Materials 2009; 410-411; 151-158
- [2] Nam P. Suh, Axiomatic Design Theory for Systems, Research in Engineering Design (1998)10:189-209 1998 Springer-Verlag London Limited, The Ralph E. & Eloise F. Cross Professor, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. USA,

## Notas Biográficas

El **Ing. Juan Javier Quiroz Arriaga** es responsable de investigación y desarrollo de nuevos productos, ingeniería de procesos, mejora continua, cadena de abastecimiento, seguridad industrial y medio ambiente en la empresa Maped Silco s.a. Termino sus estudios de Posgrado en Manufactura Avanzada en CIATEQ, además cuenta con una maestría en Administración por parte de Instituto de Estudios Universitarios en el estado de Puebla.

El **Dr. Miguel Alejandro Garcia Vidales** es profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Aguascalientes en el Centro de Ciencias Empresariales y colabora en CIATEQ, en el programa de posgrado en Manufactura Avanzada.

# El acompañamiento tutorial en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

Jennifer Quiroz Fragoso<sup>1</sup>, María del Rosario Falcón Varela<sup>2</sup>

## Resumen

**En la actualidad, la sociedad demanda de la educación superior a jóvenes egresadas y egresados capaces de insertarse en el mundo laboral, poseedoras (es) de competencias que les permitan desarrollarse de manera plena en la vida profesional, la universidad por tanto será la encargada de conservar la integridad personal, la motivación, la orientación a la mejora, la permanencia y la constancia académica de las y los jóvenes que ingresen en ella. En este proceso, la tutoría y las y los tutores desempeñan un papel fundamental siempre y cuando la tutoría establecida esté orientada a la acción, haciendo referencia a la acción como un proceso enmarcado como complemento del quehacer docente y que tiene como objetivo la atención a la diversidad de las y los estudiantes; constituyendo un proceso continuo no lineal, desarrollándose en forma activa, dinámica para que facilite la construcción en las y los estudiantes de su propia visión del mundo es decir, uno de los parámetros que delimita la calidad y la mejora de la universidad en México es la incorporación de la tutoría en este nivel educativo. El presente documento presenta un esfuerzo por enaltecer el proceso de acción tutorial y coadyuvar a la puesta en práctica del mismo.**

*Palabras clave: Tutoría, acompañamiento*

## El escenario del acompañamiento tutorial

La Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo (UPMH) surge en agosto de 2008, bajo la reciente creación del Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, que no resulta más que una política compensatoria para dar cabida a la demanda social de educación superior en México. La UPMH, comenzó con 280 estudiantes, en la actualidad, cuenta con una matrícula de más de 3400 estudiantes, el modelo educativo que utiliza es el de Educación Basada en Competencias (EBC), que privilegia el hacer más que el saber, la producción de conocimiento se supedita a proyectos empresariales de índole particular.

Uno de los ejes del modelo EBC y premisa del Subsistema de este tipo de Instituciones de Educación Superior, es asegurar el ingreso, permanencia y egreso de los estudiantes, por ello cada universidad debe contar con un Programa Institucional de Tutorías, mismo que señala las acciones a seguir para brindar acompañamiento a los estudiantes, los docentes están contratados bajo dos rubros, docente de tiempo completo y docentes por asignatura, la tutoría forma parte de la carga académica de los primeros, de los segundos representa horas compensación a su salario por el desarrollo de la práctica tutorial, los estudiantes cuentan con un tutor del primer al décimo cuatrimestre, mismo que les da seguimiento académico, personal y profesional.

## El acompañamiento tutorial en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

De acuerdo con el Programa Institucional de Desarrollo 2013-2018 del Subsistema de Universidades Politécnicas, la estrategia 3.1.5 señala que se debe disminuir el abandono escolar, mejorar la eficiencia terminal en cada nivel educativo y aumentar la tasa de transición entre un nivel y otro, para ello la línea de acción consiste en ampliar –y mejorar– la operación de los sistemas de apoyo tutorial, con el fin de reducir los niveles de deserción de las y los estudiantes, favoreciendo la conclusión oportuna de sus estudios.

En el marco de una sociedad del conocimiento y de la información que cada vez es más dinámica y cambiante, la Educación Superior requiere una transformación cuyo eje sea un paradigma centrado en el humanismo que permita

---

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias Sociales, colaboradora de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, responsable de los programas de Tutorías, Inclusión educativa, Atención y prevención de conductas y actitudes de riesgo, así como de la Trayectoria Académica. [jfragoso@upmh.edu.mx](mailto:jfragoso@upmh.edu.mx)

<sup>2</sup> Maestra en Administración, colaboradora de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, responsable de Posgrado. [mfalcon@upmh.edu.mx](mailto:mfalcon@upmh.edu.mx)

la formación de las y los estudiantes en valores, cultura, actividades deportivas. En este escenario, la atención personalizada del estudiante constituye, sin lugar a dudas, un recurso de gran valor, ya que al visualizar al alumno como el actor central del proceso formativo además de propiciar el logro de los objetivos indicados, contribuye a la adaptación del estudiante al ambiente escolar y al fortalecimiento de sus habilidades de estudio y de trabajo. Las tutorías pueden ayudar, a abatir los índices de reprobación y rezago escolares, a disminuir las tasas de abandono de los estudiantes y mejorar la eficiencia terminal.

Una de las acciones recomendadas por las políticas federales de educación superior que pueden contribuir a incrementar la permanencia y eficiencia terminal de estudiantes del nivel superior, es la tutoría, a la que se le ha considerado una práctica transformadora de docentes, estudiantes e instituciones educativas (Cetina, 2004); así, por ejemplo, en el PROMEP y PROFOCIES (PIFI), la evaluación de los CIEES y los Organismos Acreditadores reconocidos por el COPAES, se ha puesto la existencia de un programa de tutoría como un Parámetro de evaluación.

La tutoría ha sido impulsada a propuesta de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), convirtiéndose en uno de los ejes fundamentales para elevar la calidad educativa en México (Ibarra, 2004). En este sentido se destaca la tutoría como una estrategia orientada a la atención individual y de pequeños grupos de estudiantes, dentro de un programa institucionalizado, como una línea a seguir que impulsa el enfoque educativo centrado en su aprendizaje, con espacios comunes para la reflexión y sobre todo con un trabajo colectivo, teniendo como eje la formación integral del estudiante y un impacto importante en los índices de eficiencia terminal.

Uno de los rasgos distintivos del Modelo Educativo de Universidades Politécnicas son los sistemas de Asesoría y Tutoría, respecto a esta última se establece que tendrán por objeto el acompañamiento y verificación de las trayectorias académicas del alumno, por un profesor que le será asignado al inicio de su trayectoria académica en la universidad. En este contexto y con el objetivo de establecer los mecanismos para coadyuvar a la formación integral de los estudiantes, así como a su permanencia y egreso en la Institución, la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo (UPMH) ha establecido el Programa Institucional de Tutorías, a través del cual se establecen las diferentes estrategias que a nivel institucional se ofrecen a los estudiantes para fortalecer su formación académica, siendo una de ellas la Tutoría.

Por lo tanto la tutoría para la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, consistirá: en el acompañamiento y verificación de la trayectoria académica del estudiante por un profesor que le será asignado con el objetivo de mejorar la calidad del proceso formativo e incrementar el aprovechamiento académico para asegurar la culminación exitosa de su formación profesional.

Puede entonces que se haya abierto el interrogante ¿Cuál es el fin de la tutoría en educación superior? la ANUIES (2001) estableció a la tutoría como una necesidad para la formación integral del estudiante universitario, dando una serie de objetivos que se debían cumplir como, por ejemplo combatir la deserción, mejorar las condiciones de aprendizaje de los estudiantes, revitalizar la práctica docente generando alternativas de atención, así como elevar la calidad de la educación, esta propuesta de práctica educativa renovadora que desarrolle una formación integral en el estudiante universitario sugiere la necesidad de un desarrollo tutorial personalizado, si lo anterior es supeditado al creciente aumento de matrícula en la universidades públicas, significa entonces, otorgarle al tutor una enorme responsabilidad social, debido a que deben tomar en consideración los objetivos de integración que la ANUIES (2001) presenta:

1. Desarrollar la capacidad del estudiante para asumir responsabilidades en el ámbito de su formación profesional.
2. Fomentar el desarrollo de valores, actitudes y habilidades de integración al ámbito académico, por medio del estímulo al interés del estudiante para incorporarse a equipos de trabajo (grupos colaborativos).

## Objetivo

Orientar y apoyar a los estudiantes durante su proceso de formación profesional, para fortalecer su desarrollo integral contribuyendo al fortalecimiento del Modelo Educativo.

## Justificación

La tutoría se conceptualiza como un proceso de acompañamiento en la formación profesional de un grupo de estudiantes por parte de un profesor-tutor, misma que se concreta mediante la atención personalizada, con el fin de orientar y dar seguimiento a su desarrollo académico, así como brindarles apoyo en los aspectos cognitivos y socio-afectivos involucrados en el aprendizaje, por lo tanto;

Las actividades de tutoría deberán incluir:

- Adaptación e integración al ambiente universitario.
- Conocimiento del Modelo Educativo, especialmente de la estructura curricula de los planes de estudio y perfil de egreso.
- Conocimiento de los procesos académicos, reglamento de estudiantes y servicios educativos de apoyo.
- Conocer las alternativas para resolver problemas dentro del contexto escolar.
- Desarrollar estrategias de estudio efectivas.
- Orientación, canalización y seguimiento para superar dificultades en el aprendizaje y en el rendimiento académico.
- Selección y apoyo en el desarrollo de actividades extracurriculares de apoyo a la formación integral.
- Retroalimentación del desempeño académico durante la trayectoria académica.
- Orientación para insertarse exitosamente a los procesos académicos de Estancia y Estadía.
- Evaluación de las capacidades e intereses para desarrollarse en áreas específicas del Programa Educativo.
- Orientación en opciones de desarrollo profesional al egreso.
- Incorporación en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Orientación sobre alternativas de movilidad académica nacional e internacional.

Cabe destacar que la tutoría no está designada -ni es función de docente observarla de esta forma- exclusivamente para alumnos que presenten bajo desempeño académico, sino también a aquellos sobresalientes que requieren de atención personalizada para mantener e incluso mejorar su rendimiento. Romo López (2005) advierte que la propuesta de la ANUIES -formulada en la Educación Superior hacia el Siglo XXI, Líneas estratégicas de desarrollo- implica un proceso de organización institucional en cuanto a tutoría en el que se ven involucrados otros actores pertenecientes a los ámbitos académico y administrativo de un plataforma de diversos programas y servicios que denomina como de mejora de calidad del proceso de enseñanza – aprendizaje a los que puedan ser canalizados los alumnos que necesiten de diferentes apoyos y orientación. Es decir que prácticamente ninguno de estos programas y servicios son creados para la tutoría, cotidianamente forman parte del funcionamiento de una IES, por ejemplo los cursos de inducción, desarrollo de habilidades y hábitos de estudio, el aprendizaje de idiomas, ofimática, orientación profesional, programas especiales para estudiantes con alto rendimiento y/o sobresalientes, programas que en algunas IES aún no se conocen y se encarga esta función al tutor, considerándose que no funge como asesor académico. La finalidad de la acción tutorial universitaria será contribuir al pleno desarrollo de la personalidad del estudiante, la mejora de su rendimiento académico y de su situación personal, social, académica y profesional. La misma Romo López (2005) señala cuáles son las funciones del docente a la hora de llevar a cabo la acción tutorial desglosándolas de la siguiente manera:

- Atención en los conflictos con los docentes.
- Apoyo en el desempeño académico y personal.
- Adaptación del bachillerato a la universidad.
- Información sobre la vida universitaria.
- Orientación para mantener el plan de estudios cuando haya atraso en algunas materias.
- Apoyo en la toma de decisiones en el avance del plan de estudios.
- Mayor control del progreso del alumno y de las técnicas utilizadas.

Los jóvenes en la actualidad manifiestan indiferencia para desarrollar una filosofía de vida propia, que incluya la culminación satisfactoria de los estudios universitarios y han cambiado sustancialmente en los últimos 30 años en los siguientes rubros Sanz Oro (2005)

*a) Actitudes y valores cambiantes:* Comparados con los estudiantes de finales de los sesenta, los estudiantes de hoy son más conservadores; menos interesados en desarrollar una filosofía de vida dotada de un sentido más profundo; más interesados en hacer dinero; más preocupados en obtener un puesto de

trabajo al finalizar sus estudios universitarios; más interesados en el campo de los negocios, la informática y la ingeniería; y menos interesados en las humanidades, las artes y las ciencias sociales.

**b) Dinámicas familiares cambiantes:** Implicación de las situaciones familiares en los tipos de estudiantes que tenemos en las instituciones de educación superior (familias divorciadas, experiencia de vida con un solo padre, alumnos que a su vez están divorciados o son padres-madres solteros, situaciones de violencia familiar, abusos sexuales y problemas de drogas, etc...). Estas situaciones provocan determinados desajustes que inciden notablemente en el aprendizaje de los estudiantes.

**d) Cambios en la preparación académica:** Disfunción de los niveles de preparación de la educación secundaria y su incidencia en el rendimiento universitario. Es ya un discurso clásico la queja del profesorado universitario respecto a la mala preparación de sus estudiantes hasta el punto de diseñar materias curriculares destinadas a lograr el “nivel requerido” en determinadas titulaciones.

La formación integral del estudiante universitario es una de las premisas del MBC que lleva a cabo al UMPH, este modelo permite una formación significativa en diversos aspectos de la vida del alumno la integración de valores a su formación resulta un factor clave para esta institución, y el tutor al ser parte de la misma en acercamiento directo y personalizado influye y propicia estos aspectos en la vida universitaria del estudiante en un primer momento y en su desempeño profesional en un segundo, Pantoja (2005) Menciona que el tutor realiza una gran aportación a la formación integral de los alumnos; intervención sobre cuestiones informativas, formativas, de asesoramiento y orientación, influyendo en aspectos educativos, personales y profesionales del alumno.

### Importancia de la tutorías

La educación tiene una función muy importante dentro de la sociedad ya que, entre las sus funciones, está la de preparar a sus miembros para entender en qué sociedad están viviendo, cómo se articula y qué se espera de ellos para, posteriormente revertir este aprendizaje en una convivencia armónica, creativa y de solidaridad. En definitiva, acompañar en la formación de futuros ciudadanos. Para Martínez (2008), "la educación adquiere actualmente una relevancia especial para todos aquellos que creen que ésta puede hacer posible la transformación de la sociedad en otra más digna, inclusiva, cohesionada y equitativa". Una educación que, según Camps (2008), "está estrechamente vinculada a la ética entendida como la formación del carácter de la persona. Una formación que corresponde sobre todo a la familia, pero también en la escuela, en la televisión y en la vida pública en todas sus manifestaciones".

Sin embargo, aunque los tutores son capacitados de forma continua manifiestan graves fracturas entre lo que llaman técnica y aplicación –es decir dominan los contenidos curriculares pero no saben como transmitirlos- la necesidad de escucha, orientación y canalización que requieren los alumnos es nula, por medio de una observación en suma informal en un curso de capacitación para la implementación del plan institucional de tutorías, se pudo detectar que la mayor preocupación del tutor reside que esperan obtener del curso herramientas de enseñanza que puedan transmitir a los alumnos, presentan además malestar por la falta de tiempo para llevar a cabo la tutoría, por la infraestructura inadecuada para otorgarla al estudiante, y por la baja remuneración. Desconocen el plan institucional de tutoría, no aplican los recursos y materiales disponibles y en algunos casos “creen” que la tutoría en un momento de esparcimiento o para continuar la clase y, en el peor de los casos sitúan a la tutoría como espacio para que el estudiante pueda manifestar todas sus quejas e inconformidades académicas.

*Existe un continuo entre docencia y tutoría. No se trata de reconvertir a los docentes para que realicen funciones profesionales de orientación. Se trata, simplemente, de volver más explícita y con una mayor sistemática la función que cada profesor desarrolla de forma espontánea como guía y facilitador del proceso de aprendizaje de su alumnado, tanto a nivel individual como grupal. El reto estriba en que bajo la etiqueta de aprendizaje se incluyan aspectos competenciales que van más allá del saber, cuya transmisión constituía el tradicional hacer del profesorado (Rodríguez Espinar, 2012).*

De acuerdo con Gairin *et al* (2004), la acción tutorial integrada en la acción docente debe servir para posibilitar, a través de una retroalimentación adecuada, que los estudiantes aprendan de sus errores, facilitarles posibles remedios a sus dificultades, motivarlos y ayudarles a centrar sus logros; consolidar sus aprendizajes, ayudarles a aplicar principios abstractos en contextos prácticos; estimar su potencial para progresar hacia otros niveles y guiarlos en la elección de alternativas, como puede verse el tutor tiene un papel social representativo, es el encargado de integrar al estudiante en su primer año universitario, de evitar la deserción, de prestar un acompañamiento al estudiante

universitario a lo largo de su trayectoria, de fortalecer perfiles y formar integralmente a un individuo que se integre a la sociedad e forma productiva, que sea competente, debe lograr el vínculo universidad – campo laboral, sólo entonces el alumno logrará tomar decisiones y resolver problemas.

La educación entonces debe ser integral y su actuación debe darse desde de toda la sociedad: familia, escuela y comunidad en general. Cada uno desde las sus posibilidades debe posibilitar unos aprendizajes que hagan que los estudiantes desarrollen todo su potencial y su idiosincrasia, y sepan encontrar su lugar dentro de la sociedad. Es, en este contexto donde la acción tutorial, la tutoría y el tutor toman relevancia. Conviene, sin embargo, clarificar previamente los conceptos. Los clásicos ya hablaban de tutores y de la importancia que en la educación tiene el contar con un buen tutor. Desde los clásicos hasta la escuela actual, se puede observar que, en mayor o menor grado, la educación ha tenido como muy importante esta acción tutorial, de acompañamiento en la formación como persona ciudadana, con todo lo que ello implica de los tutorados. Según Arnaiz (2001) "Tutoría y acción tutorial son dos conceptos complementarios y significan el conjunto de las actuaciones de orientación personal, académica y profesional diseñados por los profesores con la colaboración de los estudiantes y de la misma institución".

Sin embargo, se dará un significado a cada concepto pues, aunque con matices, sí se dan diferencias entre los diferentes conceptos. Acción tutorial: Giner y Puigardeu (2008) definen la acción tutorial como "El engranaje participativo de los diferentes agentes educativos que participan en la educación de los estudiantes, y donde su objetivo final es incidir en los estudiantes, en el su crecimiento personal, en su encaje en a la sociedad y en la construcción de la realidad que le rodea ". Del Rincon (2000), añade otro elemento cuando dice que "la acción tutorial es consustancial a la función docente y se convierte en el eje de la acción educativa, además, añade que es el papel del orientador con una herramienta de apoyo a la tarea del tutor. Otra definición la presenta Comelles (2002), entiende la acción tutorial "como el proceso de atención, ayuda y seguimiento continuo de todo el profesorado en un contexto educativo "y es una función inherente a la tarea docente. La acción tutorial para Longàs y Molla (2007) es la gran estrategia metodológica para asegurar la orientación y el acompañamiento adulto y educativo de los procesos de aprendizaje y desarrollo, tanto a nivel personal como grupal ". En definitiva, la acción tutorial significa el conjunto de acciones educativas que contribuyen al desarrollo del alumnado mediante el seguimiento de su proceso de aprendizaje y el trabajo en la orientación personal, escolar, académica y profesional para potenciar su madurez, autonomía y toma de decisiones coherentes y responsables, de forma que todos los alumnos consigan un mayor y mejor crecimiento personal e integración social.

## Evaluación

Para el cumplimiento y seguimiento del Programa Institucional de Tutorías, se requiere tener a mano y actualizados los índices de permanencia, eficiencia terminal, titulación, estudiantes tutoradas/os que cuentan con alguna beca., reprobación, rezago y deserción, en cuanto a las y los estudiantes. En cuanto a las y los tutores: total de tutores por tipo de contratación, porcentaje de tiempo asignado a tutorías por PTC's, y porcentaje de tutores capacitados y actualizados. Con la finalidad de que el programa de tutorías se otorgue de manera adecuada con la mejor y mayor calidad, esta será evaluada en forma sistemática por parte del tutor, de las y los estudiantes, las y los directivos de cada programa y la Coordinación de Tutorías, siguiendo los lineamientos establecidos y que pueden ser consultados en la Intranet Institucional bajo formatos.

Debido a que la Tutoría es una estrategia en la que intervienen diversos actores y tiene un alcance mayor porque aplica al 100% de estudiantes, a continuación se establece el procedimiento que considera la secuencia de actividades que se realizarán para garantizar el cumplimiento del objetivo de Tutoría. Cada cuatrimestre Secretaría Académica aplica la evaluación de desempeño de las y los tutores por parte de las y los estudiantes, de acuerdo con una calendarización cuatrimestral, emitiendo un informe del cual retroalimenta a cada tutora/or, a su vez la Coordinación de Tutorías aplica instrumentos de evaluación que permitan dar seguimiento y retroalimentación a la acción tutorial a través de los instrumentos de evaluación cuatrimestral por parte de la coordinación y de la retroalimentación de tutorías, este último aplicándose de manera aleatoria en la tutoría grupal.

## Algunas conclusiones

La tutoría es considerada como una estrategia básica para la orientación, la individualización y el seguimiento del aprendizaje de los estudiantes en cualquier modelo, pero lo es aún más cuando se proponen metodologías que otorguen

mayor autonomía al alumnado universitario. Mejora la imagen pública y la proyección externa de la universidad y dota al alumnado de estímulos para el desarrollo de la reflexión y la autonomía en el ámbito académico.

Es importante subrayar que la tutoría propicia una relación pedagógica diferente a la propuesta por la docencia cuando se ejerce ante grupos numerosos. En ese caso, el profesor asume el papel de un consejero o un “compañero mayor”. Ahí, el ambiente es mucho más relajado y amigable. Además, las condiciones del espacio físico, en donde tiene lugar la relación pedagógica, deben ser más acogedoras (Latapí Sarre, 1988).

Los beneficios que brinda la tutoría, el programa de tutoría permite al alumno entre otros beneficios:

- Obtener apoyo personalizado o grupal para atender dificultades en diversas situaciones que pudieran afectar su desempeño académico.
- Recibir información oportuna y adecuada sobre los estudios en los que está interesado y pueda así tomar decisiones fundamentadas.
- Recibir información oportuna y adecuada sobre temas que sean de su interés y que de influyan de manera significativa en su trayectoria educativa

## Referencias Bibliográficas

- ANUIES. (2001) Programas Institucionales de Tutoría. Una propuesta de la ANUIES para su organización y funcionamiento en las instituciones de Educación Superior, México, ANUIES.
- Baudrit A. (2000). “Le tutorat: un enjeu por une pratique pédagogique devenue objet scientifique?” *Revue Française de Pédagogie*, 132, 125-153.
- BEYER, L. E. DANIEL, P. LISTON (2001) El currículum en conflicto. Perspectivas sociales, propuestas educativas y reforma escolar progresista, pp. 09-50.
- Bisquerra R. y Álvarez, M. (1996). Modelos de intervención en orientación, en Bisquerra, R. y Álvarez, M. (coords.) (331-351). *Manual de orientación y tutoría*. Barcelona: Praxis.
- Chaliès, S. Durand, M. (2000) “L'utilité initiale des enseignants”. *Recherche et Formation*, 35, 145-180.
- Cruz Flores G., Abreu Hernández, L.F. (2006) Competencias docentes para la tutoría en la educación superior Consultado: marzo 20, 2013 Disponible en: [www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/.../0438.pdf](http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/.../0438.pdf)
- Dèlivrè, F. (2002) *Le métier de coach*. Paris: Editions d'Organisation.
- Ducoing P. (2005) Tutoría y mediación I, IISUE-UNAM, México, pp. 57-140. <sup>1111</sup><sub>3333</sub>
- Gairín, J., Feixas, M., Guillamón, C. Quinquer, D. (2004) *La tutoría académica en el escenario europeo de la educación superior*. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, núm.181 pp. 61-77.
- García Ramos, J.M. y Gálvez Hernández, M. (1996). “MU un modelo tutorial universitario”. *Revista Complutense de Educación*, 7, 51-66.
- HASKELL, R. (2001) *Transfer of Learning: Cognition, Instruction and Reasoning*. Academic Press, San Diego.
- Hassman, C.A. (2002) *Critical perspectives on Mentoring: trends and issues*. Columbus: The Ohio State University.
- Boudec, G. Le (2001) *L'Accompagnement en Éducation et Formation. Un projet impossible?* Paris: L'Harmattan.
- Ibarra, E. (2004) Impacto de la evaluación en la educación superior mexicana: Valoración y debates, en *Revista de la Educación Superior* Vol. 38, N° 149, pp. 173.182.
- Latapí Sarre, P. (1988) *La enseñanza tutorial: elementos para una propuesta orientada a elevar la calidad*, artículo, ANUIES, México
- Lobato, C.; Arbizu, F.; Del Castillo, L. (2004) “Las representaciones de la tutoría universitaria en profesores y estudiantes: estudio de un caso” en: *Educación XXI*, 7, pp. 135- 168.
- López Ortega A. (2003) “La tutoría en la Universidad”, Primer Foro Institucional de Tutorías Académica, UAG, México.
- Mora, J. A. (2004) *Acción tutorial y orientación educativa*, Madrid, Narcea.
- Pedicchio, M.C. Y Fontana, I. (2000) *Tutoring in European Universities*. Trieste: Servizio Tipografico Editoriale d'Ateneo.
- Quiroz, F. J. (2016) *La construcción de la identidad profesional de las tutoras y los tutores en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo*, Tesis de Maestría en Ciencias de la Educación, UAEH.
- Rama, C. (2006) La tercera Reforma de la Educación Superior en América Latina y el Caribe, masificación regulaciones e internalización, *Revista Educación y Pedagogía*, Vol. XVIII, N° 46.
- Rikard, G.L. (1990) Student teaching supervision: A dyadic approach. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 61, 85-87.
- Romo López, A. (2005) La tutoría en el nivel de licenciatura y su institucionalización, en *Educación Superior y Programa Nacional de Educación 2001-2006: Aportes para una discusión*, ANUIES, México.
- Rodríguez Espinar (2004) *Sobre la tutoría universitaria: algo nuevo o, ¿redescubriendo lo antiguo?*, Universidad de Barcelona. Disponible en: [www.udc.es/.../TutoriaUniversitaria/Sobre%20la%20tutoria%20universita](http://www.udc.es/.../TutoriaUniversitaria/Sobre%20la%20tutoria%20universita) Consultado: 23 de marzo, 2013.
- Rodríguez Espinar (2012) Coordinador, *Manual de Tutoría Universitaria: Recursos para la Acción*, Ed. Octaedro, Barcelona.
- Villers, D. (1998) “Du maître d'application à l'instituteur maître formateur: des conceptions différentes?” En D. Raymond y Y. Lénor (Ed.), *Enseignants de métier et formation initiale* (pp. 223-244). Bruxelles: De Boeck Université.

# Evaluación de la NOM-020-ENER-2011 en envolventes construidos con bloques sustentables

Raúl Quiroz Martínez<sup>1</sup>, José Manuel Robles Solís<sup>2</sup>,  
Juan Carlos Gutiérrez Villegas<sup>3</sup> y Emmanuel Magallanes Ulloa<sup>4</sup>

**Resumen**—Los nuevos materiales usados en la construcción buscan la reducción de costos e impactos ambientales en el mundo. Buscando la optimización de recursos se han creado y caracterizado bloques de concretos mezclados con papel y PET reciclado. Además de cumplir con las características mecánicas para su uso, hoy en día los nuevos materiales deben ir encaminados a mejorar el diseño térmico de los envolventes. Con el fin de normalizar la eficiencia energética en edificios para uso habitacional en México se tiene la NOM-020-ENER-2011. En el presente trabajo se realiza el procedimiento que indica la norma oficial mexicana para calcular la ganancia total de calor de tres edificaciones hechas con bloques de control (100% concreto), bloques de concreto y papel (75%<sub>p</sub>) y bloques de concreto y PET (75%<sub>p</sub>). Al realizar la comparativa de los resultados obtenidos de cada edificación con el envolvente de referencia se obtiene como resultado que los tres bloques cumplen con la norma, siendo el construido con bloques de concreto el que presenta mayor ahorro de energía.

**Resumen**—Bloques Sustentables, eficiencia energética, envolventes.

## Introducción

La vivienda es una necesidad humana fundamental, sin embargo, el crecimiento en la población hace que la construcción de casas en México no se realice de manera adecuada ya que muchas veces no se considera la calidad del espacio, la ubicación de la envolvente y la selección de materiales adecuados acordes al clima. La arquitectura bioclimática busca el ahorro en el consumo de energía de la edificación para lograr el confort térmico. En México la mayor parte de la energía utilizada en el aire acondicionado es para enfriar por lo que las normas oficiales buscan ahorrar energía en los sistemas de aire acondicionado (Barrios, et al., 2014). México cuenta con la norma obligatoria NOM-020-ENER-2011 que limita las ganancias de calor a través de la envolvente para nuevos edificios residenciales (Medrano Gómez & Escobedo Izquierdo, 2017). Hasta hace algunos años, esta norma no se ha logrado introducir en los códigos de construcción, ya que solo se utiliza con fines de obtener subsidios gubernamentales (Rodríguez-Muñoz, et al., 2017). Uno de los principales problemas que tienen la norma es que analiza la transferencia de calor en estado estacionario, y esto puede generar errores en los cálculos, sobre todo para regiones con climas templados (Huelsz, et al., 2014). Actualmente la evaluación de la conformidad de la norma aplica para edificios nuevos o ampliaciones para uso habitacional que se construyan en las ciudades cuyas tarifas eléctricas sean 1C, 1D, 1E y 1F. Aunado a minimizar los problemas energéticos, la industria de la construcción busca reducir su impacto ambiental por ello se ha buscado el uso de materiales reciclados de residuos sólidos en la producción de materiales de construcción logrando incorporar estos desechos como materiales suplementarios en los bloques de concreto (Meng, et al., 2018). Estos nuevos materiales deben cumplir con la normatividad oficial vigente, es por ello que en este trabajo se utiliza la NOM-020-ENER-2011 para calcular el ahorro energético en tres envolventes; de los cuales dos fueron construidos con bloques que contienen materiales reciclados en su composición.

## Descripción del Método

### *Determinación de la conductividad térmica de los bloques sustentables*

Para este proyecto se elaboraron 3 tipos de bloques por el método de vibro-compactación dejándolos fraguar por 18 días. Los bloques tienen dimensiones de 20cm de largo, 40cm de alto y 14cm de ancho. Los 3 tipos de bloques son: bloques de control elaborados con 100% de concreto (cemento y agregados), bloques de PET al 75%<sub>p</sub> y bloques de

<sup>1</sup> Mtro Raúl Quiroz Martínez, docente investigador en el Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara. [rqm.cunorte@cunorte.udg.mx](mailto:rqm.cunorte@cunorte.udg.mx)

<sup>2</sup> Dr. José Manuel Robles Solís, docente investigador en la Universidad Politécnica de Zacatecas. [jmrobles@upz.edu.mx](mailto:jmrobles@upz.edu.mx)

<sup>3</sup> Mtro. Juan Carlos Gutiérrez Villegas docente investigador en el Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara. [gutierrezjc@cunorte.udg.mx](mailto:gutierrezjc@cunorte.udg.mx)

<sup>4</sup> Mtro. Emmanuel Magallanes Ulloa, docente investigador en la Universidad Politécnica de Zacatecas. [emagallanes@upz.edu.mx](mailto:emagallanes@upz.edu.mx)

papel también al 75%. Como parte de la caracterización térmica de los bloques se determino su conductividad térmica mediante el proceso del hilo caliente (Robles Solís, et al., 2016). Los resultados se muestran en la tabla 1.

Bloque	Conductividad Térmica ( $Wm^{-1}C^{-1}$ )
De Control	2.375
75% Papel	0.5459
75% PET	0.7337

Tabla 1. Conductividad Térmica de los Bloques

*Envolvente*

Para realiza el cálculo de la NOM-020-ENER-2011, se consideró el envolvente que se muestra en la figura 1. Dentro de la Universidad Politécnica de Zacatecas, se construyeron tres envolventes con los diferentes bloques, con el fin de realizar estudios de eficiencia energética más especializados, mismos que se reportan en otros trabajos. El envolvente cuenta con una ventana orientada al sur como se muestra en la figura 2 y una puerta metálica en el norte de la envolvente con dimensiones de 2m x0.8m. Ambas se consideran para el análisis.

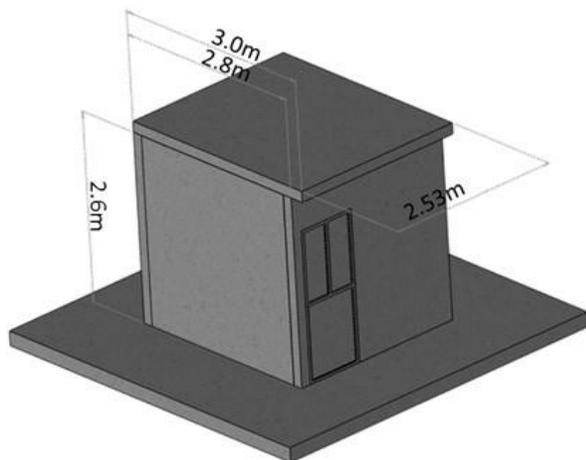


Figura 1. Envolvente vista frontal.

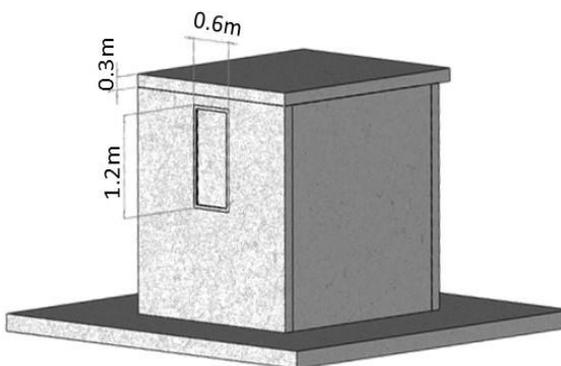


Figura 2. Envolvente vista posterior.

Para realiza el cálculo se utilizó el procedimiento que marca la NOM-020-ENER-2011, se realizó para la localidad de Fresnillo zacatecas con latitud de 23°36. Se utilizaron los datos que vienen en la tabla 1 de la norma.

*Cálculo de la ganancia de calor por conducción.*

En la tabla 2 se muestra el cálculo de ganancia de calor por conducción de los envolventes y del edificio de referencia. Para la sección norte (fachada principal) se consideró la puerta de aluminio de 5cm de ancho y para la sección sur (posterior) el material de la ventana es vidrio común de 3 mm de espesor.

Sección del Envolvente	Ganancia de Calor por Conducción (W)			
	Referencia	Bloque de Control	Bloque de PET 75% <sub>p</sub>	Bloque Papel 75% <sub>p</sub>
Techo	75.892	249.865	249.865	249.865
Norte	-13.441	-41.586	-32.639	-30.169
Este	-3.872	0	0	0
Sur	-3.116	-3.545	-3.545	-3.545
Oeste	-9.828	-27.624	-17.983	-15.321
Total	45.635	177.11	195.698	200.83

Tabla 2. Ganancia de Calor por Conducción

*Cálculo de la ganancia de calor por radiación.*

En la tabla 3 se muestra el cálculo de ganancia de calor por radiación de los envolventes y del edificio de referencia. Para la corrección de sombreado se considero una ventana remetida con una profundidad de 2cm. Como las diferentes envolventes tienen una ventana con las mismas dimensiones y misma orientación, el cálculo es el mismo para todos.

Ventana	Ganancia de Calor por Conducción (W)	
	Referencia	Bloque de Control Bloque de PET 75% p Bloque de Papel 75% p
Tragaluz	0	0
Norte	45.3	0
Este	99.736	0
Sur	69.124	81.28
Oeste	106.288	0
Total	320.448	81.28

Tabla 3. Ganancia de Calor por Radiación

### Comentarios Finales

#### Resultados

Para que un envolvente cumpla la NOM-020-ENER-2011 la ganancia de calor total del edificio proyectado debe ser menor a la del edificio proyectado. En la tabla 4 se muestran la ganancia de calor total, así porcentaje calculado de ahorro energético.

Material	Ganancia de Calor Total (W)		¿Cumple con la Norma)	Ahorro de Energía
	Edificio Referencia	Edificio Proyectado		
Bloque de Control	366.08	58.39	Sí	29%
Bloque de PET 75% p		276.97	Sí	24%
Bloque de Papel 75% p		282.11	Sí	23%

Tabla 4. Cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011

#### Conclusiones

Los tres tipos de bloques cumplen la NOM-020-ENER-2011. La mayor pérdida de calor se da a través del techo de la envolvente que es de concreto armado y no de los materiales que se estudian. Los muros norte, sur y oeste generan bonificaciones en la ganancia de calor mayores a la de la envolvente de referencia. El edificio construido con los bloques de control bloque presenta el mayor ahorro de energía.

### Referencias

- Barrios, G., Huelsz, G. & Rojas, J., 2014. Ener-Habitat: A cloud computing numerical tool to evaluate. *Energy Procedia* 57, p. 2042 – 2051.
- Huelsz, G., Barrios, G. & Rojas, J., 2014. Differences on Results from Steady-state and Time-dependent Wall/roof Heat Transfer Models in Mexican Climates. *Energy Procedia* 57, pp. 1825-1833.
- Medrano Gómez , L. & Escobedo Izquierdo, A., 2017. Social housing retrofit: Improving energy efficiency and thermal comfort for the housing stock recovery in Mexico. *Energy Procedia*, pp. 41-48.
- Meng, Y., Ling, T.-C. & Mo, K., 2018. Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: an overview. *Resour. Conserv. Recycl.*, 138, pp. 298-312.
- Robles Solís, J. M., Vejar Ruiz, S., Lozano Mandujano, D. & Gutiérrez Villegas, J. C., 2016. Aplicación del método de hilo caliente en la determinación de la resistencia térmica de bloques de concreto-material reciclado. *Revista de Energía Química y Física*, pp. 18-24.
- Rodríguez-Muñoz, N. A., Romero-Pérez, C. K., Alpuche-Cruz, M. G. & Martín-Domínguez, I. R., 2017. Preliminary study of the condition of social housing in the city of Durango, México. *Energy Procedia* 134, pp. 29-39.

# Técnica de Rocío Piroclítico Ultrasónico para el depósito de películas delgadas

Raquel Ramírez Amador<sup>1,2</sup>, Salvador Alcántara Iniesta<sup>1</sup>, Ricardo David Jiménez Pavón<sup>2</sup>, Ogilver Teniza García<sup>2</sup>, Maribel García Miranda<sup>1</sup>, Salomón Noé Turijan Altamirano<sup>2</sup>, Juan Balcón Camacho<sup>2</sup>, H. Patricia Martínez Hernández<sup>4</sup>, Carmen Téllez González<sup>2</sup>, M Acosta-Osorno<sup>1</sup>.

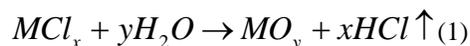
**Resumen**— Este trabajo reporta en que consiste la técnica de rocío pirolítico ultrasónico para obtener películas delgadas de diferentes materiales, entre los más conocidos son los óxidos conductores transparentes (TCOs), dichas películas pueden tener diferentes aplicaciones como en la fabricación de diferentes dispositivos optoelectrónicos, dentro de las características más importantes que permiten que el sistema pueda operar de manera óptima encontramos: Temperatura del sustrato, control de temperatura, distancia de la boquilla al sustrato, gras de arreste entre otras. Las películas que son preparadas por esta técnica suelen tener propiedades adecuadas a las aplicaciones que se requieren. El sistema que se describe aquí, consta de un nebulizador (de esos que se usan en tratamientos al sistema respiratorio) un matraz o recipiente con dos entradas, una bomba de pecera, una parrilla controlada y un flujómetro. La operación es muy simple, rápida y emplea poca solución precursora para la formación de la película, ésta se forma a base de un metal en forma de acetato y un solvente que por lo general es un alcohol. Las películas pueden ser depositadas en sustratos como vidrio, alúmina cerámica, cuarzo o silicio.

**Palabras clave:** Rocío Piroclítico Ultrasónico, Cavitación, Películas delgadas.

## Introducción

Hoy en día, existe un amplio campo en la investigación de la síntesis de nuevos materiales, lo que provoca mejorar o modificar las técnicas que ya existen; o crear otras para obtener el material con las características deseadas. Dentro de las técnicas que nos permiten obtener o modificar las propiedades ópticas, eléctricas, estructurales, morfológicas, mecánicas, entre otras, de los materiales requeridos; encontramos la técnica de Rocío Piroclítico Ultrasónico (RPU). Esta técnica, nos permite depositar una película de diferentes materiales y espesores, siendo ésta muy empleada en varios centros de investigación, para formar películas de óxidos conductores transparente (TCOs) que puedan ser empleadas en la fabricación de diferentes dispositivos electrónicos, optoelectrónicos, celdas solares, sensores de gas, humedad, deformación [1-3], etc. Por otro lado, puede aplicarse en diferentes empresas debido a que permite recubrir superficies de piezas pequeñas o láminas de áreas grandes [4] para mejorar algunas propiedades.

La técnica de RPU, es simple, de bajo costo, que se ha utilizado por varios años y que es posible adaptarla en la industria para producir grandes cantidades en áreas extensas. Esta técnica se basa en la descomposición pirolítica de un compuesto metálico disuelto en una mezcla cuando éste es rociado sobre un sustrato precalentado. El método depende de la hidrólisis en la superficie, del cloruro del metal sobre la superficie del sustrato, según la reacción (1) [5]:



<sup>1</sup> Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores (CIDS-ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Av. San Claudio y 14 sur, Edif. 103C C.U., Col. San Manuel, Puebla 72570, México.

<sup>2</sup>Carrera de Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Huejotzingo (UTH), Real San Mateo 36B, Segunda Secc, 74169, Santa Ana Xalmimilulco, Puebla, México.

<sup>4</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco, Carretera Apizaco-Tzompantepec, esq. con Av. Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-Tzompantepec, Tlaxcala 90300, Mexico

La geometría de la boquilla de rocío y la presión del gas, determinan la forma del rocío, la distribución del tamaño de las gotas y la razón del rocío. Estos últimos, determinan la cinética de crecimiento de la película y la calidad de la película obtenida. Otros parámetros de control importantes que afectan la calidad de las películas son: la naturaleza y temperatura del sustrato, la composición de la solución, el gas de arrastre, la velocidad del flujo de la solución, el tiempo de depósito y la distancia del sustrato a la boquilla de rocío. Las películas crecidas en sustratos a temperaturas menores de 300°C son de naturaleza amorfa, mientras que a temperaturas más altas, se forman películas policristalinas [6].

Debido a que el tamaño de la gota, en el proceso de rociado es un parámetro crítico en la homogeneidad de las películas. Hoy en día, un sistema de rocío ultrasónico, consiste de un pulverizador ultrasónico con un orificio para el rociado, un horno y un sistema de descarga. En donde, el pulverizador ultrasónico tiene un vaso de vidrio conteniendo el líquido que será rociado y un transductor de cerámica en la parte inferior, que es excitado por un generador a alta frecuencia (de 800 KHz a 1MHz). Se requiere por lo general un consumo de potencia de 100-200W para rociar un litro por hora de líquido. El diámetro de las gotas  $d$ , generado por las variaciones ultrasónicas, depende de la frecuencia de vibración  $f$ , de acuerdo a la ecuación (2) [7-8]:

$$d = K(8\pi\sigma / \rho f^2)^{1/3} \quad (2)$$

donde  $K$  es una constante que depende del sistema,  $\sigma$  es la tensión en la superficie y  $\rho$  es la densidad del fluido. Las variaciones del diámetro de la gota con la frecuencia son una parte fundamental del sistema. Con esta técnica es posible controlar el tamaño de la gota, de la cual depende la uniformidad de las películas.

Para obtener películas con buena conductividad, es fundamental que sea eliminada la oxidación completa del metal agregando un compuesto apropiado, tales como: propanol o alcohol etílico. Los productos de descomposición de materiales orgánicos conducen a reducir el óxido de las películas y crean vacancias de aniones. Temperaturas de sustrato altas incrementan la velocidad de depósito y favorecen la reducción química (vacancias de aniones) [6]. El tipo y la cantidad de materiales orgánicos mezclados con los cloruros metálicos determinan la cantidad de reducción. En la siguiente sección describiremos el proceso de implementación de ésta técnica.

### Desarrollo experimental

En este trabajo presentamos un sistema de RPU cuyo diagrama se muestra en la figura 1, el cual consta de una bomba de aire (puede ser la que empujan para las peceras), un flujómetro Omega FL-1804 con rango de 0 a 0.825 LPM, un nebulizador ultrasónico comercial Healty Sorce Elite (Se usa para el tratamiento de afecciones respiratorias, dosificador de medicamento a través del rocío o nube similar a las vaporizaciones), una parrilla, un control digital YUYAO XMTG-808 con variación de  $\pm 5^\circ\text{C}$ , un termopar tipo "K" temperatura, un matraz de dos bocas, manguera transparente y una boquilla de vidrio pyrex.

Como se puede ver en la Figura 1, la bomba de aire es la que proporciona el gas de arrastre para transportar la solución, el flujo de aire es regulado por una válvula continua y medido con un flujómetro, el matraz de dos bocas contiene la solución precursora, en una boquilla se inyecta el aire y la otra servirá para transportar la solución que se depositará sobre el sustrato, que ha sido calentado previamente a la temperatura de depósito del material, por la parrilla de cerámica; dicho matraz se encuentra dentro del nebulizador ultrasónico, que tiene un transductor piezoeléctrico que sirve para generar la nube de la solución precursora (fenómeno de cavitación, se explicará más adelante). Para verificar la temperatura deseada y lograr el crecimiento de la película, se emplea un termopar tipo K en contacto con la parrilla de cerámica, con lo cual se obtiene una lectura de la temperatura precisa; el calefactor se reguló con un control digital con variación de  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Las boquillas de pyrex tenían un diámetro de 1.6cm, éstas fueron lavadas con ácido fluorhídrico al 10% y agua desionizada, para evitar contaminación de impurezas al transportar la nube al sustrato;

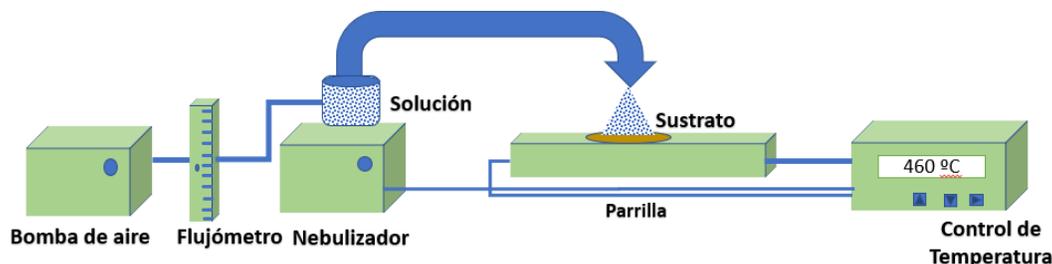


Figura 1. Diagrama del sistema de Rocío Pirolítico Ultrasónico.

El principio de operación del sistema, está basado en la formación de pequeñas burbujas de vacío (50  $\mu\text{m}$ ), producidas por la vibración ultrasónica de un transductor piezoeléctrico en un líquido (Fig. 2(a)). Este transductor (placa cerámica PZT, circular de 2cm de diámetro, por 1mm de espesor aproximadamente), tiene la propiedad de generar cargas en ambas caras, al ser deformado intermitentemente, y a la inversa, de vibrar cuando se le aplica un voltaje alterno. Si este transductor se encuentra inmerso en un líquido y se le aplica un voltaje alterno proporcionado por un oscilador electrónico, a una frecuencia ultrasónica de 1 a 2MHz, entonces: cuando vibra a esta frecuencia, en la mitad de ciclo, empuja contra el líquido y genera una gran presión sobre este, pero en la siguiente mitad del ciclo, inmediatamente jala provocando una fuerte expansión o rarefacción que produce diminutas burbujas de vacío, este fenómeno es llamado *cavitación*[9] (Figura 2(b-c)).

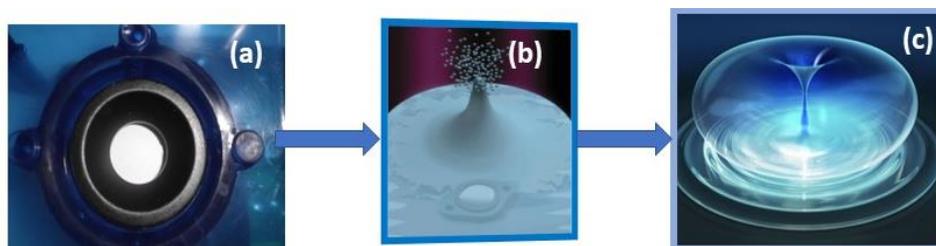


Figura 2. Proceso de cavitación en un sistema de RPU. (a) Transductor (b) Formación del geiser (c) Formación de las burbujas [9].

Dentro del nebulizador donde está el transductor piezoeléctrico cubierto con agua, se introduce un matraz con la solución precursora (Figura 3) [5]; Este se coloca en el foco del geiser provocado por la vibración, donde es generada la nube de la solución precursora, debido a las vibraciones generadas en la superficie del líquido, de este modo, las dimensiones de las burbujas en la nube, dependen de la naturaleza del líquido y de la frecuencia del actuador ultrasónico; a mayor frecuencia, menor diámetro de las [7]. Esta nube es transportada por aire a un sustrato de vidrio o silicio caliente (250 a 500°C) (Ver figura 3(b)), donde se consigue una reacción química heterogénea vapor-sólido y así se logra el depósito de películas de diversos materiales en diferentes sustratos (Figura 3(c)).

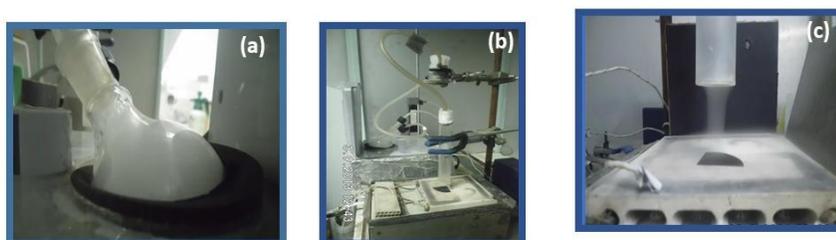


Figura 3. Proceso de depósito de las películas (a) Solución precursora colocada en el matraz para formar la nube (diminutas gotas) (b) Transporte de la solución en diminutas gotas (c) Depósito de la solución sobre el sustrato caliente.

Como se puede apreciar, en la técnica de RPU el sistema de calentamiento del sustrato es un parámetro importante, ya que determina críticamente la homogeneidad de la temperatura de la superficie del sustrato. Al salir la nube por el aplicador hacia el sustrato caliente, la mayoría de los solventes son evaporados y el material en la cercanía inmediata al sustrato se evapora y desarrolla la cinética de la reacción pirolítica (reacción química heterogénea vapor-sólido), la cual toma lugar gracias a que el sustrato se mantiene a cierta temperatura fija elevada (Como se muestra en la figura 3). Este proceso que depende de la naturaleza de los componentes de la solución y de la temperatura superficial del sustrato.

### Resultados

Una vez que se ensambló y se realizaron todas las pruebas al sistema de RPU, se procedió a realizar el crecimiento de diferentes materiales, el uso de sustratos diversos y donde se consideraron diferentes temperaturas y tiempo de depósito. Se pudo observar que, si era posible, obtener las condiciones de depósito deseadas de acuerdo al material a depositar e incluso podría emplearse esta técnica como una alternativa para la fabricación de diversos dispositivos optoelectrónicos.

En la figura 4, se muestran películas de FTO y ZnO crecidas sobre vidrio y silicio respectivamente, con diferente tiempo de depósito. Se pudo apreciar que la utilización de la técnica en este campo es cada vez más generalizada, debido a su simplicidad y versatilidad, dentro de las ventajas que tiene esta técnica es que, es posible impurificar o dopar ciertos materiales, el uso de diferentes sustratos, control preciso sobre el grosor, la composición de la película, y temperaturas de operación moderadas. Todas estas consideraciones nos permiten obtener películas con diferentes propiedades eléctricas, ópticas, estructurales, morfológicas y físico- químicas, como se muestran en los trabajos presentados en las siguientes referencias empleando este sistema, que va desde la obtención de materiales binarios hasta ternarios. Dentro de los materiales que se han depositado con esta técnica encontramos SnO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>:F (FTO), ZnO, y G-ZnO [10-13]; En dichos artículos podemos encontrar información más a fondo sobre las propiedades que se obtienen de las películas al trabajar con esta técnica.

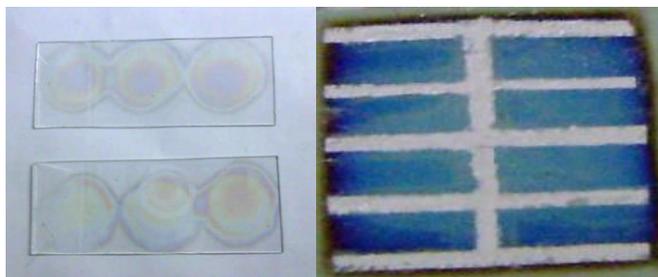


Figura 4. Películas depositadas por RPU (a) FTO sobre sustrato de vidrio (b) ZnO sobre sustratos de silicio.

Existen diversos parámetros que se deben tomar en cuenta para depositar las películas por la técnica de RPU, entre los que destacan, compuestos químicos, presión del gas de arrastre, tamaño de la gota, distancia de la boquilla al sustrato, temperatura de depósito, campana de extracción, en este caso las condiciones bajo las cuales el sistema opera de manera óptima se presentan den la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de depósito de las películas por RPU.

<i>Parámetro</i>	<i>Rango de operación</i>
Distancia de la boquilla al sustrato	1-5 cm
Gas de arrastre	aire
Temperatura del sustrato	100-600 °C
Flujo del gas portador	328 a 492 ml/min
Presión del gas de arrastre	30-80 psi
Tiempo de depósito	0-2horas
Sustratos empleados	Vidrio, silicio, zafiro

## Conclusiones

En este trabajo se presentó una técnica alternativa y de bajo recurso que puede ser empleada en el crecimiento de películas delgadas de diferentes materiales, no requiere de un gas inerte para el proceso de depósito se puede emplear aire, la técnica permite controlar la temperatura y el tiempo de depósito. No es necesario el vacío, ni ambientes controlados, que lo encarezcan, los elementos utilizados son fáciles de adquirir y el consumo de reactivos es mínimo. Con este sistema se pueden ensayar condiciones de depósito, combinación de elementos, impurificación y formas de aplicadores para buscar mayor área de depósito, como lo han demostrado trabajos que han empleado esta técnica para obtener diferentes materiales.

Por otro lado, la implementación de esta técnica, nos permite su posible construcción en laboratorios modestos sin tanta inversión. Así mismo, esta técnica, a su vez nos puede ser empleada como una herramienta didáctica para alumnos que están interesados en conocer más sobre las síntesis de materiales

## Agradecimientos

R. Ramírez Amador agradece el apoyo brindado por el Dr. Salvador Alcántara Iniesta, Maribel García Miranda CIDS-BUAP, las aportaciones hechas para la realización de este trabajo. Al director de carrera de mecatrónica: Ing. Arturo B. Vásquez Ortiz director de la carrera de Mecatrónica de la Universidad tecnológica de Huejotzingo por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

## Referencias

- [1] Chopra K.L, Major S, Pandya D.K. *Thin Solid Films*,102(1983), 1-46.
- [2] Badaway W. Decker F, Doblhofer K. *Solar Energy Materials*. 8, (1983.), 363.
- [3] Blandenet, M. Court and Y. Lagarde, *Thin Solid Films* 77(1981) 81-90.
- [4] Carp, O., Huisman, C. L., & Reller, A. (2004). Photoinduced reactivity of titanium dioxide. *Solid State Chemistry* , 33-177.
- [5] Chaudhuri U, K. Ramkumar and M. Satyam, *J. Appl.Phys.* 66 (1989) 1748.
- [6]Alcántara I. Salvador, Soto C, L B Susana. Antonio Ortega J. (2008). Películas de ZnO piezoeléctricas depositadas por Spray Pirolisis US. *Superficies y Vacío* 21(4) 6-9.
- [7] Bang, J. H., & Suslick, K. S. (2010). Applications of ultrasound to the synthesis of nanostructured materials. *Advanced materials*, 22(10), 1039-1059.
- [8] Lang, R. J. (1962). Ultrasonic atomization of liquids. *The journal of the acoustical society of America*, 34(1), 6-8.
- [9]<https://www.silabtec.com/en/general-principle-the-cavitation/>
- [10] Flores-Carrasco, G., Alcántara-Iniesta, S., Sierra-Fernández, A., Gomez-Villalba, L. S., Rabanal, M. E., & Milosevic, O. (2014). Propiedades estructurales, ópticas y eléctricas de películas de SnO<sub>2</sub> y SnO<sub>2</sub>: F depositadas por rocío pirolítico ultrasónico. *Superficies y vacío*, 27(4), 126-132.
- [11] Dominguez, M. A., Flores, F., Luna, A., Martinez, J., Luna-Lopez, J. A., Alcantara, S., ... & Orduña, A. (2015). Impact of active layer thickness in thin-film transistors based on zinc oxide by ultrasonic spray pyrolysis. *Solid-State Electronics*, 109, 33-36.
- [12] Acosta-Osorno, M., Alcántara-Iniesta, S., Alvarado, J., Young, C. D., Mejía, I., García, M., ... & Juárez-Díaz, G. (2019). Characterization of ZnO thin films obtained by ultrasonic spray pyrolysis for application in UV photoconductive detectors. *Materials Research Express*, 6(11), 116450.
- [13] Ramírez-Amador, R., Alvarado, J., Flores-Carrasco, G., Morales-de la Garza, L., Alcántara-Iniesta, S., Luna-Flores, A., ... & Curioca-Vega, J. F. (2020). The Influence of Deposition Time on the Structural, Morphological, Optical and Electrical Properties of ZnO-rGO Nanocomposite Thin Films Grown in a Single Step by USP. *Crystals*, 10(2), 73.

# CONSTRUCCIÓN DE LA PERIFERIA DESDE EL URBANISMO INFORMAL: PROCESOS METROPOLITANOS EN EL ÁREA URBANA DE PACHUCA Y MINERAL DE LA REFORMA, ESTADO DE HIDALGO

José Iván Ramírez Avilés<sup>1</sup>, María Guadalupe Solís Murcia<sup>2</sup>

**Resumen**—El tema que aquí se desarrolla tiene por objetivo fundamental explorar a pequeña escala territorial, los diferentes procesos urbanos acontecidos sobre todo en el área urbana de Pachuca y Mineral de la Reforma, así mismo con sus distintas periferias y conurbaciones con los municipios que conforman la llamada Zona Metropolitana de Pachuca. En este sentido, por medio del uso de Sistemas de Información Geográfica y del análisis de datos estadísticos, se exploran esas “periferias” o “bordes urbanos” en los cuales el urbanismo informal por medio de fraccionamientos cerrados y de asentamientos irregulares están configurando el crecimiento metropolitano actual, sin que por el momento existan políticas de planeación que incidan en el ordenamiento territorial y urbano.

**Palabras clave**—urbanismo informal, periferias, Zona Metropolitana, asentamientos irregulares.

## Introducción

La relevancia del proceso de urbanización es global, impactando más en algunos contextos que en otros, pero sin duda con grandes retos en los que se busca que lo urbano no se convierta en sinónimo de precariedad, desigualdad o de falta de derechos a la ciudad para amplios sectores de la población, sobre todo en condiciones de vulnerabilidad. Según el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2018) se proyecta que para el año 2050 el 68% de la población mundial vivirá en ciudades, mientras que en México, desde el año 2010 ya se rebasaba esa cifra mundial, contabilizando al 78% de su población viviendo en localidades urbanas, de acuerdo a los Censos de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010). En este sentido, para las metrópolis contiguas a la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), una de las más grandes del país, lo anterior tiene implicaciones importantes a considerar, hay estudios que han logrado identificar las fortalezas como debilidades que enfrenta el país, destacando sobre todo el modelo de crecimiento desordenado y descontrolado, así por ende se sugiere tomar medidas para reforzar la capacidad en la gestión del territorio.

Es así que, se ha discutido en muchos estudios sobre los modelos idóneos para encausar el ya complejo proceso de urbanización que enfrentan diversas ciudades de la región. Entre los temas que sobresalen se encuentra la gobernanza metropolitana, debido a que los problemas han rebasado ya límites político administrativos, para llegar a fenómenos de índole mega-metropolitano. No obstante, surgen ciertas interrogantes al tratar de sintetizar todo en un problema netamente demográfico, es decir ¿cuál es el principal patrón de ese característico crecimiento o expansión?, ¿cuáles son sus causas? ¿realmente, es el aumento de la población el que está asociado al aumento físico superficial y de demanda de viviendas y fraccionamientos habitacionales? Al respecto, de acuerdo al Reporte Nacional de Prosperidad Urbana en México (ONU HABITAT, 2019) basado en el Índice de Ciudades Prosperas (CPI) se ha mostrado que existe un comportamiento que sugiere un fenómeno no exclusivamente demográfico, debido a que tan solo “entre 1980 y 2017, la población urbana de México creció a una tasa promedio anual de 2.4%, mientras la superficie de sus ciudades lo hizo a un ritmo de 5.4% al año” (ONU-Habitat, 2019: 21) es decir, se tuvo un 3% más en el aumento en la ocupación del suelo que en el incremento poblacional, lo cual agregado al problema de la vivienda deshabitada, infiere un problema de distribución territorial de los asentamientos.

Por otro lado, además de los grandes retos en la administración del territorio (un tema por sobremanera pendiente) este crecimiento disperso, agudiza aún más los pendientes en temas de finanzas municipales y de capacidad institucional en municipios metropolitanos conurbados que inician sus propios procesos de urbanización.

Sin duda, se ha podido destacar que más que el crecimiento demográfico, que en efecto tiene sus propias

<sup>1</sup> José Iván Ramírez Avilés es Doctor en Urbanismo, Profesor Investigador en El Colegio del Estado de Hidalgo, México.

[jramirez@elcolegiodehidalgo.edu.mx](mailto:jramirez@elcolegiodehidalgo.edu.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> María Guadalupe Solís Murcia es Licenciada en Ciencias Políticas y Administración Pública, candidata a Maestra en Desarrollo Urbano Sustentable por el Colegio del Estado de Hidalgo, México. [mdus0918@elcolegiodehidalgo.edu.mx](mailto:mdus0918@elcolegiodehidalgo.edu.mx)

necesidades, consecuencias y potencialidades, es el crecimiento desordenado y su correspondiente expansión física periférica el que agudiza ya distintos problemas metropolitanos en términos de movilidad, la reducción en el uso de transporte masivo y aumento del transporte motorizado privado, la invasión de zonas verdes, con el desplazamiento de flora y fauna, así como la falta de capacidad institucional para llevar servicios públicos a asentamientos humanos dispersos y ubicados a grandes distancias, entre otra serie de problemáticas que hasta el momento parecen agudizarse más que reducirse.

Es en este sentido que toma relevancia el análisis sobre las “periferias urbanas” y los procesos que acontecen sobre todo en una Zona Metropolitana con incipiente expansión, objeto de este estudio, la cual posee distintas características y variantes territoriales, pero con un comportamiento común basado en la proliferación de un urbanismo informal que controla la ocupación del suelo.

En términos conceptuales en este documento se optó por retomar el concepto de periferia frente a otra serie de categorías urbanas que han surgido en los últimos años y que a grandes rasgos denotan la gran complejidad que rompe sobre todo con el binomio clásico que se tenía, tanto en los estudios cualitativos como cuantitativos, sobre el abordaje entre lo rural y lo urbano.

En ese sentido, en este trabajo se busca partir del análisis, no de la periferia como tal, sino de las “múltiples periferias” o “bordes urbanos” que acompañan los procesos sociales y que se pueden visibilizar más a pequeña escala territorial. Se parte de la periferia en el entendido no solo de su expansión, sino reconociendo toda su complejidad social, en el sentido que considera D. Hiernaux y A. Lindón (2004) sobre “espacios periféricos”.

La periferia en términos de D. Hiernaux y A. Lindón (2004) tienen un antecedente aún no revisado ni estudiado del todo, en los suburbios, el arrabal, a decir de los autores:

...las tres voces [periferia, arrabal y suburbio] han referido a la zona de expansión de la ciudad a expensas de tierras de vocación rural, aunque no exclusivamente, toda vez que en muchas ciudades latinoamericanas la expansión urbana se ha constituido por anexión al continuo urbano de antiguos poblados. No obstante, los rasgos más frecuentes han sido la juventud relativa de las construcciones y de las formas de ocupación del suelo, así como la discontinuidad de la ocupación del espacio (D. Hiernaux y A. Lindón, 2004: 104).

En este sentido, el concepto de periferia es aplicado sobre todo al contexto latinoamericano y de acuerdo a los autores es la síntesis del suburbio o del arrabal, y de la visión geométrica de una circunferencia de una ciudad, en la que se expresa el afuera del arrabal y la proximidad del suburbio.

En este caso, para el estudio del área urbana que concierne a esta investigación, representada en la Figura 1, en efecto se busca aproximarse a procesos urbanos periféricos, por medio de imágenes satelitales y datos estadísticos, así como con el uso de Sistemas de Información Geográfica, reconociendo que aún en cada espacio periférico quedarán ocultos otra infinidad de procesos, entendimientos y prácticas sociales vitales que dan vida también a esas distintas modalidades de espacios sociales y geográficos.

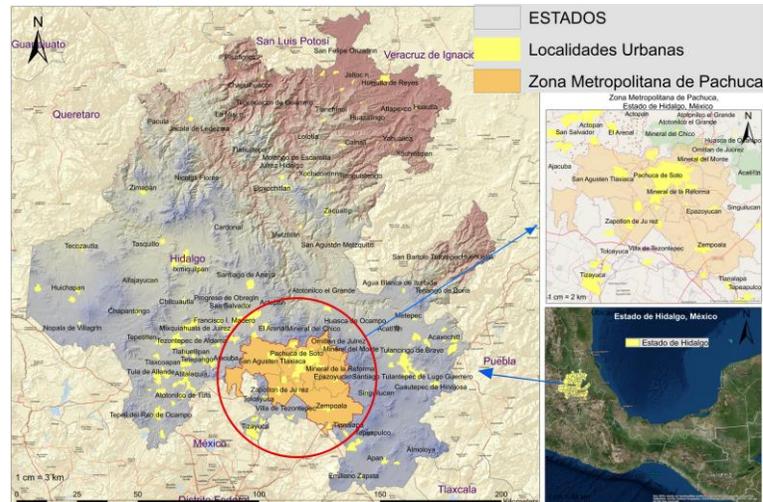


Figura 1. Zona Metropolitana de Pachuca.

### Descripción del Método

Partiendo de la delimitación espacial que se observa en la Figura 1, al hablar de la Zona Metropolitana de Pachuca, tiene ya implicaciones metodológicas que es necesario aclarar antes de proceder al análisis de las distintas configuraciones que acontecen en la expansión urbana periférica, en este caso se hace énfasis en dos municipios que han tenido un amplio crecimiento urbano: Pachuca y Mineral de la Reforma, con incidencia inmediata a las conurbaciones de los 5 municipios metropolitanos restantes, de acuerdo a la clasificación que realiza el Consejo Nacional de Población (CONAPO) para el año 2015. Uno de los principales limitantes metodológicos al realizar un estudio de la periferia, fue precisamente pasar por alto fenómenos que ocurren a nivel micro-social, así como a pequeña escala geográfica, para lo cual se requeriría de un estudio de tipo antropológico y de mayor amplitud temporal.

No obstante, en este trabajo se optó primero por realizar un análisis del crecimiento físico del área urbana de Pachuca y de Mineral de la Reforma, para lo cual no sólo se parte de fuentes de datos censales para observar la expansión aproximada por medio de las Áreas Geoestadísticas Básicas Urbanas (Ageb's) reportadas por el INEGI (2018), sino además mediante la consulta a los distintos ayuntamientos metropolitanos, se solicitó información sobre los fraccionamientos habitacionales autorizados o no reconocidos por las autoridades municipales. Con base en esta información, se procedió a comparar la información proporcionada, con imágenes satelitales que permitieron observar la expansión urbana del área de estudio. Es importante señalar, que para este trabajo se hizo énfasis a la periferia urbana de Mineral de la Reforma y la zona poniente de Pachuca, esta última parte de una conurbación con el municipio de San Agustín Tlaxiaca.

### Características generales de la zona de estudio

La Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP) está integrada por siete municipios, Epazoyucan, Mineral del Monte, Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Zapotlán de Juárez y Zempoala. Pachuca es una ciudad de servicios y con mayor presupuesto para la gestión a nivel Estatal, “ejemplifica el modo en que el crecimiento de un área urbana principal subordina territorios y aglomeraciones menores a su dinámica” (Vargas, 2011:135). Pachuca al ser un municipio central, desde la década de 1980 ha expandido su mancha urbana a Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca y Zempoala; además, ha influido fuertemente en la dinámica de Mineral del Chico, Zapotlán y Epazoyucan; las problemáticas que presentan son de áreas metropolitanas ya que desde el 2005 superan los 400 mil habitantes (cuadro 1).

Densidad de Población ZMP			
Período	2005	2010	2015
ZMP	365	428	470
Epazoyucan	83	98	103
Mineral del Monte	221	260	274
Pachuca de Soto	1680	1738	1800
Mineral de la Reforma	648	1118	1335
San Agustín Tlaxiaca	90	108	121
Zapotlán de Juárez	141	154	178
Zempoala	85	122	142

Cuadro 1. Elaboración propia con datos de INEGI (2005, 2010, 2015).

Es importante señalar además que, Mineral de la Reforma es el municipio que mayor tasa de crecimiento poblacional tuvo del año 2000 al 2010, con el 11.3% de tasa promedio anual, superior a la observada en otros municipios hidalguenses, incluyendo Pachuca e incluso la misma ZMP que presentó el 3.1%, se proyecta además que para 2030, el municipio tendrá 197,181 habitantes.

### Desarrollo y análisis

En el caso del municipio de Mineral de la Reforma, que es el segundo municipio con el mayor número de habitantes, desde el año 2000 se ha autorizado la construcción de 95 fraccionamientos (figura 2), de los cuales 16 de ellos el Municipio los reporta como irregulares y 79 están reportados como regulares.

En Mineral de la Reforma, es importante señalar, que de 2000 a 2019, de los fraccionamientos que se reconocieron que se encuentran autorizados o que llevan un proceso formal para licitación, se encuentran más de 80 fraccionamientos, de los cuales algunos rebasan las 10 hectáreas de superficie ocupada. Y 16 fraccionamientos se reconocieron como irregulares (figura 2), debido a que no contaban con los permisos municipales para su desarrollo o no se identificó su existencia, no obstante que en recorridos de campo se pudo percatar que la mayoría de estos asentamientos ya tenía un impacto importante, ya contaban con trazado de lotes, viviendas dispersas, algunos incluso se localizan sobre cerros y han invadido importante cantidad de superficie de flora y fauna.

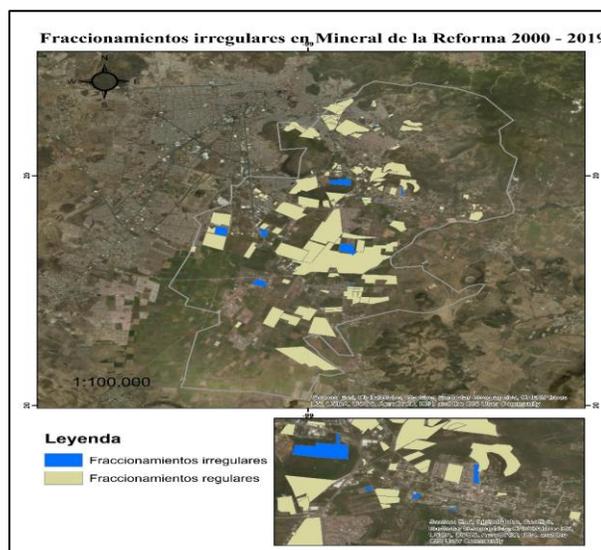


Figura 2. Distribución de fraccionamientos autorizados o reconocidos en contraste con fraccionamientos irregulares.  
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados en el Ayuntamiento de Mineral de la Reforma.

Por otra parte, el municipio de Zapotlán de Juárez, según información obtenida a través del Ayuntamiento, reportan 26 fraccionamientos, de los cuales sólo dos están como regulares; el primero, El Santuario y el segundo, Residencial Paseos de Acayuca. Los otros 24 fraccionamientos están reportados como irregulares. Si bien, la población aumentó desde el año 2000 hasta el año 2015, se corrobora el desarrollo prolifero de fraccionamientos, sobre todo al parecer para atender la demanda de población inmigrante que llega a residir a esos fraccionamientos, como se observa en algunos estudios para la ciudad de Pachuca (Granados, 2010; 98). Es decir, contrario a lo que se podría creer indica que, la mayoría de los migrantes ya sean intraestatales o nacionales de los años más recientes, se asientan en zonas de baja marginación, y muy pocos se instalan en los barrios marginales y asentamientos irregulares, el 64.5% de migrantes hacia Pachuca se asientan en zonas de baja y muy baja marginación.

Por otro lado, las condiciones de irregularidad de muchos asentamientos con estas características, muestra en primera estancia un reto importante en la planeación territorial estatal y municipal, en este caso para el Estado de Hidalgo, ya que se tiene cada vez más una inminente responsabilidad y urgencia en la administración del territorio, en el cual hasta el momento el urbanismo informal parece imponer las reglas del juego por medio de fraccionadores autorizados o no que se benefician con la plusvalía del suelo, con características de propiedad ejidal y agrícola.

Del lado poniente de la Zona Metropolitana de Pachuca, entre San Agustín Tlaxiaca y Pachuca, en plena área de conurbación intermunicipal, se localiza el polígono de Ciudad del Conocimiento y la Cultura (figura 3) un proyecto de gran magnitud e impacto regional no solo por su énfasis científico y tecnológico, y que busca ser un clúster educativo en conexión con la Ciudad de México, sino también se observan cambios territoriales que hasta el momento no parecen tener un monitoreo o control, sobre el tipo de suelo que se ocupa por fraccionamientos que no son reconocidos por el municipio, pero que con imágenes satelitales se pudo observar cómo también se está dando un fenómeno de propagación de lotificaciones, las cuales al igual que en el Municipio de Mineral de la Reforma pueden en algún momento dirigir la orientación de la distribución territorial, hacia superficies que pueden ser idóneas o no para el desarrollo urbano, pero sobre todo que atentan contra todo objetivo de desarrollo sustentable que se tenga en términos urbanos.



Figura 3. Ciudad del Conocimiento y la Cultura, periferia norponiente de la Zona Metropolitana de Pachuca.

Fuente: elaboración propia, con base en recorridos de campo e imágenes satelitales procesadas en ArcMap.

### Comentarios Finales

Finalmente es importante concluir que la expansión del mercado inmobiliario, así como la proliferación de asentamientos irregulares, continúan en aumento. Hasta el momento de la investigación los datos permiten hacer visible una problemática muy recurrente y reportada por organismos internacionales, la cual marca retos importantes para las administraciones públicas estatales y municipales: existe una falta de congruencia entre el incremento poblacional y el crecimiento in-sostenido de ocupación de superficie terrestre. En el caso de Mineral de la Reforma nos podemos percatar que el mayor incremento en superficie se registra del año 2010 al 2018, contrario al incremento poblacional de mayor magnitud solo del 2000 al 2010. Agregado, estos incrementos en la traza urbana también tienen que revisarse meticulosamente, debido a que muchos de los amezanamientos representados para 2010-2020, tanto

en el norponiente de la Ciudad de Pachuca como de Mineral de la Reforma, son parte de viviendas deshabitadas o de lotes fraccionados, con casas habitación dispersas, en ocasiones deshabitadas en proceso de construcción o en renta a población “flotante”. Por otra parte, en el caso de fraccionamientos consolidados se siguen privatizando y amurallando, se invaden áreas verdes de importancia ecosistémica de relevancia para la región.

### *Resumen de resultados*

En este trabajo se presenta una síntesis de los principales avances derivados de un proyecto de investigación más amplio que busca explorar los procesos urbanos metropolitanos a partir de lo que hemos denominado “periferias urbanas”, como esos múltiples espacios periféricos que expresan múltiples realidades políticas, sociales y culturales, pero que hasta el momento parecen coincidir en un fenómeno común en el que el mercado inmobiliario formal e informal domina las reglas del juego en la administración del territorio. Desde el aspecto metodológico se realizó un acercamiento a dos espacios que corresponden a la periferia urbana del municipio de Mineral de la Reforma y a un espacio periférico al norponiente de la Pachuca, en el que se localiza el polígono de Pachuca, Ciudad del Conocimiento y la Cultura, este último como escenario de una gran cantidad de asentamientos irregulares y de lotificaciones en forma de fraccionamientos, los cuales probablemente en un corto tiempo estén siendo habitados bajo condiciones de precariedad en el acceso a servicios urbanos e infraestructura e implicará en poco tiempo un enorme reto para las autoridades gubernamentales y sociedad civil en general.

En este sentido, además de las imágenes satelitales, la información se complementó con datos estadísticos de fuentes oficiales y de instancias de los 7 Ayuntamientos municipales. Al respecto, merece la pena mencionar que no todos los municipios cuentan con la misma equidad en equipo técnico y humano en temas territoriales y urbanos, destacando el municipio de Pachuca con el mayor número de avances, pero también con un mayor número de retos por ser el núcleo central de la aglomeración urbana de la Zona Metropolitana de Pachuca.

También destaca Mineral de la Reforma, no sólo por su crecimiento demográfico, sino sobre todo por ser un ejemplo de lo que se ha encontrado a nivel nacional en términos de que hasta el momento es el municipio que concentra el mayor número de superficie ocupada en comparación con sus tasas de crecimiento medias anuales. Lo que corrobora incluso datos presentados por ONU-Habitat, en términos un crecimiento desordenado, con una amplia proliferación de viviendas deshabitadas o abandonadas, donde paradójicamente sigue existiendo un continuo desarrollo de fraccionamientos.

### *Conclusiones*

Estos resultados muestran la necesidad de llevar a la práctica una mayor coordinación intermunicipal que rompa con colores partidistas, para solucionar problemas que ya rebasan los ámbitos municipales, tales como los problemas de transporte público entre municipios, el tratamiento de residuos sólidos, entre muchos otros. También se tiene que someter a reflexión el modelo de crecimiento actual que existe en la periferia urbana de la ZMP, ¿es necesaria? ¿se puede regular? ¿qué actores políticos y sociales están incidiendo en esta expansión?. Es indispensable que se revaloren por lo tanto los artículos de la Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo, ya que la ausencia de estos mecanismos de gestión recalca en el imaginario colectivo la creencia de la falta de planes de desarrollo urbano y territorial.

## **Referencias**

Granados J.A. Los nuevos residentes de Pachuca: análisis de la migración y características de los migrantes en la aglomeración urbana de Pachuca. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2010

Hiermaux, Daniel y Lindon, Alicia. La periferia: voz y sentido en los estudios urbanos. Papeles de población (online). 2004, vol. 10, n.42. consultada el 5 de octubre del 2020. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-74252004000400005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252004000400005&lng=es&nrm=iso). ISSN 2448-7147.

Onu-Habitat. Reporte Nacional de Prosperidad Urbana en México 2019 (online), disponible en: <https://onuhabitat.org.mx/reporte-nacional-de-prosperidad-urbana-en-mexico-2019>

SEDESOL, CONAPO E INEGI (2004, 2007, 2012, 2018). Delimitación de las zonas metropolitanas. México.

Vargas-González, Pablo. "La conflictividad en el proceso de metropolización de la ciudad de Pachuca. Revista Papeles de población (online), Vol. 17, n.68, 2011, consultada el 25 de septiembre del 2020. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-74252011000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252011000200006&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2448-7147.

# Del discurso a los indicadores: tarea pendiente en el abordaje y seguimiento local de la Agenda 2030

Dr. en Urb. José Iván Ramírez Avilés<sup>1</sup>, Lic. Joshua Luar Pimentel Olvera<sup>2</sup>

**Resumen---** El presente artículo tiene como objetivo describir la aplicación de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) en el estado de Hidalgo y su transversalización en indicadores de seguimiento. Para lograr lo anterior, se revisan los antecedentes de dichos objetivos, así como las diferentes circunstancias que se han experimentado con su aplicación en el territorio señalado, se reflexiona sobre la importancia de dar prioridad a la estructuración de indicadores, sin los cuales es difícil poder dar seguimiento al impacto y avances reales en el cumplimiento de la Agenda 2030.

**Palabras clave---** ODS, Implementación, desarrollo, Hidalgo

## Introducción

A lo largo de la historia moderna, el desarrollo siempre ha sido un tema de amplio debate. Desde la necesidad de mejorar las condiciones de vida, crear fuentes de riqueza responsables, disminuir la desigualdad de una manera certera, hasta los diferentes métodos para medir el desarrollo, han sido algunos de los temas que han entrado a discusión en las últimas décadas. Como una estrategia para poder encauzar los diferentes esfuerzos en materia de desarrollo se han creado mecanismos que ayudan a orientar y medir los avances en cuestiones de desarrollo. Algunos de estos sistemas son los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS).

El documento se divide en cuatro partes, en primer lugar se explican los antecedentes de los ODS y la agenda 2030, posteriormente se esboza la trayectoria que han seguido los ODS en el estado de Hidalgo, en tercer lugar, se describen los principales desafíos y resultados que se han encontrado durante la implementación de los Objetivo, por último pero no menos importante, se realizan recomendaciones y se detallan los hallazgos sobre áreas factibles de mejora en cuanto a la puesta en práctica de los ODS.

## Antecedentes generales

El tema que más relevancia tiene en este texto son los ODS. El primer antecedente de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se remonta a la cumbre del milenio. En ella diversos países (189 en total), entre los que estaba México, lograron un acuerdo para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de miles de millones de personas, de esto surgieron los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Para lograrlo, fue necesario impulsar ocho objetivos con el fin de mejores aspectos como:

1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre, 2. Lograr la enseñanza primaria universal, 3. Lograr la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer, 4. Reducir la mortalidad infantil, 5. Mejorar la salud materna, 6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades, 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, 8. Fomentar una asociación global para el desarrollo. Además, contaba con 21 metas y para el año 2008, hasta 48 indicadores cuantitativos.

“Los ODM eran objetivos medibles acordados universalmente para hacer frente a la pobreza extrema y el hambre, prevenir las enfermedades mortales y ampliar la enseñanza primaria a todos los niños, entre otras prioridades del desarrollo.” (PNUD, 2019).

Además de lo descrito anteriormente, los Objetivos del Desarrollo Sostenible tienen bases que se pueden identificar en: los principales tratados del derecho internacional de derechos humanos, la Carta de las Naciones Unidas

<sup>1</sup> El Dr. en Urb. José Iván Ramírez Avilés es profesor investigador en el Colegio del Estado de Hidalgo, México (**autor correspondiente**) [jramirez@elcolegiodehidalgo.edu.mx](mailto:jramirez@elcolegiodehidalgo.edu.mx)

<sup>2</sup> Joshua Luar Pimentel Olvera es licenciado en Ciencias Políticas y administración pública, estudiante de posgrado [joshipimentel@gmail.com](mailto:joshipimentel@gmail.com)

y las más importantes resoluciones y cumbres donde la ONU han considerado al desarrollo humano sostenible como una visión prioritaria para todos los países del mundo.

A diferencia de las concepciones anteriores sobre desarrollo, ahora se prioriza un modelo de *desarrollo sustentable* que no busca el mejoramiento económico únicamente, sino que se compone de elementos de la dimensión económica, social, ambiental y de más recientemente, la gobernanza.

“Los (ODS) posteriormente, se gestaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012. El propósito era crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta nuestro mundo.” (PNUD, 2019)

Todo el proceso que se llevó a cabo para la finalización del acuerdo que presentó a los ODS fue así:

- 2012: Conferencia de la ONU: Río+20.
- 2015: Agenda de acción de Addis Abeba.
- 2015: Aprobación final de la Agenda 2030.

Como resultado de una negociación entre los países y la participación de las organizaciones de la sociedad civil, en 2015, los ODM pasaron a ser ampliados y mejorados. Lo anterior se reflejó en el documento titulado *Transformando nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*.

Ahora los ODS sustituyen a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), con los que se emprendió en 2000 una iniciativa mundial para atender principalmente la pobreza. En esta ocasión 193 países firmaron el compromiso incluido el nuestro. Son un total de 17 objetivos y 169 metas:

Los objetivos son: el fin de la pobreza en todas sus formas, hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, industria, innovación e infraestructura, reducción de desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsable, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres; paz, justicia e instituciones sólidas y alianzas.

Existe una serie de pasos que pueden favorecer una aplicación de la agenda 2030 más sencilla y práctica. El primero es una sensibilización tanto del sector público como del privado y las organizaciones sin fines de lucro. El segundo es una delimitación adecuada de temas prioritarios por atender enfocado a la población vulnerable. El tercer paso es una delimitación de las metas de los ODS para su aplicación localmente, es decir, profundizar en aquellos que la región presente muchas carencias. El cuarto paso es alinear los ODS a instrumentos de planeación y normativos, con esto se refiere a que se vinculen las metas con instrumentos como programas presupuestarios o agencias de desarrollo. Por último, debe existir un monitoreo y seguimiento mediante una matriz de indicadores enfatizando a la población vulnerable.

### **Antecedentes estatales de Hidalgo**

Tal y como ocurrió para la república mexicana al firmar el acuerdo de la cumbre del milenio en el año 2000, en el Estado de Hidalgo, se subscribieron los objetivos del milenio al plan de trabajo de gobierno, esto fue el primer antecedente de los ODS localmente. Pese a que del año en que se firmó el acuerdo hasta la actualidad, han pasado 4 sexenios, no fue hasta la administración de Francisco Olvera Ruíz, que los ODM se alinearon con su plan de Desarrollo 2011-2016 y en la práctica también se empezaron a trabajar de forma coordinada entre la ONU y el gobierno del Estado.

Situación para la cual se tiene como antecedente, la instalación de una oficina de la ONU en 2012 en palacio de gobierno para evaluar el desempeño del gobierno en el cumplimiento de los objetivos del milenio. Ese mismo año se firmó el documento con la ONU titulado *Convenio de cooperación en materia de Desarrollo Humano y Objetivos de Desarrollo del Milenio entre el Gobierno del Estado de Hidalgo de los Estados Unidos Mexicanos y el Sistema de las Naciones Unidas en México* que funcionaba como un apoyo para el cumplimiento de los Objetivos del Milenio.

Pero el momento en el que más se ha impulsado el seguimiento y aplicación de los ODS, es en la presente administración de Omar Fayad (2016- 2022). Para poner en contexto, para el año 2017, Hidalgo constituyó un Consejo Estatal para el cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El presente gobierno estatal, alineó el Plan Estatal de Desarrollo con la Agenda 2030. “El cual basó en cinco ejes rectores, los cuales están alineados con los 17 ODS de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), también llamada Agenda 2030” (Naranjo, 2017). Otro aporte relevante ocurrió en el 2018, donde a partir de la creación de bases jurídicas, se dio paso para la instauración de los Órganos de Seguimiento e Instrumentación (OSI).

Es posible constatar, en documentos de secretarías tales como la de Finanzas Públicas y en el paquete hacendario 2018, la alineación que existe entre las distintas líneas de acción elaboradas por el gobierno de Omar Fayad con los objetivos y metas que define cada ODS.

Actualmente, los avances en cuanto al cumplimiento y aplicación de la agenda 2030 se llevan a cabo mediante la Secretaría de Planeación y Prospectiva estatal a cargo de Lamán Carranza Ramírez, que goza de alineación con los ODS nacionales desde el 2017, situación que se alcanzó mediante la instauración de un Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, colocando a Hidalgo a la vanguardia en ese tema (Naranjo, 2017) y además fortaleciendo la vinculación estado-república-ONU.

También se puede constatar a partir de lo comentado por el secretario Lamán Carranza “que la entidad tiene un *avance* en el tema de objetivos e indicadores, para lo cual desarrollaron 94 mesas de trabajo para la construcción y alineación de indicadores tácticos con estratégicos. Hasta la fecha suman 219 tácticos” (Naranjo, 2017).

En cuanto a la alineación entre los programas presupuestales (Pp) del estado con las metas de los ODS, se puede observar que la relación que existe entre metas ODS por programa presupuestal tiende a priorizarse en los ODS 4, 5, 6, 8, 11 y 13, es decir, rebasan el 50% de relación con metas respecto a la cantidad que tiene originalmente cada

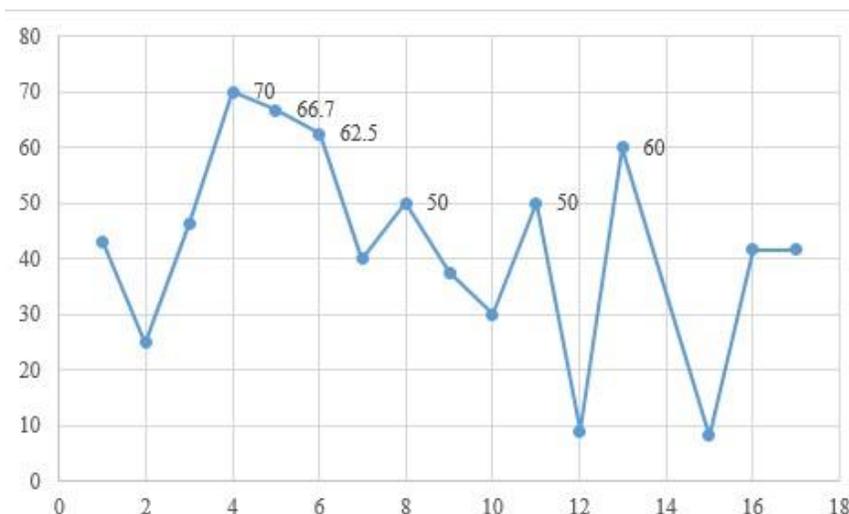


Figura 1. Porcentaje de alineación de los Pp con cada ODS

Pese a los avances en cuestión técnica y de dotación de capacidades a las autoridades encargadas de la implementación de la agenda a nivel local, el panorama del estado aún podría mejorarse. Actualmente el nivel de cumplimiento de indicadores de los ODS es de 22 de 45. Pero hay 9 que no cumplen, el resto presenta resultados regulares. Por ejemplo, el cumplimiento de ODS como el 2. hambre cero y 1. fin de la pobreza se encuentran por debajo de la media nacional. Lo mismo ocurre para el objetivo 9. Industria, innovación e infraestructura.

Si se desglosa a mayor profundidad encontramos que para el ODS 3 Salud y bienestar, un indicador, el: 3.7.2.b Tasa de fecundidad de las adolescentes de 15 a 19 años por cada 1,000 en el mismo grupo de edad y cuatro de cinco indicadores del ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico, que son: 8.5.5 Relación entre ocupación y población en edad de trabajar, 8.5.6 Proporción de trabajadores por cuenta propia y los no remunerados, 8.5.7 Proporción de mujeres en el total de asalariados en el sector no agropecuario, 8.7.1 Proporción de la población de 5 a 17 años que realiza una ocupación infantil no permitida, desglosada por sexo y edad, 8. Trabajo decente y crecimiento económico; se encuentran debajo del cumplimiento promedio nacional.

Con respecto a la incorporación de las metas ODS en la agenda estatal, el siguiente gráfico muestra que hay algunas que, aunque son prioritarias para el estado de Hidalgo, no pudieron incorporarse por no tener reporte a nivel de la plataforma Sistema de Información de los ODS en México (color gris). Además, existen metas que no aplicaban a nivel estatal (color amarillo) por tener medios de cumplimiento que sólo pueden realizarse nacional o internacionalmente. En color naranja se marca la cantidad de metas que son prioritarias para el estado y que tienen mayor reporte en cuestión de indicadores.

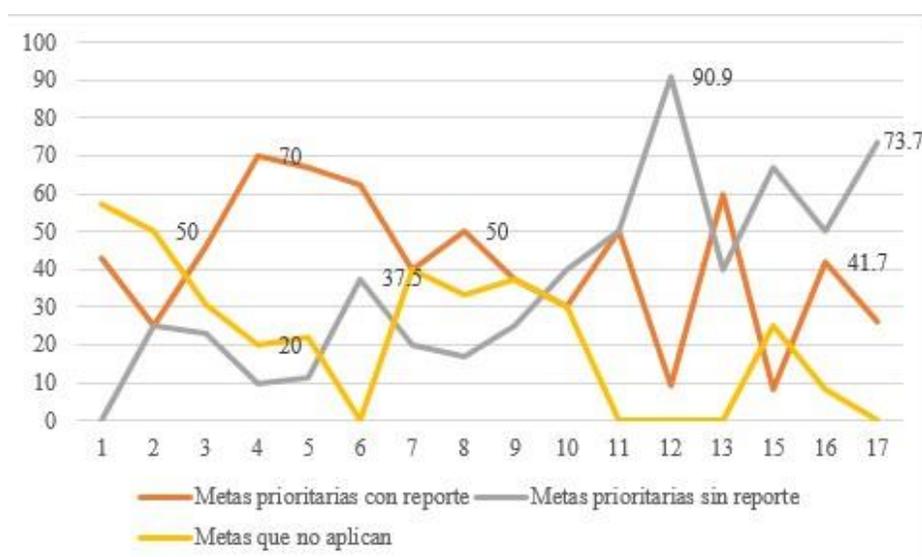


Figura 2. Cantidad y calidad de metas incorporadas por ODS

Otro problema que se ha detectado es que la priorización presupuestal para el año 2019 no está orientada principalmente a los temas con urgencia de desarrollo, por ejemplo para el estado de Hidalgo se puede observar que gran parte del presupuesto se dirigió a las áreas de educación y seguridad, y en menor porcentaje a Salud, los cuales en total representan el 82%, frente a otros ODS que tuvieron el restante de presupuesto asignado, lo anterior ocurre también en la asignación de presupuesto por metas ODS. Lo anterior se puede ilustrar de la siguiente forma

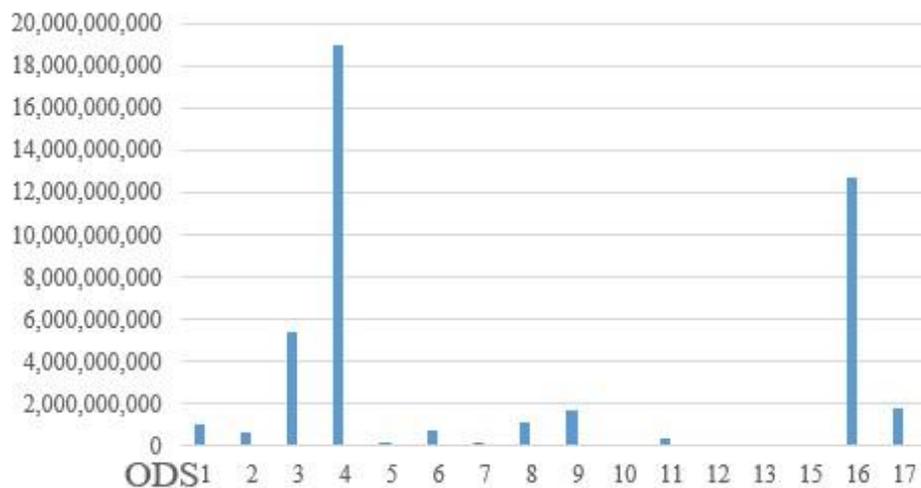


Figura 3. Presupuesto estatal asignado por ODS

### Conclusiones

Los cambios que se han incorporado a las diversas agendas de organizaciones internacionales y civiles, gobiernos y sus agencias, han sido un avance para el mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes de todas las regiones. Las diferentes concepciones de lo que significa el desarrollo y lo necesario para lograrlo, han dado pauta a unos acercamientos más responsables y democráticos; la sustentabilidad y una visión de género, vuelven a los trabajos en pro del desarrollo más cercanos a la población.

Aún existen muchas modificaciones y mejoras tanto a la agenda como a la implementación de los ODS. El mundo hoy en día enfrenta diversos desafíos, pero también ha obtenido muchos logros; muchas personas han escapado de la pobreza y miles más han mejorado su acceso a servicios de salud, de educación y de empleo de una mayor calidad. En el estado de Hidalgo, existe una enorme ventana de oportunidad. En este momento las capacidades que se han enfocado en aspectos de desarrollo son varios y también existen recursos económicos y humanos, además de que hay un avance en los logros de cada ODS, por lo que se puede dar un enorme cambio benéfico para todos los habitantes de la entidad.

Aún quedan tareas pendientes como priorizar los indicadores orientados a la población que se encuentra más vulnerable. Se debe lograr una delimitación más clara con el fin de dotar de capacidades específicas a las instancias encargadas de cada objetivo. Uno de los mayores retos después de la puesta en marcha de la Agenda 2030, es su implementación local, lo cual involucra la responsabilidad de una gran cantidad de actores públicos y privados, otro reto es lograr un cruce de prioridades globales, regionales y locales se encuentra el mayor reto para el cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ods), en sus respectivas metas e indicadores.

Además de la incorporación de los contenidos de la agenda 2030 en la agenda local, se necesita de forma urgente tomar conciencia de la importancia de los actores locales como parte del engranaje en el proceso de cumplimiento de cada uno de los ODS, sin lo cual es difícil lograr acciones que impacten realmente.

Por último, en cada plan de desarrollo del estado se deben evaluar las transversalización con otros instrumentos tanto mexicanos como internacionales, así como también, se deben ampliar la calidad y cantidad de información pública disponible referente a la aplicación de los ODS, a continuación, se describen algunas recomendaciones para la mejora de los resultados para el tema aquí tratado:

### Recomendaciones

1. Se recomienda para cada programa sectorial, precisar el perfil de los grupos vulnerables según el tema que corresponda y, por lo tanto, enfocarlo a la Agenda 2030.

2. Los programas presupuestales, en términos de los ODS y sus metas, deben establecer su universo vulnerable con la base de cálculo de sus indicadores orientados a la Agenda 2030 o en el marco del Consenso de Montevideo.
3. Utilizar el indicador establecido por la ONU con el propósito de evaluar avances respecto a las metas que se han aplicado, lo que se debe llevar a cabo tanto en los ODS de manera general, así como para los grupos vulnerables de la región.
4. Solucionar el problema existente de los reportes estatales de avances ODS, debido a que existe vinculación en las metas y estrategias, pero difieren en cuanto a las bases de cálculo, así como mejorar los indicadores con problemas de información para su medición.

### Referencias

Neria G. (2012), Abre en Hidalgo oficina de la ONU para alcanzar objetivos del milenio. Recuperado de: <https://www.elindependientedehidalgo.com.mx/hemeroteca/2012/11/65678>

Naranjo L. (2017), Presenta Hidalgo avance en cumplimiento de ODS. Recuperado de: <https://www.elindependientedehidalgo.com.mx/presenta-hidalgo-avance-en-cumplimiento-ods/>

ONU, Objetivos de Desarrollo del Milenio. Recuperado de: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-de-desarrollo-del-milenio/>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2017), *El Estado de Hidalgo se compromete con la Agenda 2030 y los ODS*. Recuperado de: <http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/presscenter/articles/2017/07/11/m-xico-se-compromete-con-la-agenda-2030-y-los-ods.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2019), *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html>

Secretaría de finanzas Públicas (2018). *Paquete hacendario 2018*. Recuperado de: [http://sfinanzas.hidalgo.gob.mx/descargables/2018/Catalogo%2008%20%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20\(ODS\).pdf](http://sfinanzas.hidalgo.gob.mx/descargables/2018/Catalogo%2008%20%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20(ODS).pdf)

# INFLUENCIA DE LAS REDES SOCIALES EN EL EJERCICIO DEL DERECHO AL VOTO EN JOVENES UNIVERSITARIOS EN EL DISTRITO ELECTORAL 18 DEL ESTADO DE JALISCO

Dra. Araceli Ramírez Meda<sup>1</sup>, M.C. Angélica Leonor Sandoval Gómez<sup>2</sup>,  
Dra. Gracia Patricia Michel Vázquez<sup>3</sup> y Dr. César Amador Díaz Pelayo<sup>4</sup>

**Resumen—** En el presente trabajo se exponen los resultados de una investigación cuantitativa, cuya población objeto de estudio, fueron los jóvenes universitarios que residen en el distrito electoral dieciocho del estado de Jalisco. Se pretende mostrar la interpretación de los productos derivados del trabajo de campo y de la compilación teórico-documental de nuestro tema de estudio. Con el objetivo de conocer si el uso del internet y redes sociales influyen en los jóvenes universitarios en el momento de ejercer su derecho al voto, el cual tiene un gran impacto en las decisiones políticas del país.

**Palabras clave—** jóvenes universitarios, democracia, voto, redes sociales.

## Introducción

Los ciudadanos participan en distintos asuntos políticos de un país, involucrándose directamente en la toma de decisiones en un gobierno democrático. Como medio de participación política en México, contamos con el ejercicio al voto, mediante el cual el ciudadano manifiesta su voluntad para elegir a sus gobernantes y representantes políticos.

La participación en el ejercicio del derecho al voto varía por distintos motivos, la ideología de partidos, nivel económico y educativo, género, hábitos culturales o sociales, hoy en día el uso de diversas tecnologías de la información, el dominio de las competencias digitales que tienen las nuevas generaciones específicamente el uso del internet y las redes sociales forman parte importante en la toma de decisiones políticas de los ciudadanos, principalmente de los jóvenes.

En la presente investigación, se analiza si el uso de diversos medios de comunicación tales como las redes sociales influyen en los jóvenes universitarios del Distrito Electoral 18 del Estado de Jalisco en el ejercicio del derecho al voto.

## Descripción del Método

El método utilizado en la presente investigación es el cuantitativo, “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández, R., 2016).

La aplicación de encuestas fue dirigida a 300 jóvenes entre los 18 y 25 años de edad, que realizan estudios de pregrado, en alguno de los centros de educación superior del Distrito Electoral 18 del Estado de Jalisco. La información recabada se ordenó y cuantificó, con el objetivo de comprobar los cuestionamientos planteados en la investigación.

<sup>1</sup> Dra. Araceli Ramírez Meda es Profesora investigadora del Departamento de Estudios Jurídicos, del Centro Universitario de la Costa Sur, de la Universidad de Guadalajara, México; [aramirez@cucsur.udg.mx](mailto:aramirez@cucsur.udg.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> La M.C. Angélica Leonor Sandoval Gómez, es Profesora del Departamento de Contaduría del Centro Universitario de la Costa Sur en la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México; [angelica.sandoval@cucsur.udg.mx](mailto:angelica.sandoval@cucsur.udg.mx)

<sup>3</sup> La Dra. Gracia Patricia Michel Vázquez es Profesora investigadora del Departamento de Contaduría del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México; [graciapa@cucsur.udg.mx](mailto:graciapa@cucsur.udg.mx)

<sup>4</sup> El Dr. César Amador Díaz Pelayo es Profesor investigador del Departamento de Ciencias de la Administración del Centro Universitario de la Costa Sur la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México; [cesaram@cucsur.udg.mx](mailto:cesaram@cucsur.udg.mx)

## Antecedentes de Investigación del tema

La conducta electoral es de las distintas formas de Participación Política la que más investigación ha recabado (Seoane, 1988), ello en razón del interés que representa para la mayoría de los actores políticos el orientar la conducta de los ciudadanos hacia beneficios partidistas o personales.

Estudios relativos al ejercicio del derecho al voto en jóvenes universitarios, los encontramos en Valencia, A., 2010, en una investigación realizada a estudiantes universitarios de Medellín, Colombia, que llevó por título: Abstencionismo: ¿por qué no votan los jóvenes universitarios?, dentro de la cual el autor logra concluir que “la educación universitaria puede ser un factor que lleva a incrementar el conocimiento político dadas las actitudes diferenciales que poseen los jóvenes universitarios en cuanto a percepciones, actitudes y comportamientos frente a la política”, además que hace una importante referencia, al mencionar que “los jóvenes universitarios aceptan la influencia de algunos medios de comunicación en el reconocimiento de las campañas electorales, pero al momento de tomar la decisión de votar le han restado credibilidad a los canales tradicionales, buscando nuevos medios para formar su opinión”.

Otro importante trabajo respecto al tema es el desarrollado por Grossi, F., 2000, que llevó por nombre: Conducta de voto en los jóvenes, el cual consiste en un estudio realizado a estudiantes de entre 18 y 29 años, de la Universidad Autónoma del Principado de Asturias (España), así como jóvenes de la misma edad que no se encontraban estudiando; por lo que después de hacer un análisis exhaustivo del tema, llegó a la premisa de que “son los sujetos más jóvenes los que se muestran menos proclives a participar del proceso electoral con su voto”.

En el mismo sentido, se encontró que Hernández J., (2016), elaboró un artículo bajo la denominación Reconociendo la participación ciudadana, Jóvenes universitarios de Puebla en pro del derecho ciudadano, que no es otra cosa más que un estudio utilizando como muestra a estudiantes de la universidad de esa entidad, por medio de la cual la autora, concluye que “la participación de los jóvenes universitarios los empoderan, pero también se hacen visibles ante diversos sectores como el gubernamental, el empresarial, el académico y el social; este reconocimiento y visibilidad del cual ahora son objeto, les genera la mención (honorífica) institucional de ciudadanos por los ejercicios efectuados en el que desarrollan y ejecutan los lineamientos más allá de la adquisición de derechos y obligaciones sino de ser partícipes en diferentes esferas públicas, como de redes de apoyo y asesorías en diversos niveles gubernamentales y sociales, los jóvenes universitarios paulatinamente se adjudican la categoría de ciudadanos para poder ir más allá de sus derechos y que a su vez dejen de verlos como sujetos incompletos”.

En México existen diversas formas de comunicación, las tradicionales (televisión, radio) y a través de internet, las redes sociales, dotando una interacción social sin precedente en el mundo juvenil y particularmente el universitario. Como se comentó en párrafos anteriores, en el año 2012, momento de campañas electorales en dicho año, el movimiento #Yo Soy 132 cobró importancia principalmente por dos razones: la rapidez con que logró posicionarse en el contexto político debido a su impacto en las redes sociales, y la solución, en tan solo 40 días, de cuatro de sus demandas más importantes, fue un hecho sin precedentes en la historia de los movimientos estudiantiles en México.

Por lo que fenómenos como el uso de internet y redes sociales nos parecen tan naturales como la cotidianidad de la vida, pero tiene antecedentes importantes: De acuerdo a Trigo (2004) Leonard Kleinrock diseñó la tecnología que permitió el posterior desarrollo de internet en 1961; asimismo, la primera interacción virtual que sucedió en el año 1971, cuando Ray Tomlinson logró enviar el primer correo electrónico mediante sistemas informáticos militares arcaicos, pero con tecnología habitualmente avanzada, que fueron precursores de lo que hoy llamamos “email” o “correo electrónico”. Según Caldevilla (2010) el nacimiento de las redes sociales que se utilizan hoy en día comenzó en el año 2003 con: Myspace, Facebook en y Twitter en 2006.

El desarrollo de nuestra investigación no es un tema aislado, sino que es una preocupación generalizada en las diferentes naciones, por lo que las universidades y la comunidad científica se han dado a la tarea de tratar de explicar cuáles son las causas y/o factores que influyen en el joven universitario para ejercitar su derecho al voto.

## Comentarios Finales

### *Resumen de resultados*

En este apartado, se muestran tendencias de respuestas obtenidas por los jóvenes entrevistados; se representa a través de cuadros y gráficas, considerando los objetivos de esta investigación.

Los jóvenes entrevistados indicaron en su 49% las redes sociales como principal medio de comunicación por el que se conoce a los candidatos y se enteran de sus propuestas, seguido de la televisión con el 34%, las páginas web y blogs el 10% y otro 4%, tal como se muestra en el cuadro siguiente:

Medio de Comunicación	Número	Porcentaje
Televisión	103	34%
Radio	10	3%
Páginas web y blogs	30	10%
<b>Redes sociales</b>	<b>146</b>	<b>49%</b>
Otros	11	4%
Total	300	100.00%

Cuadro 1 Medio de comunicación utilizado. (Elaboración propia)



Gráfico 1 Información en redes sociales. (Elaboración propia)

El gráfico anterior, contiene la representación de la respuesta de los entrevistados, el 41% contestó que se encuentra algo de acuerdo, el 17% indeciso, el 16% desacuerdo, el 15% algo de acuerdo y el 11% totalmente desacuerdo. En su mayoría consideran la utilidad de utilizar las redes sociales para conocer a los candidatos y sus propuestas.

En el cuestionamiento respecto a la influencia de las redes sociales en la decisión de votar o abstenerse de hacerlo, los estudiantes contestaron en un 29% desacuerdo, seguido del 27% algo de acuerdo, 22% indeciso, 19% algo en desacuerdo y 3% totalmente de acuerdo, tal como se muestra en el gráfico siguiente.



Gráfico 2 Influencia de las redes sociales. (Elaboración propia)

En relación al tema de formas de participación y democracia dentro de las redes sociales, a los entrevistados les fueron realizados dos cuestionamientos, tal como se muestra:



Gráfico 3 Formas de participación política (Elaboración propia)

El 29% contestó algo de acuerdo, 26% indeciso, 17% desacuerdo, 15% totalmente de acuerdo y 13% algo en desacuerdo, quedando de manifiesto en su mayoría que se encuentran algo de acuerdo, esto se da porque la mayor parte del tiempo los jóvenes se encuentran inmersos en las redes sociales. El apoyo y difusión a través de las redes sociales de las candidaturas independientes son claro ejemplo de una forma de participación política.

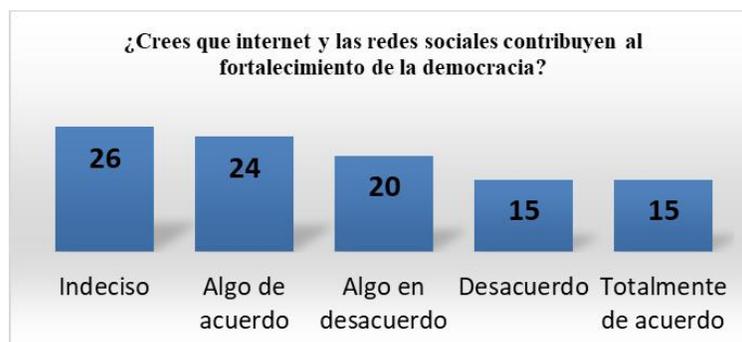


Gráfico 4 Fortalecimiento de la democracia (Elaboración propia)

El 26% indeciso, el 24% algo de acuerdo, 20% algo desacuerdo, 15% desacuerdo y 15% totalmente de acuerdo. Contribuye al fortalecimiento de la democracia por el aumento en el uso de dichos medios informativos.

### Conclusiones

Las diferentes redes sociales y su acceso a ellas, han facilitado a los jóvenes universitarios el conocimiento de temas políticos, sin embargo el excesivo uso de las mismas puede ser un riesgo, esto, por la información falsa que se maneja en estos medios de comunicación.

De acuerdo a los resultados, presentados, el uso de las redes sociales no es una influencia determinante en la toma de decisiones de los jóvenes universitarios del Distrito 18 del estado de Jalisco, pero sí coinciden en que es una forma de participación política.

La mayoría de los entrevistados indicaron que la información que brindan las redes sociales es útil, en virtud de que permite conocer a los candidatos y sus propuestas; se tienen antecedentes de que quienes han utilizado estos medios de comunicación en sus campañas políticas de manera importante han sido independientes, principalmente por los escasos recursos económicos que reciben para sus campañas, logrando la atención de los jóvenes en este tema.

Es de suma importancia que los jóvenes universitarios conozcan de los temas políticos por distintos medios y comparen para que se fortalezcan sus criterios, antes de tomar una decisión que puede cambiar el rumbo de un país.

## Referencias

- Caldevilla, D (2010). *Las Redes Sociales. Tipología, uso y consumo de las redes*, recuperado el 06 de octubre 2019 de: <http://revistas.ucm.es/index.php/DCIN/article/view/dcin1010110045a>
- Franco, J. (2016), *El Derecho Humano al voto*, México, Comisión Nacional de los Derechos Humanos.
- Grossi, F., Herrero, F., Rodríguez, F., Fernández, J., (2000). *Conducta de voto en los jóvenes*. Revista Psicothema 2000, vol. 12, número 2, p.p. 255-259, Oviedo, España, recuperado el 18 de febrero 2019 de: <http://www.psicothema.com/tabla.asp?Make=2000&Team=1002>
- Hernández, J., (2016). *Reconociendo la participación ciudadana: Jóvenes universitarios de Puebla en pro del derecho ciudadano*. Recuperado el 17 de febrero del 2019 de: [http://clepso.flacso.edu.mx/sites/default/files/memorias\\_2016/eje\\_10/10.12\\_participacion\\_ciudadana\\_jovenes\\_universitarios\\_puebla.pdf](http://clepso.flacso.edu.mx/sites/default/files/memorias_2016/eje_10/10.12_participacion_ciudadana_jovenes_universitarios_puebla.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., (2016). *Metodología de la Investigación*, McGRAW-HILL /INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., Sexta Edición, México.
- Instituto Nacional Electoral (2018). *Elecciones Federales 2018 Programa de Resultados Electorales Preliminares*, recuperado el 20 de octubre 2019, de: <https://prep2018.ine.mx/#/presidencia/nacional/1/1/1/1>
- Instituto Nacional Electoral/Dirección Ejecutiva de Capacitación Electoral y Educación Cívica, (2013). Estudio Censal de la Participación Ciudadana en las Elecciones Federales de 2012, recuperado el 22 de enero de 2020 de: [https://portalanterior.ine.mx/docs/IFE-v2/DECEYEC/DECEYEC-EstudiosInvestigaciones/InvestigacionIFE/Estudio\\_Censal\\_Participacion\\_Ciudadana\\_2012.pdf](https://portalanterior.ine.mx/docs/IFE-v2/DECEYEC/DECEYEC-EstudiosInvestigaciones/InvestigacionIFE/Estudio_Censal_Participacion_Ciudadana_2012.pdf)
- Meixueiro, G., Moreno, A., (2014). *El comportamiento electoral mexicano en las elecciones de 2012*, Cámara de Diputados, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, México, D.F.
- Morales, F. (2014). *El movimiento estudiantil #yo soy 132*. (Tesis de Maestría) Universidad Iberoamericana, México D.F.
- Padilla M. (2012). *Ciudadanía política en la red. Análisis de las prácticas políticas entre jóvenes universitarios*. Universidad Autónoma de Aguascalientes, recuperado el 10 de enero de 2020 de: <http://www.redalyc.org/pdf/346/34615397005.pdf>
- Ramírez, G., (2005). *Actitudes y formas de participación política en un grupo de jóvenes universitarios en Bogotá D.C.*, Revista TEMAS, Bogotá, Colombia, recuperado el 17 de febrero del 2019: <http://dx.doi.org/10.15332/rt.v0i2.756>
- Seoane, J., Rodríguez, A., (1988), *Psicología Política, Madrid, Pirámide*, recuperado el 19 de febrero 2019, de: <https://www.uv.es/seoane/publicaciones/Psicologia%20Politica.pdf>
- Trigo, V.(2004). *Historia y evolución del internet*, recuperado el día 05 de noviembre de 2019 en: [https://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion\\_e\\_informacion/033021.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/033021.pdf)
- Valencia, A., Valencia A., Peláez E., Rúa C., Awad G. (2010). *Abstencionismo: ¿por qué no votan los jóvenes universitarios?*, Revista Virtual Universidad Católica del Norte, Fundación Universitaria Católica del Norte, Medellín, Colombia, recuperado el 17 de febrero 2019, de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19421458701>

## Notas Biográficas

La **Dra. Araceli Ramírez Meda** es Abogada y Maestra en Derecho por la Universidad de Guadalajara, su Doctorado lo realizó en Ciencias del Desarrollo Humano en la Universidad del Valle de Atemajac; actualmente profesora investigadora adscrita al Departamento de Estudios Jurídicos del Centro Universitario de la Costa Sur, de la Universidad de Guadalajara; miembro del Cuerpo Académico Estudios Regionales en empresa género y educación. Su principal línea de investigación: estudios de género.

La **Mtra. Angélica Leonor Sandoval Gómez** es Abogada por la Universidad de Guadalajara, Maestra en Ciencias Jurídicas por la Universidad para la Cooperación Internacional México, actualmente profesora adscrita al Departamento de Contaduría del Centro Universitario de la Costa Sur, de la Universidad de Guadalajara; sus principales líneas de investigación: estudios regionales de género y derechos humanos.

La **Dra. Patricia Michel Vázquez** es Licenciada en Contaduría, realizó un posgrado en impuestos por la Universidad de Guadalajara y Doctorado en Economía de la Empresa en la Universidad de Sevilla, actualmente es profesora investigadora adscrita al Departamento de Contaduría del Centro Universitario de la Costa Sur, de la Universidad de Guadalajara; miembro del Cuerpo Académico Estudios Regionales en empresa género y educación. Su línea de investigación: formación profesional y estudios de género.

El **Dr. César Amador Díaz Pelayo** es Licenciado en Administración de Empresas, realizó un posgrado en administración por la Universidad de Guadalajara y cuenta con un Doctorado en Dirección y Mercadotecnia por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, actualmente es profesor investigador adscrito al Departamento de Ciencias de la Administración del Centro Universitario de la Costa Sur, de la Universidad de Guadalajara; miembro del Cuerpo Académico Estudios Regionales en empresa género y educación. Su principal línea de investigación: mercadotecnia.

### **Apéndice**

#### Cuestionario utilizado en la investigación

¿Qué circunstancias influyen en los jóvenes universitarios, del Distrito Dieciocho para ejercer el derecho al voto?

¿Cuáles son los medios de comunicación que los jóvenes universitarios utilizan con frecuencia para conocer de los asuntos políticos del país?

¿Los diferentes medios de información y tecnologías influyen en las decisiones que toman los universitarios en relación al voto?

¿Por qué no votan los jóvenes universitarios?

# LA IMPLEMENTACIÓN DEL TAPPING COMO INSTRUMENTO DE NEUROEDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA EMOCIONAL Y LA MEJORA DEL APRENDIZAJES: CASO DE ESTUDIO TAHUILAN

Nely Delia Ramírez Rios

## RESUMEN

En México muchos alumnos con bajos rendimientos académicos son segregados debido a que para los docentes los contenidos programáticos son más importantes que lo emocional, y no existe relación alguna. En ciclos escolares recientes en los Planes de estudios se implementó la asignatura denominada Educación Socioemocional como una manera de reconocer y adoptar una perspectiva integral de la educación y el aprendizaje, que incluya tanto aspectos cognitivos como emocionales y éticos. Sin embargo, hay un vacío en la didáctica sobre el cómo. Esta aportación indaga sobre el potencial didáctico del tapping en los procesos. Se analizan cualitativamente la influencia de este instrumento de neuroeducación, en la mejora de los aprendizajes. Los resultados obtenidos muestran el potencial del tapping en la amplificación de las funciones docentes.

**PALABRAS CLAVES:** Neuroeducación, inteligencia emocional, Alumno, Tapping, aprendizaje.

## INTRODUCCIÓN

La educación ha sido y será siempre una de las principales preocupaciones de la humanidad en todas sus épocas. Imaginemos lo qué podría hacer un profesor en el aula, si supiera cómo están aprendiendo sus alumnos y qué estrategias proporcionan mayor inyección en su cerebro para ser más receptivo en el aprendizaje. En los últimos años ha surgido con fuerza la inteligencia emocional a partir de un enfoque de neuroeducación, causando una nueva revolución educativa que a palabras de Jesús Guillen (2015), tiene como objetivo:

*“mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, basándonos en lo que sabemos sobre el funcionamiento del cerebro, consiste en acercar la ciencia al aula”*

Es así que el estudio de la inteligencia emocional y la neuroeducación cobran vital importancia en la realización de todo ser humano en los diferentes sentidos de su vida, familiar, conyugal, laboral, etc., a los maestros nos permite quitar las etiquetas, que dañan severamente a los alumnos, tal y como lo han demostrado los estudios de Erikson, él dice que las creencias dañan el autoconcepto sobre sus propias capacidades, en el caso Tahuilan de mi estudio, el daño fue profundo, a casi concluir la educación primaria, no leía, no escribía, y no interactuaba, y nadie hacia nada debido ya que se consideraba que tenía una mentalidad fija, es decir, que se cree que estaba condicionado por la genética en consecuencia no se podía hacer nada para cambiar.

Estudios recientes de neurociencia, indican que, si se les muestra imágenes, frases positivas o bien se crea ambientes agradables emocionalmente hablando, se activan zonas del cerebro, asociadas al hipocampo una región del cerebro que interviene el proceso de memoria y aprendizaje, a diferencia de contextos emocionales neutros se activa el lóbulo frontal, ante contextos emocionales negativos, se activa la amígdala un detector del miedo, de problemas.

Lo cual nos señala la importancia de implementar, diseñar estrategias para crear climas positivos en donde se asume con naturalidad el error, en donde los alumnos cooperan siendo protagonistas activos del aprendizaje y en donde las expectativas tanto de nosotros como profesores como las del alumno son siempre positivas, no podemos separar lo cognitivo de lo emocional.

Existen diversas investigaciones referentes a la inteligencia emocional, y se comprobó que cuando se implementa programas de educación socioemocional en el aula, tiene una incidencia a nivel conductual en el alumnado, adquieren una serie de competencias emocionales básicas que son muy importantes para su bienestar personal pero también para su rendimiento académico.

Por ello, actualmente en el plan y programas de educación Básica, se encuentra plasmado como un área de estudio fundamental. Sin embargo, no siempre se trabaja, para que estos programas sean verdaderamente útiles, deben de

generalizarse desde las primeras etapas en el preescolar. Pero quizá porque en dichos planes aún se carece de estrategias adecuadas y diversificadas que despierten la curiosidad del alumno, no se desarrolla de manera idónea.

Eh aquí, la importancia de mi investigación porque propongo al tapping como una estrategia innovadora poco implementada en el campo de la educación, ya que hasta hace pocos años sólo se implementaba en el campo de la medicina alternativa, pero que sin embargo está fundamentada en la neurociencia, también es práctica, a diferencia de otras por ejemplo los videojuegos, para lo que se necesita de medios electrónicos.

Esta técnica también permite la relajación, desarrollar la atención ejecutiva, la cual está asociada a los procesos de autorregulación emocional que interviene en el autocontrol, ésta atención ejecutiva se activa cuando el alumno está intentando seguir alguna explicación o cuando está intentando concentrarse para resolver un problema o tomar una decisión, el tapping ayuda a que dicha atención se pueda ir mejorando u entrenando, mejorando así zonas del cerebro que intervienen en procesos atencionales como ya antes lo explique.

A nivel social, espero amplificar a mis compañeros docentes, el mensaje de interés, así como de relevancia de la inteligencia emocional y/o factores psicológicos en el proceso de la investigación de parte de los alumnos y como mediadores del aprendizaje puedan asumir una disponibilidad afectiva, de apertura, comprensión y sensibilidad para incentivar al estudiante a lograr un equilibrio emocional y cognitivo.

#### **OBJETIVO GENERAL**

La finalidad general de este artículo se concreta en la exploración potencial didáctico del instrumento de neuroeducación “tapping” en la formación y mejoramiento de los aprendizajes. Se pretende concretamente:

a).- Explicar los efectos en la Inteligencia Emocional y la mejora de los Aprendizajes en el Caso del alumno Tahuilan, por medio de la implementación del tapping para enriquecer la práctica Docente.

#### **MÉTODO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se presenta el caso de un estudiante con bajo rendimiento escolar, baja autoestima, y nula integración en las actividades escolares. Es un alumno de sexto Grado de la Escuela Primaria “Profr. Carlos Inclán”, ubicada en la localidad de la Magdalena Panoaya, perteneciente al municipio de Texcoco al Oriente del Estado de México.

Tahuilan es a razón de su apellido para salvaguardar su Identidad, es un niño de 11 años con un historial de bajo rendimiento académico. Por su timidez y poca confianza no participa en las actividades grupales ya sea bailables, festivales, poesías corales, etc.

El docente del ciclo anterior expreso en su ficha de seguimiento que muchas de las veces se le olvidaba la presencia de Tahuilan en el salón ya que no expresaba nada, sólo estaba sentado en su silla desde que entraba a clases.

Como resultado Tahuilan es tímido, inseguro, no realiza ninguna actividad, en algunas ocasiones sólo transcribe lo que se escribe en el pizarrón, y aunado a lo anterior, estaba a meses de egresar de la primaria, para ingresar a otro nivel académico y social.

Con fundamento a lo antes descrito, se elige la aplicación del tapping como instrumento de neuroeducación ante dificultades originadas por determinados trastornos emocionales, de ésta manera se reorienta hacia una educación más emocional que en consecuencia lo ayude a elevar su rendimiento académico.

Para el desarrollo de la experiencia se eligió el estudio de caso. Esta metodología es aplicable principalmente en el análisis de fenómenos sociales. En su definición, Bell (2005, p. 11) refiere que “es el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes”.

El presente estudio de caso posee las siguientes características. parte de un corte cualitativo, la recolección de datos de campo se obtiene en el lugar donde los participantes experimentan el fenómeno o problema, es inductivo, y se utiliza la técnica de observación- participante, es decir, incluye la intervención directa del investigador en el objeto estudiado. Lo cual propicia que los datos sean más certeros en la descripción del proceso.

#### **RESULTADOS**

El análisis cualitativo permite identificar aspectos que el alumno valora del tapping para su aprendizaje. Respecto al primer objetivo de este estudio, explicar los efectos del tapping en el desarrollo emocional, así como en la mejora de sus aprendizajes, en especial en el Caso de estudio Tahuilan.

Con el apoyo del test de Machover y la redacción de textos propios. La figura 1 nos permiten identificar la eficacia de la técnica del Tapping como instrumento de neuroeducación, en pocos meses se logró que el alumno socializará con sus compañeros, adquiriera confianza en sí mismo, y mejoro su rendimiento escolar. En la figura 2 se muestra un texto libre del alumno en él cual se describe, reconoce y denota autoestima, del texto sobresale un enunciado que literalmente dice “de grande me gustaria ser una persona importante”.

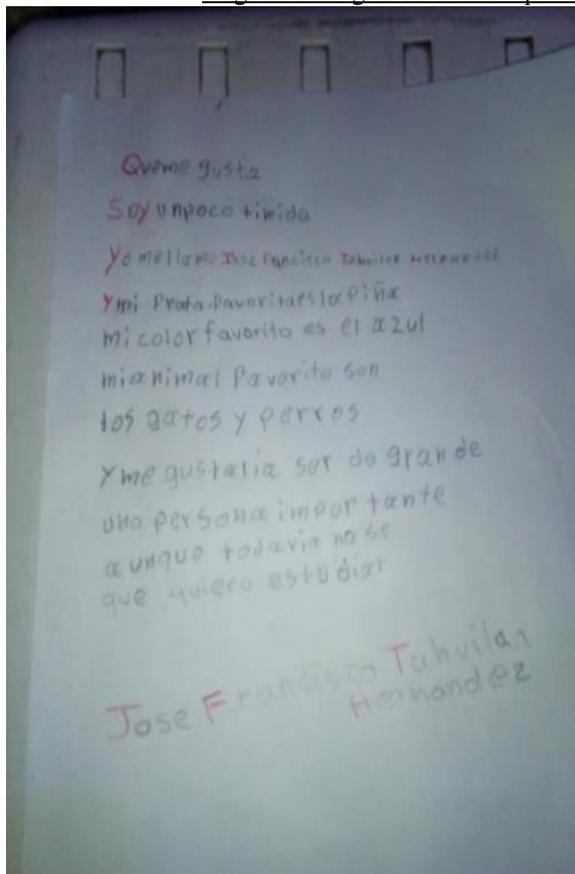


Fig. 1



Fig.2

## DISCUSIÓN

El alumnado José Francisco Tahuilan Hernández valora positivamente el uso tapping, como recurso didáctico, prefiriéndolo frente a otras técnicas o instrumentos. De nuestro estudio se desprende un argumentario de valores didácticos que se consideran determinantes en el uso de este instrumento de neurodidáctica, tales como el lenguaje cercano que se utiliza cuando se interactúa; la actualización e inmediatez de la información, porque muchas veces los docentes en nombre de la innovación experimentamos sin haber investigado previamente; la posibilidad de comunicación constante de manera sincrónica y asincrónica; así como sentirse acompañado durante el proceso

formativo. Estos aspectos acentuados convierten al tapping en un entorno compatible y complementario a las clases presenciales, ya que permite que los distintos agentes implicados puedan compartir experiencias y desarrollen competencias personales y profesionales. En este sentido, deberían diseñarse y planificarse prácticas formativas que incorporen este instrumento para mejorar la enseñanza y los aprendizajes.

Además, el tapping abre la posibilidad de aprovechar el capital social e intelectual de los agentes educativos que hacen uso de esta herramienta, amplificando los roles docentes. Este estudio muestra el papel de ampliación de la técnica del tapping en las tareas docentes, rompiendo por un lado los límites del proceso educativo presencial (espacios y tiempos) y, por otro, a través de una más fluida interacción comunicativa, hacer un mayor aprovechamiento del capital social e intelectual del profesorado y del alumnado, ya que los agentes implicados en el proceso de interacción social, recordemos que nadie puede enseñar o dar si lo carece, el tapping es un instrumento de liberación emocional y de sanación.

## CONCLUSIONES

Para finalizar, el tapping facilita y favorece un proceso de convergencia de enseñanza- aprendizaje en la construcción de una inteligencia emocional efectiva.

El profesorado puede usar el tapping para generar un proceso de empoderamiento en el alumnado para que éste sea más autónomo y capaz de producir intercambios e interrelaciones

En definitiva, este es el comienzo de una línea de investigación e innovación que pretende experimentar el potencial del tapping en el campo de la educación como recurso didáctico; es decir, se considera que el tapping puede llegar a ser incluso un espacio de experiencias compartidas en el que el alumnado puede enriquecerse intercambiando con otros compañeros, aprendiendo así más allá de lo que le proporciona su propio contexto formativo.

## REFERENCIAS

- GOLEMAN (1995) “La inteligencia Emocional “  
Diccionario de la Real Academia Española (2014)  
GALTON ( 1869) “El Genio Hereditario”  
WATSON (1930) “El origen del conductismo”  
HOWARD GARDNER (1995) “Inteligencias Múltiples”  
DORIS MARTIN KARIN (2010) “Qué es Inteligencia Emocional”  
JESÚS GUILLEN (2017) “Neuroeducación en el aula”  
PLAN Y PROGRAMAS 2019  
GARCÍA FERNÁNDEZ MARIANO et al (2010) “La inteligencia Emocional y sus principales modelos, Revista Digital Espiral cuadernos del profesorado. Vol. 3 Núm. 6 Septiembre del 2010

# ACTORES Y TRAYECTORIAS FORMATIVAS PARA EL REDISEÑO CURRICULAR EN EL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Mtra. María Eugenia Ramírez Solís<sup>1</sup>, Dra. Liliana Suárez Téllez<sup>2</sup>, Mtra. Elsa Franco Martín<sup>3</sup>, Lic. Macarena Blando Chávez<sup>4</sup>, Mtro. Julio Javier Corona Maldonado<sup>5</sup>

**Resumen**—El rediseño curricular es una dimensión del currículum, que permite a los docentes integrar propuestas, proponer innovaciones y producir nuevas oferta educativas en el IPN. Si bien la tradición en la formación docente se agrupa en acciones de tipo técnico-pedagógicas, de actualización profesional y de desarrollo personal (CGFIE-IPN 2016) la formación para el diseño curricular demanda saberes especializados y metodológicos sobre el currículum que invitan a construir trayectorias singulares. En este trabajo se reporta, a partir de las entrevistas y de los análisis apoyados con el Atlas Ti, cómo se han construido las trayectorias formativas de los diseñadores curriculares, los elementos que la caracterizan y la posible clasificación de las mismas

**Palabras clave**—Actores, rediseño curricular, trayectorias,

## Introducción

Los actores responsables del rediseño curricular RC en el Instituto Politécnico Nacional IPN son docentes con una formación específica en el campo disciplinar, y cuentan con experiencia docente sobre algunas unidades de aprendizaje. Los retos que enfrentan durante la implementación y operación del plan de estudios, de adaptar y contextualizar el currículum, les permite tener una visión crítica del mismo y a partir de su contexto pueden llegar a proponer cambios o rediseños. Así los académicos pueden ser vistos como creadores e intérpretes activos del currículum y no simples implementadores (Fernández, 2004, Jiménez 2002).

El RC es una tarea compleja y diferenciada de la implementación didáctica. Este es un espacio práctico que demanda una formación para comprender, analizar, aplicar, gestionar y concretar el currículum, el diseño o RC rebasa el mero orden de lo instrumental (Rautenberg, 2009) ya que requiere de una visión holística de políticas y tendencias educativas (OEI-UNESCO 2017), de las necesidades de la sociedad y de los retos de la profesión, que en su conjunto propicien una formación del profesional para los contextos actuales y sus grandes transformaciones (Casarini 2010).

El proceso mismo del RC involucra la participación de diferentes actores (Schwab, en Díaz 2017 y UNESCO 2017) con diferentes perfiles y roles, que a su vez consolidan un grupo proactivo generador de sinergias para el cambio y la innovación curricular. Estos perfiles se relacionan con competencias vinculadas con las políticas educativa, del entorno social y laboral, epistemológicas sobre la profesión, el aprendizaje y la docencia.

El grupo que integra la comisión para el RC en el IPN, son docentes con trayectorias diversas derivadas de su formación en el ámbito disciplinar, didáctico pedagógico y del desarrollo personal (IPN-CGFIE 2016). Estos actores son elegidos administrativamente por sus funciones como subdirector académicos, jefes de carrera, presidentes de academia y docentes de las unidades de aprendizaje para realizar los procesos de rediseño curricular. Integrado a este grupo se encuentra el representante de los departamentos de innovación educativa de las unidades académicas UA, quien coordina los trabajos, asesora en la generación de productos y es el vínculo con las áreas centrales responsables del RC en el IPN. Eventualmente se integra a estos grupos un pedagogo que puede ser una figura externa al grupo o de la misma unidad académica.

---

1 María Eugenia Ramírez Solís, docente e investigadora en el Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional IPN, México, adscrita a la Dirección de Educación Media Superior, meramire@ipn.mx

2 Dra. Liliana Suárez Téllez, docente investigadora en la Dirección de Formación e Innovación educativa del IPN lsuarez@ipn.mx

3 Mtra. Elsa Franco Martín es docente de la Escuela Superior de Comercio y Administración-Tepepan del IPN, elframmar@gmail.com

4 Lic. Macarena Blando Chávez es pedagoga adscrita a la Dirección de Educación Continua del IPN, macarenabch@gmail.com

5 Mtro. Julio Javier Corona Maldonado, docente investigador en el Centro Interdisciplinario de Ciencias de la Salud, Sto. Tomás del IPN couronne13@hotmail.com

En las trayectorias de formación docente en el IPN, el diseño o RC es una subcompetencia ubicado en el área de desarrollo personal, subárea de “*habilidades para la gestión fuera del aula*” que considera la atención a diferentes proyectos institucionales como tutorías, extensión académica, vinculación, entre otros.

Para que la comisión actúe como un auténtico actor colectivo en la producción de una propuesta curricular innovadora, es imprescindible que los integrantes compartan campos semánticos comunes (Rautenberg 2009, Sánchez 2007). En el IPN se han creado diversas acciones para formar y acompañar a los docentes en los procesos de rediseño curricular, implementando cursos, talleres, asesorías, dispositivos como guías, manuales, aplicaciones informáticas, entre otros, para guiar metodológicamente las fases del diseño curricular propuesto por el IPN. Estas acciones son diseñadas para los grupos locales que en el momento se encuentran en este proceso, pero no son compartidas para todos los grupos de trabajo, ya que los procesos de rediseño no son simultáneos en el IPN y corresponden a tiempos, dinámicas y ritmos diferentes.

#### *Elementos para la formación del diseñador curricular*

Distintas propuestas teóricas, proponen la participación de diferentes actores con perfiles complementarios como el equipo responsable del RC:

Schwab (citado en Posner 2005) considera por lo menos cinco diferentes actores: un experto en el campo de la psicología que entienda la forma en la que aprenden los estudiantes y sus necesidades; un experto que comprenda la asignatura; representante de los profesores que comprenda la complejidad del trabajo en el aula; alguien que perciba la realidad económica y política de la comunidad; y un experto en el diseño curricular que comprenda el contexto en el cual se va implantar el currículo.

Por su parte la UNESCO (2017) en su documento de “*Herramientas para el desarrollo curricular*”, resalta la participación de por lo menos cuatro actores relevantes con la mirada de un equipo multidisciplinar: un especialista curricular, con capacidades para ser guía y apoyo al definir objetivos curriculares; diseñadores de políticas educativas nacionales, resaltando fuertemente sus capacidades para diseñar marcos curriculares y objetivos curriculares; diseñadores de políticas locales, con capacidad para evaluar y controlar la calidad de los currículos; docentes y formadores de docentes para los procesos de diseño e implementación curricular, resaltando fuertemente sus capacidades para diseñar marcos curriculares.

Para Soto y Sánchez (20017) los diseñadores curriculares deberían contar con determinadas competencias específicas que los habiliten para investigar, reflexionar, criticar, valorar y generar una propuesta educativa innovadora: a) Identifica ámbitos y niveles del currículo, b) Diagnostica la oferta y demanda educativa para abrir nuevas oportunidades o mejorar la existente, c) Investiga las fuentes del currículo para la fundamentación de un plan de estudios; d) Diseña o rediseña propuestas curriculares de las carreras profesionales en la institución o sistema educativo (planes de estudios, programas de estudios y planificación didáctica), e) Asesora la implantación o desarrollo del currículo de las carreras profesionales en la institución o sistema educativo, f) Evalúa el currículo de las carreras profesionales -nuevas o ya existentes, g) Gestiona el cambio mediante el proceso curricular con base en la programación, coordinación, supervisión y ejecución de actividades pertinentes. Estas competencias distinguen a experto curricular, pero aunque no sea necesario que el docente domine todos los perfiles sugeridos por Schwab o la UNESCO, se considera necesario que los integrantes de la comisión, compartan elementos genéricos de las políticas educativas, los marcos institucionales, las necesidades sociales y profesionales como un producto de una cultura colectiva de reflexión crítica, discusión e investigación del cuerpo docente que impulse cambios curriculares que procedan de las propuestas docentes y no necesariamente de las peticiones institucionales.

Estos perfiles y estas competencias podrían ser los ejes articuladores de la formación de los diseñadores curriculares aunados a los intereses y necesidades propios de cada integrante de la comisión, así como de las tareas que emanan de los trabajos curriculares.

Los procesos formativos para articular el desarrollo de las competencias mencionadas pueden adoptar diferentes modalidades que no necesariamente coinciden con la linealidad tradicional de las experiencias formativas. Herrán (2008) en su texto “*El docente que se forma*”, brinda un panorama amplio de las diversas modalidades que puede adoptar una trayectoria formativa, por ejemplo: formación asociada a trabajos didácticos de órganos y grupos colegiados, mediante cursos convencionales, seminarios, estancias en otros centros, intercambios de experiencias y acompañamiento, a través de la investigación acción y autoformación mediante la investigación acción.

La combinación de estas diferentes modalidades debe incluir la articulación de la autonomía docente y la construcción de un ambiente colaborativo en la comunidad docente.

#### *Construyendo trayectorias*

La revisión de la literatura relacionada con las trayectorias docentes, permite identificar un conjunto de términos que hacen referencia a un camino, al recorrido, al proceso por las que se constituye el desarrollo profesional docente,

que incluye además el tiempo y el contexto por el que se transita. La forma de analizar las relaciones entre el sujeto y la sociedad, puede llevar a concepciones diversas sobre trayectorias. Una postura mecanicista del individuo lo posiciona como un producto de relaciones y decisiones, recorriendo un camino prestabelcido, controlado desde el exterior; la otra perspectiva es la subjetivista, que otorga un lugar central al sujeto como agente con decisiones, con una vertiente dentro de la misma que refiere directamente a la interrelación y construcción entre los sujetos y con el contexto; entendiendo a aquel como principal hacedor del recorrido (Gualpa 2015)

Tomando como referencia esta última mirada, Vesub (2004) concibe a las trayectorias como el resultado de las acciones y elecciones que los docentes realizan en ciertos contextos y ante situaciones particulares. Aun cuando esta definición hace énfasis al producto y resultado de este proceso, destaca el peso en la decisión de las personas para construir estas rutas, estos encuentros y realizar estas acciones. En las trayectorias dice Ardorino (Gualpa 2015) el tiempo, la duración, los ritmos propios toman un lugar predominante, así como la persona en la construcción de las mismas. Lozano (2016) hace referencia a las trayectorias en relación a los contextos, como un conjunto de circunstancias provocadas o azarosas, intencionales o causales, que permiten llegar a un punto determinado, marcando un sentido de irregularidad, en el proceso, a la no linealidad.

Los trayectos generalmente hacen referencia a un principio y un fin, encontrando dentro de ellas diferentes etapas transitadas, son caminos o recorridos, sin embargo la decisión de los docentes y sus contextos caracterizan a las trayectorias como itinerarios en situación (Nicastro y Greco, 2012) que tienen un inicio que lleva hacia un objetivo formativo, que se encuentran interrelacionados por diferentes situaciones, contextos culturales, dispositivos, acciones, necesidades, ritmos y como tales, quien los recorre se enfrenta con caminos diversos: estructurados, inducidos, elegidos, combinados, áridos o resbaladizos donde convergen las experiencias y otros sujetos.

Si bien las trayectorias no son proceso rígidos, ni deben estar acotados por el tiempo, si reconocemos que la construcción de las mismas presenta una marcada individualidad sin olvidar que son consecuencias de la diversidad de las acciones y construcciones que realiza el docente, así como de las situaciones y contextos en que se van configurando. Las trayectorias en este sentido construyen identidad docente.

### **Descripción del Método**

La organización y participación de los docentes en las Comisiones para el RC sigue en lo general la metodología señalado por el libro 12 de los materiales para la reforma del IPN. La pregunta que guía el trabajo de investigación es ¿Cuáles es la trayectoria formativa que se requiere favorecer en los actores que participan en cada etapa del rediseño curricular del NMS del IPN?

Se aplicó una metodología de corte mixto para indagar las trayectorias formativas de los docentes integrantes de las comisiones de RC. En una primera etapa de trabajo, se realizó la revisión de la literatura especializada, así como la normativa institucional. El análisis de estos documentos permitió reconstruir la noción de actores curriculares, los conceptos de trayectorias, así como de las figuras institucionales que integran las comisiones y grupos de trabajo asignadas a las mismas para las diferentes etapas del proceso de rediseño curricular. También se realizó un diagnóstico de las acciones de formación para el RC, consultando las bases de datos de los programas de formación registradas ante la Coordinación General de Formación Docente CGFIE del IPN en los periodos 2013-2018 y los registrados ante la Dirección de Estudios Superiores (DES) del IPN en los periodos 2004-2007. Se revisaron los títulos de las diferentes acciones de formación y los propósitos de las mismas a fin de relacionarlas con las etapas y actividades propias del rediseño curricular, así como el documento Trayectorias de Formación Docente de la CGFIE.

Se realizaron entrevistas a profundidad a una muestra de participantes de las distintas comisiones del RC. La muestra consideró a actores de las tres áreas de formación institucional (ciencias físico-matemáticas, sociales-administrativas y médico biológicas) y con roles de participación distintos (jefes de carrera, subdirectores, docentes, responsables de la coordinación del proceso). Para esta etapa de la investigación se definió una metodología cualitativa basada en la teoría fundamentada que, a través de datos primarios, permite proporcionar una base de conocimientos sólidos. Se utiliza el programa de Atlas ti como herramienta de análisis de contenidos, estableciendo relaciones y redes de códigos que permiten ir visualizando cómo se van construyendo las trayectorias y cómo se entretajan el conjunto de situaciones, momentos y encuentros que permiten a la vez que desarrollar un proyecto, desarrollar competencias como diseñador curricular.

### **Comentarios Finales**

#### *Resumen de resultados*

El diagnóstico efectuado a las acciones de formación permitió identificar principalmente cursos (40%) y talleres (43%), relacionados con el rediseño curricular y en menor porcentaje foros, congresos y seminarios. Esta diversidad de acciones de formación nutre las trayectorias formativas que se complementa con otros dispositivos como la generación de documentos de apoyo, informes, reportes, intercambio de textos, pero que requieren ser organizados en

tiempos, espacios, docentes, propósitos y tareas (Nicastro, 2012) favorecedoras de la reflexión, la problematización del campo educativo y la profesionalización docente.

Al relacionar las acciones de formación con las etapas de diseño curricular, encontramos que el 18% de éstos se relacionaban con el marco general y la contextualización para los trabajos de rediseño curricular, el 23% para la construcción del marco referencial del currículum, el 6 % para diseñar los lineamientos generales del plan de estudios, el 35% para el diseño de planes y programas de estudio y el 4% para la etapa donde se generan las estrategias para la evaluación y el seguimiento curricular. Estas acciones se implementaron para las comisiones y por sus objetivos atendían a aspectos concretos para la producción concreta de cada etapa del rediseño curricular señalada en los lineamientos institucionales. La oferta acotada y la muy probable reducida asistencia en una UA en estos talleres, no ha permitido consolidar una trayectoria formativa robusta y específica para desarrollar competencias de los actores para el rediseño curricular.

*...no existe una preparación formal, sin embargo toda vez que la DES convoca para explicar las etapas para revisar los avances, la comisión asiste.*

*Una de las principales problemáticas que me he enfrentado es la falta de apoyo institucional en cuanto a recursos y capacitación.*

Las trayectorias -reales- de formación docente se remite a lo que de manera singular va configurando cada uno, como un proceso continuo en las que se amalgaman decisiones, oportunidades, encuentros y dispositivos que enriquecen, estimulan e inducen las trayectorias formativas.

El análisis de las trayectorias consideró los siguientes elementos (figura 1):

- El contexto o situación en las que surgen y se desarrollan las tareas para el rediseño curricular.
- Las acciones formativas. Considerando tanto las inducidas por institución abiertas a toda la comunidad y, las específicas para dotar de competencias para los procesos de RC
- Las decisiones personales para tomar rutas y acciones específicas.
- Los encuentros con otros docentes o profesionales que acompañan las tareas de rediseño curricular.
- Los dispositivos y recursos que las apoyan. Ejemplo de ellos son los recursos y materiales generados como organizadores, manuales y guías, entre otros.

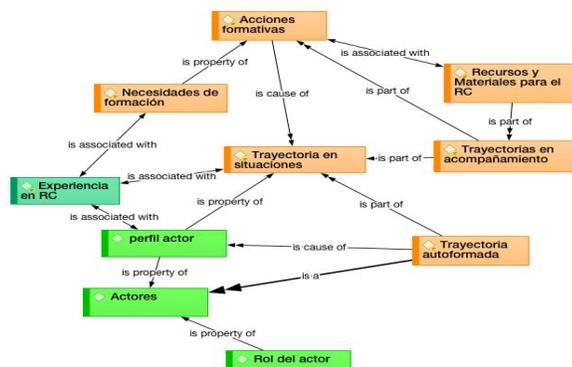


Figura 1 Relaciones conceptuales entre códigos

Los actores del rediseño curricular al integrar las comisiones cuentan con una trayectoria individual que matizan un perfil profesional específico, además de que su pertenencia a las comisiones de RC es selectiva a partir de los roles y figuras representativas que tiene ante la comunidad: presidentes de academia, coordinadores, responsables administrativos del RC. Profesores de diferentes unidades de aprendizaje.

El contexto y situación específicos en las que estos actores se encuentran con los trabajos para rediseñar e innovar el currículum plantea retos, necesidades e impulsan acciones con los que se construyen trayectorias. Es así como los diferentes tipos de acciones de formación, son generados de manera específica (realizar investigación o estudios de posgrado) para el RC, o se eligieron de aquellas que se ofertan de manera general.

Las trayectorias en situación se identifican como el eje a partir del cual interrelacionan los diferentes elementos. Las características de los procesos de acompañamiento y de las decisiones para formarse en un área específica son componentes básicos que integran las situaciones y contextos formativos.

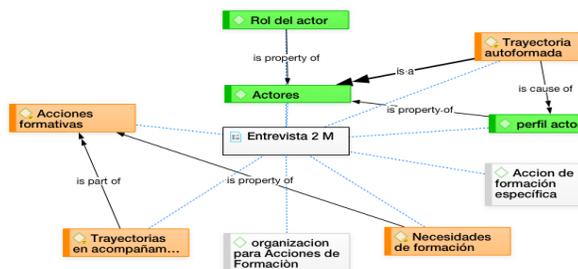
El análisis de estas interrelaciones permite aventurarnos a tipificar las trayectorias vividas por los RC, considerando la decisión de los actores en sus propios recorridos.

- Las trayectorias inducidas por la institución. Agrupan un conjunto de procesos, encuentros, acciones, recursos y acompañamientos con propósito específico.
- Las trayectorias en situación. Atienden a contextos como la cotidianidad docente, los contextos en los que se privilegia el trabajo colegiado para el desarrollo de proyectos diversos, como los del diseño curricular, así como el desarrollo de investigaciones e innovaciones educativas, entre otros.
- Trayectorias en procesos de acompañamiento. Docente-docente, docente-experto, docente- coordinador o responsable institucional que supervisa los productos de cada etapa de la metodología del rediseño curricular. Como otro proceso de acompañamiento se encuentran los materiales y recursos que construyen andamiajes
- Trayectorias auto formadas son específicamente aquellas que deciden los docentes para fortalecer sus competencias: posgrados en educación, diplomados del modelo educativo, cursos vinculados a la formación didáctico pedagógica, investigaciones específicas.

Estas trayectorias no son excluyentes, sino que se entretajan con un gran número de eventos, situaciones y oportunidades. Este tipo de trayectorias también se combinan, en el propio entramado singular y único de cada docente.

En la descripción de la trayectoria formativa, algunos entrevistados no pudieron identificar el tiempo o la secuencia exacta en que las diferentes experiencias se fueron presentando y moldeando la trayectoria vivida. Las comisiones de las que participan los entrevistado, cuentan con perfiles heterogéneos, reconocen las limitaciones con las que ingresan a los procesos de rediseño curricular, identifican las necesidades y se generan de esta manera las acciones emanadas del mismo grupo, identifican aquellas que de la oferta institucional pueden ser de utilidad, toman decisiones, eligen, proponen y forman su trayectoria.

Ante la idea de reconocer que distintas trayectorias coinciden con elementos comunes, éstas son siempre individuales y diferenciadas a partir de la forma en que se aprovechan e interpretan por el docente y la secuencia temporal en la que se presenta .



Figuran 2. Componentes de los elementos que construyen trayectorias personales

Al comparar dos trayectorias individuales (Figura 3 ) se identifican semejanzas en el punto de partida, las acciones, pero encontramos diferencias en la secuencia de sucesos, aproximándonos al tiempo en que podrían haber sucedido y en la toma de decisiones para continuar, ampliar y profundizar la formación docente para el RC. Algunas de estas acciones decididas por los docentes para fortalecer su perfil tienen un recorrido en el tiempo y el espacio más prolongado que se visualizan de manera transversal

Podemos reconocer como buenas prácticas para la formación de los actores del RC, aquellas trayectorias con procesos inducidos por la institución independientemente del modelo elegido, determinan condiciones para que los integrantes de la comisión para el RC, compartan marcos comunes, que permiten discutir y reflexionar de manera fundamentada. Las trayectorias que identificamos, no siguen un solo tipo de acciones, sino que combinan elementos y situaciones por las que transita cada docente.

Esta trayectoria específica para la formación metodológica del RC se ha organizado hasta el momento en tres momentos o situaciones específicas: la sensibilización a la comunidad, la formación metodológica y el acompañamiento por asesoría y materiales que representan andamiajes que favorecen la construcción de los saberes. Prepara a una comunidad para reconocer las necesidades del cambio curricular y favorecer el desarrollo de habilidades para trabajar en equipo, desarrollar el pensamiento crítico y reflexivo, fortalece a la comunidad y fortalece la producción esperada.

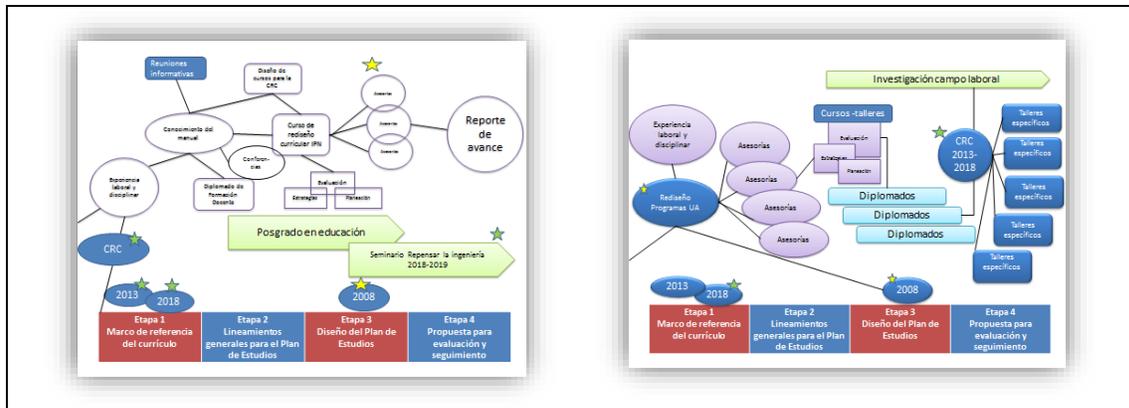


Figura 3 trayectorias individuales

### Conclusiones

Los docentes que integran las comisiones para el RC a partir de la situación y del contexto en el que se desenvuelven, construyen trayectorias para ir configurando un perfil docente con habilidades y competencias propias para el RC.

Los diferentes elementos que caracterizan las trayectorias no siempre atendieron a la formación específica para el diseño curricular, como aquellas que se formaron en áreas vinculadas al currículo, pero no necesariamente a la metodología del RC.

La riqueza de las trayectorias con procesos de acompañamiento es que favorecen los procesos personalizados y los recursos construidos inciden directamente en ellos.

Un aspecto que aún falta por contrastar, es si estos elementos que construyen las trayectorias, logran impulsar el desarrollo de las competencias específicas o aún si quedan en conceptos generales de tipo didáctico pedagógico y prácticos para el RC

Es necesario integrar una gama amplia de acciones que desarrollen trayectorias, competencias y capacidades críticas y reflexivas sobre las políticas educativas, las propuestas pedagógicas, el currículum en general e incentiven investigaciones didácticas y de la profesión, así como de innovaciones educativas que favorezcan nuevos RC y potencien perfiles idóneos para la formación de ciudadanos y profesionales.

### Referencias

- Casarini, M. (2010). *Teoría y Diseño Curricular*. México: Trillas.
- Fernández, M. (2004). El desarrollo docente en los escenarios del currículum y la organización. *Revista de currículum y formación de profesores*, 8(8).
- Gualpa, V (2015). Trayectorias formativas de directores de ISFDYT: recorridos y Vivencias desde sus propias voces. *Memorias VIII Jornadas Nacionales y 1º Congreso Internacional sobre la Formación del Profesorado*. Buenos Aires
- Jiménez, E. (2002). La participación de los académicos en el diseño curricular de planes y programas de estudio. *Perfiles educativos*, XXIV(96), 73-96.
- OEI-UNESCO. (2017). *Herramientas de formación para el desarrollo curricular: una caja de recursos*. Ginebra.
- IPN-CGFIE. (2017). *Programa Institucional de Formación, Actualización y Profesionalización el Personal*. México: Dirección de Publicaciones .
- Posner, G. (2005). *Análisis de currículo*. México: McGraw-Hill.
- Rautenberg, E. (2009) El cambio curricular es más que sólo un armado técnico. En Plazola y Rautenberg (coordinadores) *Sujetos y procesos del cambio curricular*.
- Sánchez, E. G. (2007). El concepto de actor: reflexiones y propuestas para las ciencias políticas. *Andamios*, 3(7). Obtenido de [www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-00632007000100008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-00632007000100008)
- Soto, A., & Sánchez, J. (2017). Perfil del innovador curricular: Una propuesta de profesionalización docente para una institución. *Debates en Evaluación*
- Tovar, M., & Sarmiento, P. (2011). El diseño curricular, una responsabilidad compartida. *Colombia Médica*, 42 (4), 508-517.
- Vezub, L. (2004). Las trayectorias de desarrollo profesional docente. *IICE No. 22*. Junio 2004, 3- 12.

# Aplicación de lean thinking para generar un modelo en la industria de la reforestación que utiliza productos de importación en el Estado de Puebla: el caso práctico de una empresa mediana de servicios de reforestación

Mtra. Liz Ramiro Fernández<sup>1</sup>

**Resumen**—El proyecto de investigación consiste en que por medio de Lean Thinking, en las empresas que brindan el servicio de reforestación de zonas erosionadas en Puebla con productos importados, se haga un estudio que obtenga propuestas para crear valor y reducir desperdicio en la organización. El objetivo sería reducir costos y mejorar la productividad, la eficiencia y la calidad en la comercialización de los servicios de reforestación con productos importados.

Las empresas antes descritas, brindan sus servicios siguiendo procesos diseñados por especialistas en el tema, con el proyecto de investigación se buscará obtener propuestas para reducir en estos procesos las mudas que describe Lean Thinking, tales mudas que podrían ser reducidas son la muda de esperas, la muda de transporte, la muda de procesos inapropiados o sobreprocesos, la muda de exceso de inventario, la muda de movimientos innecesarios y la muda de defectos.

**Palabras clave**— Reforestación, hidrosiembra, Lean Thinking, Six Sigma.

## Introducción

La investigación busca mejorar el problema de desperdicios, gastos y optimizar la producción por medio de Lean Thinking para mejorar la operación de los servicios de reforestación por medio de la hidrosiembra con productos importados, el fin del estudio es realizar una propuestas para mejorar estos procesos por medio de la mejora de las mudas<sup>2</sup> que conforman Lean Thinking, tales mudas que podrían ser mejoradas son la muda de esperas en donde se podría reducir el tiempo del proceso productivo que no agrega valor, la muda de transporte en la cual se reducirán los traslados innecesarios de materias primas, la muda de procesos inapropiados o sobre-procesos con la que se optimizarán los procesos y aumentará la revisión de éstos para reducir fases innecesarias, la muda de exceso de inventario con la cual se mejorara el stock acumulado de los insumos y su movimiento dentro de los almacenes que afecta el servicio acabado, la muda de movimientos innecesarios que pretende disminuir el movimiento innecesario de persona o equipamiento que no añada valor al servicio final y la muda de defectos, a través de ésta se eliminara los defectos de producción y los errores de servicio que no aportan valor y producen desperdicio.

Actualmente en México, la deforestación es el segundo problema ambiental a nivel global, ya que afecta el capital natural, la diversidad biológica, la estabilidad microclimática, la dotación de servicios ambientales y el incremento de la concentración de los gases invernadero en la atmósfera, también limita a nivel local las posibilidades de realizar un manejo sustentable del territorio y sus recursos naturales. También tiene repercusiones económicas en las zonas con reforestación no regulada, ya que genera aumento de precio en los bienes obtenidos.

La deforestación surge por varios factores, uno de ellos es por la degradación de los suelos causada por la agricultura, la pobreza de los campesinos es que les impide invertir en obras de conservación y mejoramiento de sus tierras, acentuando el círculo vicioso en el cual el deterioro de los recursos naturales genera más pobreza. Otros de los factores que causan la deforestación son la ganadería por el pastoreo excesivo, el abuso de productos químicos, la salificación por la mala gestión de recursos hídricos.

Para poder ayudar a mitigar el problema de la deforestación, la investigación se enfocará en las pequeñas y medianas empresas públicas o privadas que brindan el servicio de reforestación en zonas erosionadas que compran material importado para esto.

## Marco Teórico

### Literatura Relacionada

A continuación se presentan las teorías, corrientes, enfoques y conceptos que ayudaron a analizar el problema.

Lean Thinking. La teoría de Lean Thinking es la teoría que analiza la reducción de las mudas, en la investigación en específico se analizó la muda de esperas, la muda de transporte, la muda de procesos inapropiados o

<sup>1</sup> Mtra. Liz Ramiro es estudiante de Doctorado en Administración en la Universidad Iberoamericana Puebla, Puebla.

liz.ramiro@iberopuebla.mx (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Gutiérrez y De La Vega (2013) mencionan que “Cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto se considera un desperdicio o muda” (p. 415)

sobrepuestos, la muda de exceso de inventario, la muda de movimientos innecesarios, la muda de defectos, esto para poder identificar los desperdicios del desarrollo del proceso.

Se realizaron análisis con la teoría de la calidad y productividad de Gutiérrez (2014) y Womack & Jones (1999). También se analizaron equipos de mejora de procesos con Seis Sigma, Pande, Neuman & Cavanagh (2004) y Gutiérrez & De La Vara (2013).

Deforestación. Rosete, Pérez, Villalobos, Navarro, Salinas & Remond (2014): la deforestación es el segundo problema ambiental en México y en el mundo, ya que afecta el capital natural, la diversidad biológica, la estabilidad microclimática, la dotación de servicios ambientales y el incremento de la concentración de los gases efecto de invernadero en la atmósfera, además de limitar a nivel local las posibilidades de realizar un manejo sustentable del territorio y sus recursos naturales.

Ciencia de la Agricultura. Programa del Desarrollo de las Naciones Unidas (2017), establece que en México la pobreza constituye un factor esencial en la degradación de los suelos, sobre todo en el medio rural, a causa de la descapitalización sufrida por el sector durante décadas.

Medio ambiente y pobreza. Ceja (2008), la degradación de los suelos provocada por la erosión, el uso o abuso de productos químicos, el pastoreo excesivo, o la salinización derivada de la mala gestión de los recursos hídricos se traduce por una disminución de los ingresos de los pequeños agricultores y les condena a la pobreza. La deforestación priva de recursos vitales a los más vulnerables y acelera el proceso que relaciona pobreza y degradación del medio ambiente.

#### *Revisión literaria*

Se revisaron las tesis e investigaciones de los repositorios de las instituciones internacionales que investigan las mismas técnicas de reforestación de las cuales el proyecto de investigación se enfocó. Las instituciones internacionales en donde se investigaron los repositorios en España fueron la Universidad de Alicante, Universidad de Santiago de Compostela y la Universidad de Murcia. En Brasil se investigó en la Universidad Federal de Lavras y la Universidad de Uberlandia. En Cuba se encuentra la Universidad de la Habana, el Centro de Información y Gestión tecnológica de Santiago de Cuba y el Instituto de Ciencia Animal. Las instituciones en México en donde se investigaron los repositorios fueron en la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la Universidad Autónoma de Chapingo y en la Universidad de Sonora. En el Estado de Puebla se investigó en Flor del Bosque (2017), vivero forestal de alta tecnología. También se buscó información en la Cámara Nacional Forestal de Puebla (2017), en el cual se maneja todo lo relacionado con la deforestación y reforestación del Estado de Puebla.

#### **Descripción del Método**

Para lograr obtener la información requerida para la investigación, considerando la información de Hernández, Fernández & Baptista (2014) se presenta la Figura 1 el diseño de la investigación que se planeó seguir.

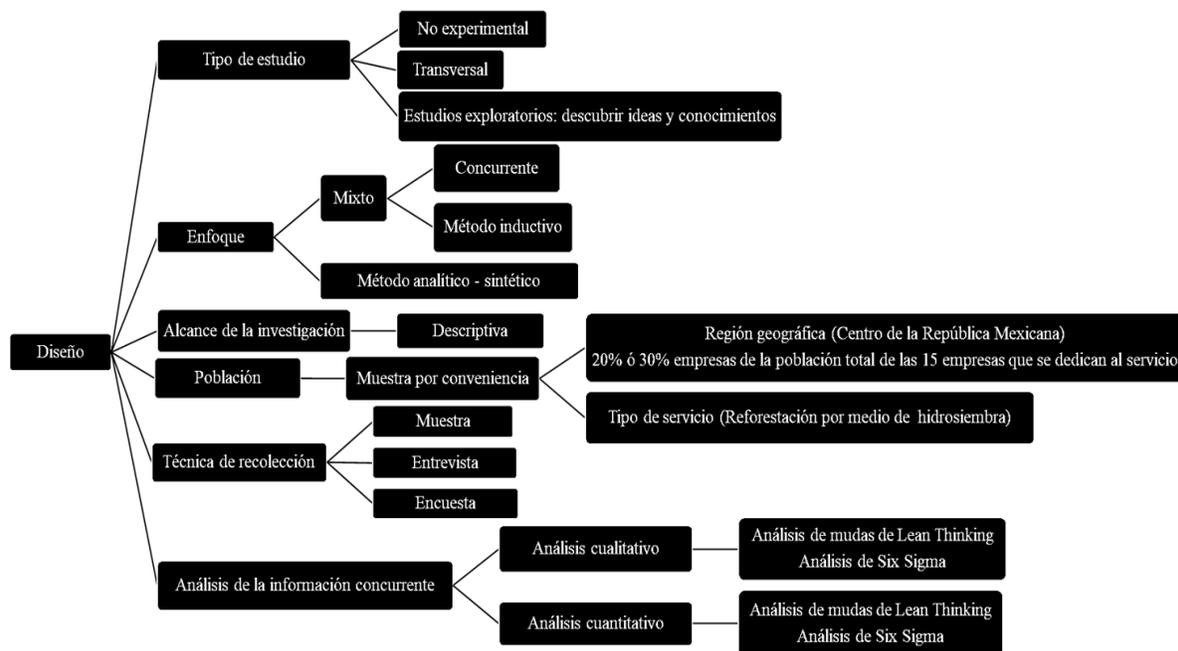


Figura 1. Diseño de la investigación (Elaboración propia 2019)

*Tipo de estudio*

No experimental. Debido a las características de la investigación se realizó un estudio no experimental, el cual se desarrolló sin el manejo deliberado (experimental) de las variables.

Transversal. La investigación es transversal, ya que los datos han sido recolectados en un tiempo único, el propósito es investigar las mudas y el proceso de la realización de los servicios de reforestación en un solo momento.

Estudios exploratorios: Descubrir ideas y conocimientos

Se requiere descubrir ideas y conocimientos examinando el proceso de servicios de reforestación de zonas erosionadas. Se necesita descubrir razones de más peso por la cual la deforestación se genera. Para esto se necesita recopilar la información en los centros de investigación que se enfoquen en el análisis de la deforestación en México. Después se analizó y sintetizó la información para poder concluir las razones de más peso por la cual la deforestación se genera.

*Enfoque*

Mixto. Se permite la complementación de datos cualitativos con los cuantitativos

Concurrente. Los datos cuantitativos y cualitativos se recabaron en paralelo y de forma separada, los resultados de ambos análisis se consolidaron hasta que ambos conjuntos de datos fueron recolectados y analizados de forma separada. Se usaron instrumentos que se ajustan a las características de las empresas o la forma de brindar los servicios y finalmente, permitirá la integración y constatación de los datos (Hernández, 2014).

Inductivo. Se utilizó el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares sobre aceptados como válidos de investigaciones ya realizadas, que son los datos de índices de pobreza en zonas deforestadas, para llegar a conclusiones generales sobre cómo impacta socialmente la deforestación.

Se investigó en las bases de datos disponibles de los últimos 12 años (del 2005 al 2017), de los municipios de Estado de Puebla con más pobreza y con más deforestación. Se buscaron investigaciones ya realizadas sobre la relación entre pobreza y reforestación en el Estado de Puebla. Se analizó si existe alguna relación entre la pobreza y la reforestación en el Estado de Puebla.

Método analítico – sintético. Se estudiaron los hechos de investigaciones ya realizadas, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integrarán esas partes para estudiarlas en forma integral.

Para realizar los análisis de Lean Thinking de mudas en el proceso de realización de los servicios de reforestación, se buscaron investigaciones ya realizadas sobre análisis de mejora de desperdicios por medio de Lean

Thinking. Después se analizaron cuáles fueron los logros obtenidos y cuáles son los puntos de mejora o los puntos que no abarcaron en la investigación.

#### *Alcance de la investigación*

Descriptiva. Se describieron las características, funciones, propiedades y los rasgos del fenómeno de la erosión del suelo. Por lo cual se midió, evaluó y recolectó datos sobre el proceso de deforestación de zonas erosionadas.

Se describirán las características, propiedades y los rasgos de las mudas de Lean Thinking y el proceso de reforestación por medio de hidrosiembra que se llevan a cabo en las empresas que se dedican a brindar este servicio.

Para esto primero se identificó las zonas más deforestadas del Estado de Puebla. Después se buscó la información disponible sobre las principales razones por las cuales hay mayor deforestación en esas zonas. Se buscaron las diferentes teorías sobre los motivos principales de deforestación en México y empatar con las teorías establecidas para las zonas deforestadas en el Estado de Puebla.

Para analizar el proceso de reforestación por medio de hidrosiembra se identificaron las empresas de Puebla o en México que se dedican a brindar este servicio en el Estado de Puebla. Después se creó un instrumento de medición con el cual se recabó la información necesaria sobre las mudas que se tienen y el proceso del servicio.

#### *Población*

Censo. La muestra de la población es por censo, ya que considerando lo descrito por Hernández (2014), es una técnica de muestreo en donde se considerarán todos los casos de universo de la población

Región geográfica. Considerando la información disponible en el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), se hizo la investigación de todas las empresas que se dedican a brindar el servicio de reforestación por medio de hidrosiembra que no subcontratan el servicio.

La región en donde se encuentran las empresas de las cuales se hizo el estudio de investigación están en su mayoría el centro de la República Mexicana, cuatro empresas en la Ciudad de México, dos en la Ciudad de Puebla y una en la Ciudad de Tabasco.

Tipo de servicios. Las empresas que se consideraron para la investigación, son aquellas que brinden servicios de reforestación por medio del método de hidrosiembra, las cuales no hagan subcontratación de estos servicios.

#### *Técnica de recolección*

Muestra. La muestra de la investigación es del 100% de la población total de 7 empresas que se dedican a brindar al servicio de reforestación por medio de hidrosiembra que no subcontratan el servicio, 4 de estas empresas se encuentran en la Ciudad de México, 2 en la Ciudad de Puebla y una en la Ciudad de Tabasco.

Entrevistas. En las empresas seleccionadas para realizar la investigación, se realizaron entrevistas a los coordinadores o a las personas encargadas de la realización de los servicios de reforestación, esto con el fin de lograr obtener la información necesaria para desarrollar la investigación.

Encuesta. Se diseñó una encuesta para la recopilación de datos considerando la información descrita por Corral (2010), Navarro (2014), Lietz (2010) y Coria (2013), la encuesta que se aplicó en las empresas seleccionadas para realizar la investigación, esta encuesta fue respondida por los coordinadores o las personas encargadas de la realización de los servicios de reforestación.

Se diseñó una encuesta piloto, esta encuesta se aplicó en una de las empresas seleccionadas, considerando los resultados del levantamiento de información, se volvió a rediseñar la encuesta piloto, resultando la encuesta final, esta encuesta se aplicó a tres de las empresas seleccionadas, considerando los resultados del levantamiento de información, se volvió a rediseñar la encuesta, la cual se aplicó a las demás empresas seleccionadas para la investigación.

#### *Análisis de información concurrente*

Los datos cuantitativos y cualitativos se recabaron en paralelo y de forma separada. Los resultados de ambos análisis se consolidarán hasta que ambos conjuntos de datos fueron recolectados y analizados de forma separada.

Análisis cualitativo – Análisis de mudas de Lean Thinking y análisis de Six Sigma. Considerando la información obtenida por medio de la aplicación del cuestionario final a los coordinadores o encargados de la realización de los servicios de reforestación en las empresas seleccionadas para la investigación, se analizó la mejora del proceso de reforestación por medio de Six Sigma de acuerdo a lo descrito por Gutiérrez & De La Vera (2013) y Pande, Neuman & Cavanagh (2004), también considerando lo establecido por Groover (2014) y por Gutiérrez (2014)

se consultó la información sobre los procesos de la manufactura en las industrias y las mudas por medio de Lean Thinking, con la información dada por Womack y Jones (1999) y Gutiérrez (2014) y Womack & Jones (1999), para el análisis de la mejora de la calidad y productividad de acuerdo a lo establecido por Womack & Jones (1999).

Análisis cuantitativo – Análisis de mudas de Lean Thinking y análisis de Six Sigma. La información para el análisis cuantitativo se obtuvo con la aplicación del cuestionario final. Además por medio de Lean Thinking y Six Sigma se analizó cuantitativamente las mudas de los servicios que se están dando en las empresas que se investigaron.

Con los análisis anteriormente mencionados se obtuvieron propuestas para crear valor y reducir desperdicios en la comercialización de servicios para la reforestación en zonas erosionadas con productos importados en empresas de Puebla que se dedican a estos servicios.

### Comentarios Finales

#### *Resumen de resultados*

Los resultados del avance de la investigación fue la obtención del instrumento para la obtención de la información para realizar la investigación que es el cuestionario final. El cuestionario final se aplicó a todas las empresas que brindan el servicio de reforestación por medio de hidrosiembra en la República Mexicana.

Se realizaron matrices y gráficas para analizar las mudas que se encuentran en el proceso del servicio de hidrosiembra, se analizaron la muda de tiempo de realización de los servicios, muda de tiempo que los proveedores tienen para transportar los insumos para la realización de los servicios de hidrosiembra, mudas de tiempo de transporte de los insumos de la hidrosiembra del almacén de las empresas al lugar en donde se realizarán los servicios, mudas de los desperdicios del material para realizar el servicio, mudas por sobre procesos, los datos de la persona que se encarga de la realización del servicio, la aplicación de procesos esbeltos o de Lean Thinking, análisis del tamaño de la empresa, cómo analizan las empresas los resultados económicos al brindar el servicio, tipo de control y planeación que se tiene implementado en la empresa.

Lo que se ha descubierto por medio del avance de la investigación, es que en todas las empresas de la República Mexicana que brindan el servicio de reforestación por medio de hidrosiembra que no subcontratan el servicio, se han encontrado las mudas en la realización del servicio, tales mudas son la muda de tiempo de realización de los servicios, Se estima que el 50% de las empresas consideran que de 10 a 20 minutos se pueden mejorar los tiempos de espera para hacer la mezcla de riego en la hidrosiembra por metro cuadrado para aplicar el proceso de hidrosiembra. El 50% de las empresas considera que de 10 a 15 minutos se podría mejorar los tiempos de espera para poner la manta biodegradable en el área erosionada por metro cuadrado para aplicar el proceso de hidrosiembra. Se tiene que el 37% de las empresas consideran que podrían mejorar más de 15 minutos los tiempos de espera para realizar el riego de la mezcla (sustrato o fertilizante) por metro cuadrado para aplicar el proceso de hidrosiembra.

Para establecer las mudas de tiempo que los proveedores tienen para transportar los insumos para la realización de los servicios de hidrosiembra y las mudas de tiempo de transporte de los insumos de la hidrosiembra del almacén de las empresas al lugar en donde se realizarán los servicios, es necesario revisar procesos e históricos de las empresas.

Las mudas de los desperdicios del material para realizar el servicio, el 62% de las empresas desperdicia de 4 a 10 kg de semillas por hectárea para realizar el servicio de hidrosiembra. Se estima que el 38% de las empresas desperdicia 5kg de mulch por hectárea para realizar el servicio. 75% de las empresas desperdicia por hectárea de 5 a 10 kg de sustratos. Se obtuvo que el 62% de las empresas se desperdician de 1 a 10 kg de manta biodegradable por hectárea para realizar el servicio. En el caso de litros de agua que se desperdician por hectárea para realizar el servicio es de más de 15 litros en el 63% de las empresas.

En las mudas por sobre procesos, el 50% de las empresas ha repetido de 1 a 2 veces el servicio de hidrosiembra en una misma zona. Se tiene que el 50% de las empresas repite el servicio por la falta de riego de agua después de haber colocado la manta biodegradable.

Además, se pudo analizar datos de la persona que se encarga de la realización del servicio, analizar si la empresa aplica en el servicio procesos esbeltos o de Lean Thinking, también se pudo analizar el tamaño de la empresa y como analizan los resultados económicos al brindar el servicio.

Se analizó el tipo de control y planeación que se tienen implementados en la empresa, el 40% de las empresas maneja el indicador del porcentaje de satisfacción del cliente, el 27% utiliza el porcentaje de satisfacción del cliente, el 20% de las empresas tiene implementado el porcentaje de avance programado del proyecto vs porcentaje de avance real proyectado, el 7% tiene el porcentaje de cumplimiento de metas de ventas y el 6% utiliza el Monto de facturación de contratos. El 62% de las empresas realiza una planeación para la implementación del servicio de hidrosiembra. El encargado del proyecto realiza la planeación para la implementación del servicio de hidrosiembra por cada contrato en el 67% de las empresas. Se encuentra que en el 56% de las empresas la persona

que coordina para que se lleve a cabo la realización del servicio de hidrosiembra por contrato es el encargado del proyecto

Todas las empresas en las que se está realizando la investigación tienen implementado certificaciones de calidad como el ISO 14000 Sistemas de Gestión Ambiental o de Empresa Socialmente Responsable, por lo cual las empresas tienen sistemas de calidad en donde llevan registros de información con lo que se podrá analizar los datos que se requieren para continuar con la investigación para poder concluir con el análisis de cruce de variables faltante.

### *Conclusiones*

Los resultados del avance de la investigación demuestran la muda de tiempo de realización de los servicios, la muda de tiempo que los proveedores tienen para transportar los insumos para la realización de los servicios de hidrosiembra, la mudas de tiempo de transporte de los insumos de la hidrosiembra del almacén de las empresas al lugar en donde se realizarán los servicios, la mudas de los desperdicios del material para realizar el servicio, la mudas por sobre procesos, también se obtuvieron análisis de los datos de la persona que se encarga de la realización del servicio, los análisis del tamaño de la empresa, de cómo analizan las empresas los resultados económicos al brindar el servicio, el tipo de control y planeación que se tiene implementado en la empresa.

### *Recomendaciones*

Los investigadores interesados en continuar la investigación podrían concentrarse en el análisis económico y de calidad en el uso de las diferentes biomantas que se podrían utilizar en el proceso de reforestación por medio de hidrosiembra, ya que con el análisis de la biomanta podría sugerir cual opción podría ser la mejor para reducir mudas y costos en la realización del servicio.

### **Referencias**

- Ceja, M. C. (2008). Degradación de los suelos y pobreza en México [en línea]. Disponible en: <URL: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/350/07ceja.pdf>> [Acceso el 18 de diciembre 2018].
- Comisión Nacional Forestal Conafor. (2017). Ciencias Biofisiológicas [en línea]. Disponible en: <URL: <https://www.gob.mx/conafor>> [Acceso el 18 de septiembre 2017].
- Coria Páez, A., & Pastor Roman, I., & Torres Hernández, Z. (2013). Propuesta de metodología para elaborar una investigación científica en el área de Administración de Negocios. *Pensamiento & Gestión*, (35), 1-24.
- Corral, Y. (2010). Diseño de cuestionarios para recolección de datos [en línea]. Disponible en: <URL: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n36/art08.pdf>> [Acceso el 6 de diciembre 2018].
- Flor del Bosque (2017). Fomento Forestar [Reforestación de Flor del Bosque] [en línea]. Disponible en: <URL: <http://www.flordelbosque.pue.gob.mx/index.php/acerca-de-flor-del-bosque/item/fomento-forestal>> [Acceso el 18 de septiembre 2017].
- Groover, M. (2014). *Introducción a los procesos de manufactura*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Gutiérrez, H. (2014). *Calidad y Productividad*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Gutiérrez, H. & De La Vega, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Lietz, P. (2010). Research into questionnaire design: A summary of the literature. *International Journal of Market Research*, 52(2), 249-272.
- Navarro, R. D. S. (Marzo 2014). El cuestionario un instrumento de recopilación de información y su integración. *Ingeniería y Tecnología*, 7 (15), 22-28.
- Pande, P., Neuman, R. & Cavanagh, R. (2004). *Las claves prácticas de Seis Sigma. Una guía dirigida a los equipos de mejora de procesos*, España.: McGraw-Hill.
- Programa del Desarrollo de las Naciones Unidas. (2017). Medio ambiente y pobreza, en detalle [en línea]. Disponible en: <URL: [http://www.teamstoendpoverty.org/wq\\_pages/es/visages/environnement\\_detail.php](http://www.teamstoendpoverty.org/wq_pages/es/visages/environnement_detail.php)> [Acceso el 18 de diciembre 2017].
- Rosete-Vergés, F., & Pérez-Damián, J., & Villalobos-Delgado, M., & Navarro-Salas, E., & Salinas-Chávez, E., & Remond-Noa, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20 (1), 21-35.
- Womack, J. & Jones, D. (1999). *Lean Thinking*. Estados Unidos de América, N. Y.: Simon & Scuster.

# Las estrategias de atención académica y la tutoría no presencial para minimizar las brechas digitales en periodo de confinamiento por covid-19: Caso de la Licenciatura en Educación Infantil de la UAN

Ramos Murillo Teresa de Jesús<sup>1</sup>, Rosa Virginia Torres Hernández<sup>2</sup>

**Resumen:** Se presenta la experiencia de la Licenciatura en Educación Infantil de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) que ha vivido durante la situación de pandemia causada por el Covid -19. El método utilizado fue a través de un diagnóstico participativo el cual se centró en la identificación de problemas y su priorización por parte de los docentes, detectando las necesidades académicas de los estudiantes, la flexibilidad administrativa para la evaluación del aprendizaje y la entrega de evidencias de aprendizaje en modalidades no convencionales y la implementación de la capacitación a distancia, así como la estrategia de acompañamiento del “programa de tutoría de pares”. La relevancia de dicho proyecto radica en la atención oportuna y pertinente para el desarrollo de las actividades académicas y administrativas realizadas tanto por la administración universitaria como por el programa de la licenciatura. Como resultados parciales de este proyecto ha sido una estructura más organizada desde la administración para el uso de plataformas y herramientas digitales, utilización de medios de comunicación más eficaces e inmediatos, mayor apoyo para minimizar las brechas digitales de docentes, administrativos y estudiantes.

**Palabras clave:** estrategias, tutoría no presencial, brechas digitales, docentes y estudiantes.

## Introducción

Los docentes del programa académico de Educación Infantil lograron detectar sus necesidades de capacitación y actualización en el uso de herramientas tecnológicas, además de las que presentaban los estudiantes debido a la suspensión de actividades presenciales determinada en el mes de marzo de 2020, cuando se realizaron los ajustes necesarios para culminar el periodo enero-junio en la modalidad virtual. Al iniciar el periodo académico correspondiente al semestre agosto –diciembre 2020, la Universidad Autónoma de Nayarit indica el uso del correo institucional, la plataforma Classroom y las herramientas de G-Suite para poder utilizarlas como estrategias para el aprendizaje de los estudiantes y además del uso de videollamadas por diversas aplicaciones como meet, zoom, skype y cisco webex. En la búsqueda de atender las necesidades emergentes de los docentes que integran esta unidad académica, se organizó e implementó un curso de capacitación sobre el uso de la plataforma classroom y herramientas digitales de apoyo. Los docentes definimos una estrategia de organización para poder impartir todas las unidades de aprendizaje con la estrategia educativa a distancia que se entiende como “La educación a distancia basada en nuevas técnicas de aprendizaje, dentro y fuera del aula, convierte al docente en un tutor; y al estudiante en un investigador proactivo, responsable de su propio aprendizaje”. Herrera Corona et al., (2009). Esta estrategia se consideró con un mayor nivel de eficiencia en la búsqueda del cumplimiento de los objetivos de aprendizaje y el logro de las competencias esperadas; aunque conocíamos el reto y las limitaciones que implica la modalidad virtual, procurando además incrementar el esfuerzo para brindar atención de tutoría y asesoría a todos los estudiantes sin excepción alguna. Así mismo era inherente la participación activa de los docentes en diversos foros, seminarios, conferencias sobre diversas temáticas de manera nacional e internacional.

Ante la situación de pandemia como se comentó anteriormente, la vivimos y hemos experimentado una experiencia bastante significativa y cuando se suspenden las clases presenciales el trabajo del periodo enero – junio se ve alterado. Debido a la premura y la sorpresa de esta condición que nos involucró a todos experimentamos una especie de incertidumbre para llevar a cabo nuestras funciones. Encontramos estudiantes que carecían de servicios de internet, equipos para hacer uso de la tecnología y se improvisó de la mejor manera para que se lograran culminar cada unidad

---

<sup>1</sup> La maestra Teresa de Jesús Ramos Murillo es docente y coordinadora de la Licenciatura en Educación Infantil de la Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México. Correo [teresaramos@uan.edu.mx](mailto:teresaramos@uan.edu.mx)

<sup>2</sup> La Dra. Rosa Virginia Torres Hernández es docente y enlace de tutoría académica del programa Licenciatura en Educación Infantil de la Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México. Correo [rosa.torres@uan.edu.mx](mailto:rosa.torres@uan.edu.mx)

de aprendizaje. Fue fundamental el apoyo desde rectoría en donde se extendió un periodo de trabajo para el mes de agosto y que los estudiantes tuvieran tiempo extra para lograr el envío de sus productos. Quienes tuvieron los medios lograron cerrar el semestre en tiempo y forma. Los estudiantes tuvieron la opción de dar de baja unidades de aprendizaje y cursar las que eligieran para no sentirse saturados debido al trabajo en línea.

Surge entonces la necesidad de encontrar estrategias de atención para los estudiantes que nos permitiera incluir a todos y cada uno de ellos, surge entonces, tanto por la coordinación como por el programa de tutorías de la Licenciatura en Educación Infantil la idea de integrar una tutoría de pares, además, del trabajo realizado por los tutores docentes. Para ello los autores Torrano Arenas et al (2016) nos proporciona la siguiente definición: “La tutoría entre pares es una estrategia pedagógica donde estudiantes, generalmente de semestres más avanzados, acompañan a sus pares de semestres inferiores en el refuerzo de los procesos de aprendizaje dentro de un área disciplinar”. Y precisamente es lo que nuestro programa desea realizar logrando una comunicación entre compañeros donde se puedan atender dudas y resolver inquietudes o situaciones académicas en un mejor uso de tiempo. Esto permitiría apoyar en la gestión de tipo administrativa, en orientación en uso de plataformas, en la información que el programa necesita conocer en el momento en que surja y en la detección de situaciones especiales de nuestros estudiantes.

La universidad Autónoma de Nayarit al igual que todas las Instituciones Educativas sigue las indicaciones para cancelar las actividades tanto académicas como administrativas de manera presencial y diseñó una guía para atención al público con vigencia hasta el mes de julio del 2020. A partir de este momento cada docente de la Licenciatura en Educación Infantil realizó un esfuerzo por localizar a cada uno de los estudiantes en el programa con el respaldo de la Coordinación de dicho programa. La Coordinación de Educación Infantil se enlaza con Control Escolar siguiendo indicaciones para que fueran los docentes quienes pudieran entregar calificaciones y se estableció un periodo de tiempo en el mes de agosto para atender a aquellos estudiantes que tuvieron limitaciones para culminar en tiempo y forma sus actividades académicas.

El periodo escolar enero – junio 2020 nos impactó de manera sorpresiva y causó bajas de estudiantes en el programa, incrementando el índice de deserción; algunos de las causas o factores más predominantes fueron alteraciones de tipo emocional y de salud causado por el estrés vivido del encierro. Se diseñan y organizan actividades que tomaron en cuenta la capacitación docente, grupos de comunicación con el uso de redes sociales, previamente establecidos tanto con docentes como con estudiantes, tutoría de pares, etc. para poner la práctica el humanismo que distingue a esta licenciatura pretendiendo que prevalezca la comunicación y el entendimiento entre docentes, entre estudiantes y que se logre de manera organizada el cumplimiento de nuestra labor como institución educativa. La UAN ha puesto a disposición diferentes herramientas digitales para la realización de reuniones de trabajo académico con docentes y estudiantes.

Por otro lado, la tutoría universitaria como lo comenta Cardozo-Ortiz, (2011) está siendo considerada como un apoyo no solo a estudiantes con problemas de bajo rendimiento académico sino una oportunidad de brindar acompañamiento enfocado a nuevas oportunidades de aprendizaje, así como el contar con una orientación en diversos momentos de su formación universitaria. En la Licenciatura de Educación Infantil encontramos que el trabajo de tutoría permite esa cercanía con los estudiantes que les brinda seguridad al desempeñarse como principales actores en su formación. Así mismo se requiere la preparación del docente para intervenir de forma apropiada con los estudiantes. En la Universidad Autónoma de Nayarit se brinda un acompañamiento a los estudiantes desde su ingreso, durante el tiempo en que realizan sus estudios y al finalizar sus estudios. Se ha buscado centrar en los estudiantes para que concluyan exitosamente su vida académica. Además cabe mencionar que “Los tutorados, por su parte, no temen admitir sus inquietudes y plantear preguntas gracias al clima de confianza que establecen con sus pares, sin la presión propia de la interacción maestro-estudiante” (Moliner-Miravet, Sales-Ciges & Moliner-García, 2014 como se citó en Chois . Lenis et al.,2017).

El programa de Tutoría Universitaria denominado (TU), contempla el acompañamiento, los procesos de gestión administrativa así como de gestión académica, asesoría académica, canalización hacia la atención psicopedagógica, participación en proyectos de participación social, integración a programas institucionales potenciadores, participación en actividades extracurriculares, apoyo en participación en actividades artísticas, culturales y deportivas, acompañamiento estudiantil orientado al resultado de la aplicación de instrumentos del programa TU. Todas estas actividades de acompañamiento tienen la finalidad de acompañar a los estudiantes abona a la mejora de la calidad de

vida de cada estudiante. Con la contingencia se han tenido que realizar ajustes sin dejar de atender en la medida de lo posible a los estudiantes. La finalidad y los objetivos de la tutoría no se han modificado, solo el medio para llevarlos a cabo es el que se ha tenido que ajustar de igual manera que todas las acciones universitarias pensando en la continuidad y el bienestar de cada programa académico.

El uso de la tecnología tanto en herramientas 2.0 como en plataformas digitales han sido un recurso de vital importancia para realizar nuestra labor docente y de la tutoría académica. La UAN en apoyo a los estudiantes y docentes ha diseñado estrategias de apoyo en el que se han realizado apoyos con tarjetas para uso de internet, solicitando donación de equipos de cómputo, celulares y habilitación de algunos espacios con internet con las medidas seguridad e higiene indicadas, con la intención de que y en palabras de nuestro rector Jorge Ignacio Peña González “ningún estudiante atrás” en la cual se determinó una campaña de empatía y apoyo universitaria a docentes, estudiantes y administrativos.

Los docentes iniciaron diversas capacitaciones en distintas áreas y programas de la misma universidad de manera gratuita en los que permitieron unificar criterios para facilitar el proceso enseñanza y aprendizaje. El programa de Educación Infantil sumándose a la capacitación de docentes al inicio del mes de agosto en el uso de classroom y herramientas digitales para la estrategia educativa a distancia.

En estos momentos todos los docentes del programa se encuentran atendiendo estudiantes de una forma organizada con todo el apoyo que la UAN brinda en este sentido. Respecto a la tutoría, el programa TU en este periodo escolar está proporcionando material adaptado a la situación en que nos encontramos de trabajo a distancia, con la finalidad de continuar trabajando y formando tutores que puedan brindar el acompañamiento deseado a los universitarios. Entre estos se elaboró una cápsula informativa con el tema “Programa TU y el acompañamiento de estudiantes desde la virtualidad” así como un video charla con duración de 36 minutos con el título “El replanteamiento del Programa de Tutoría Universitaria desde sus actores”. También se socializó el documento de texto de 11 cuartillas del "Programa TU y las acciones tutoriales" que han sido distribuidos en todas las unidades académicas y los programas académicos, incluido el programa de la Licenciatura en Educación Infantil en donde fundamenta su acompañamiento tutorial con todos y cada uno de los estudiantes.

#### **Descripción del Método**

Esta investigación es de tipo descriptiva la cual permite presentar un conocimiento basado en la realidad de una manera sistemática y buscando resultados cualitativos realizando observaciones y registros. La observación es primordial para la realización de este trabajo que será enfocado como un estudio de caso y donde se aplicarán formularios que nos permitan recabar la información para conocer y describir las acciones que se estarán realizando en la labor académica y de tutoría en la Licenciatura en Educación Infantil. (Rojas Cairampoma, Marcelo 2015).

Como este proyecto está iniciando se utilizó un diagnóstico participativo, el cual se centró en la identificación de problemas y su priorización por parte de los docentes, detectando las necesidades académicas de los estudiantes, la flexibilidad administrativa para la evaluación de aprendizaje y la entrega de evidencias de aprendizaje en modalidades no convencionales y la implementación de la capacitación a distancia, así como la estrategia de acompañamiento del “programa de tutoría de pares”.

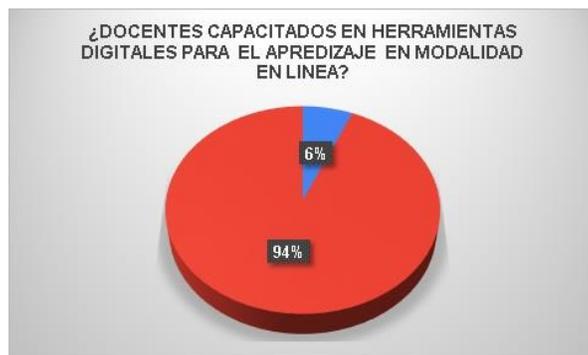
#### **Comentarios Finales**

La UAN ofertó cursos en línea sobre diseño instruccional para docentes ofrecido por la secretaria de académica, el centro especializado de educación virtual (CEEV) y la dirección de desarrollo del profesorado, las capacitaciones fueron en torno al uso de plataformas y herramientas digitales, la información presentada que se muestran en la gráfica 1 con un número total de 31 docentes que participan en el programa de Educación Infantil. Durante el periodo Julio-agosto se continuó con la capacitación para dar inicio a las labores docentes mediante el uso del correo electrónico institucional proporcionado a todos los estudiantes de la UAN, y la activación del mismo a algunos docentes, además, estableciendo el uso de classroom como la plataforma ideal para el trabajo académico, debido a las herramientas que se podían utilizar dentro del G-Suit.

La intención de realizar este trabajo es describir y registrar las acciones que se realizan en el uso de las herramientas digitales para el aprendizaje ha llegado para quedarse y están funcionando como parteaguas en el ámbito educativo a nivel mundial.

En la gráfica 2 se cuestionó a los estudiantes sobre su percepción del acompañamiento que recibían por parte de los docentes del programa en su proceso formativo y académico, de los cuales solo uno, no se sintió atendido

adecuadamente a sus necesidades. Un alto porcentaje de estudiantes mencionan que sí se sentía comprendido y asistido por sus maestros.

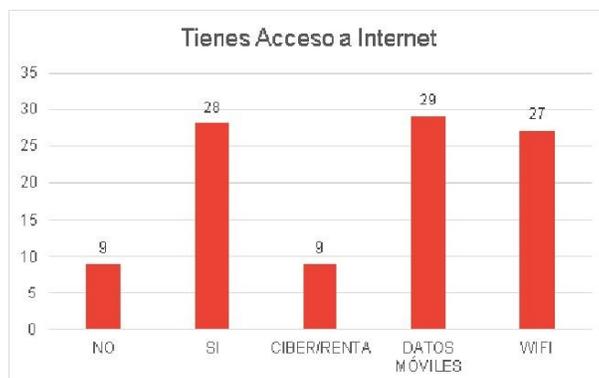


Gráfica 1

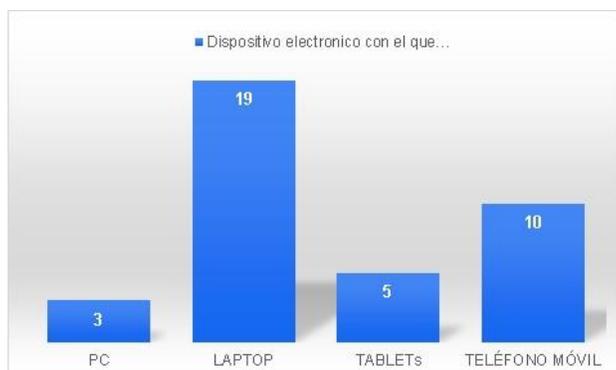


Gráfica 2

Los resultados del diagnóstico participativo de los 154 estudiantes del programa de Educación infantil, que a través del programa de tutorías se pudieron identificar a 37 que presentaban barreras de acceso al uso de herramientas digitales por falta de conectividad. Se presenta la gráfica 3 en donde se describe cuáles de ellos cuentan con acceso a internet y sus principales recursos de acceso. Lo relevante es que del total de estudiantes solo 9, no cuenta con ninguna equipo o recurso para poderse conectar, con ellos se tendría que trabajar bajo otras modalidades no convencionales como el uso de redes sociales. En cuanto a los tipos de dispositivos electrónicos con los que cuentan los estudiantes son PC, laptop, tablets y teléfono móvil se describen en la gráfica 4.



Gráfica 3



Gráfica 4

En cuanto a la tutoría académica de los estudiantes se les pregunto o cuestionó si era posible iniciar el periodo escolar de agosto-diciembre 2020 con estrategia educativa de educación a distancia como lo muestra la gráfica 5, por lo que el 19% de los estudiantes en ese momento consideraron que no era posible aprender en esta modalidad, mientras el 81% opinó lo contrario e incluso describió que esta modalidad le ha permitido desarrollar más habilidades en uso de estrategias digitales y mayor organización del tiempo para el estudio.



Gráfica 5

Los niveles de tutoría establecidos en el programa TU grupal e individual no era suficiente para la atención al 100% de los estudiantes y de acuerdo con la flexibilidad administrativa para el trabajo tutorial en modalidades no convencionales y la implementación de la capacitación a distancia, se determinó la estrategia de acompañamiento del “programa de tutoría de pares”, así el total de estudiantes fueron atendidos obteniendo respuestas satisfactorias a sus necesidades académicas por parte de sus iguales como describe en la gráfica 6.



Gráfica 6

La información que se recabó en este primer diagnóstico participativo de estudiantes y docentes del programa de Educación Infantil, permitirá dar continuidad al trabajo de la tutoría de pares con mayor efectividad en el momento en

el que la nueva normalidad nos permita regresar a nuestras actividades cotidianas y siguiendo todas las indicaciones que indique la Universidad Autónoma de Nayarit.

Esto nos permitirá en colegiado orientar la labor docente y la tutoría académica, dando continuidad al uso de las herramientas digitales y facilitando la preparación académica de nuestros estudiantes y considerando minimizar las brechas digitales entre los estudiantes del programa de Educación Infantil.

Es de suma importancia el poder llevar un registro de las experiencias que se vivirán durante este periodo escolar, así como evidenciar los esfuerzos realizados por docentes y estudiantes para que esta condición en la que nos encontramos a causa del COVID-19 no detenga nuestra una de las funciones fundamentales como es la construcción de conocimiento.

### Referencias

- Cardozo-Ortiz, Claudia Esperanza (2011). Tutoría entre pares como una estrategia pedagógica universitaria. *Educación y Educadores*, 14(2),309-325. [fecha de Consulta 28 de septiembre de 2020]. ISSN: 0123-1294. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=834/83421404006>
- Comunicado Oficial de la Universidad Autónoma de Nayarit de fecha 13 de febrero 2020 <http://www.uan.edu.mx/es/comunicados>
- Chois-Lenis, Pilar Mirely, & Casas-Bustillo, Adriana Carolina, & López-Higuera, Armando, & Prado-Mosquera, Diana Marcela, & Cajas-Paz, Edwin Yamir (2017). Percepciones sobre la tutoría entre pares en escritura académica. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 9(19),165-184
- Herrera Corona, Laura, & Mendoza Zaragoza, Norma Elena, & Buenabad Arias, Ma. de los Ángeles (2009). Educación a distancia: una perspectiva emocional e interpersonal. *Apertura*, 9(10),62-77.
- Molina Aviles, Margarita (2004). La tutoría. Una estrategia para mejorar la calidad de la educación superior. *Universidades*, (28),35-39. [fecha de Consulta 28 de septiembre de 2020]. ISSN: 0041-8935. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=373/37302805>
- Rojas Cairampoma, Marcelo (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(1),1-14. [fecha de Consulta 6 de octubre de 2020]. ISSN. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=636/63638739004>
- Torrado Arenas, Daniel Mauricio, Manrique- Hernández, Edgar Fabián and Ayala-Pimentel, Jaime Otoniel (2016). La tutoría entre pares: una estrategia de enseñanza y aprendizaje de histología en la Universidad Industrial de Santander Peer tutoring: a strategy of teaching and learning of histology at Universidad Industrial de Santander. *Medicas UIS* [online]. 2016, vol.29, n.1, pp.71-75. ISSN 0121-0319. <http://dx.doi.org/10.18273/revmed.v29n1-2016008>.
- UAN, (2020) Texto "Programa TU y las acciones tutoriales" (Texto de 11 cuartillas que facilita la respuesta al formulario "Acciones tutoriales").
- Vídeo, UAN (2020) "Programa TU y el acompañamiento de estudiantes desde la virtualidad" (Duración 2 minutos 36 seg). <https://www.facebook.com/watch/?v=361538121519962&extid=yf0lAdZpo5pdfsZp>
- Vídeo charla UAN (2020) "El replanteamiento del Programa de Tutoría Universitaria desde sus actores" (Duración 36 minutos) <https://youtu.be/U-6NgHC5z7o>

### Notas Biográficas

La maestra **Teresa de Jesús Ramos Murillo** es docente, investigadora y coordinadora de la Licenciatura en Educación Infantil en la unidad académica de Educación y Humanidades de la Universidad Autónoma, miembro del cuerpo académico de Procesos socioeducativos. Es maestra en Docencia por el Instituto México-cubano del Milenio, ha publicado artículos en congresos nacionales e internacionales.

La maestra **Rosa Virginia Torres Hernández** es docente investigadora de la Licenciatura en Educación Infantil con maestría en Administración empresarial, Maestría y doctorado en educación y tecnología educativa. Con credencial en Educación Montessori.

# SEMILLAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) COMO FUENTE NO CONVENCIONAL PARA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO

Dra. Emma Gloria Ramos Ramírez<sup>1\*</sup>, Biol. María del Pilar Méndez Castrejón<sup>2</sup>,  
Ing. Carlos García Pérez<sup>3</sup> y Dr. Juan Alfredo Salazar Montoya<sup>4</sup>

**Resumen** — El almidón es un constituyente importante de todas las fuentes vegetales, que lo utilizan durante la germinación, el crecimiento y como reserva energética. Las fuentes comunes de almidón son los cereales y los tubérculos; sin embargo, fuentes no convencionales como endospermos de semillas, por ejemplo: mango (Medina, *et al.*, 2010) y tamarindo, han despertado interés por sus posibles usos en la industria de alimentos. En este trabajo se estudia el almidón de semillas de guanábana (*Annona muricata* L.). Este fruto es apreciado en diversos países de Europa y de América, como México, por su pulpa aromática y su sabor. Sus semillas son consideradas bioproductos y actualmente no se aprovechan. El objetivo de este estudio fue comparar diferentes métodos de extracción del almidón de endospermos de semillas de guanábana, para determinar la eficiencia sobre el rendimiento y la calidad del almidón nativo. En conclusión, los rendimientos demostraron que existen efectos limitantes tanto del solvente usado en los métodos de extracción como de las proteínas presentes (impurezas). Los resultados obtenidos apoyan el desarrollo de un método para obtención de almidón puro a partir de esta fuente, esto permitirá propuestas de posibles aplicaciones de este almidón que pueden darle valor agregado al cultivo.

**Palabras clave** — Guanábana, semillas, almidón, métodos de extracción.

*SOURSOP SEEDS (Annona muricata L.) LIKE UNCONVENTIONAL SOURCE TO OBTAIN NATIVE STARCH*

**Abstract** — Starch is an important constituent from all vegetable sources, which use it during germination, growing and like energy reserve. Starch common sources are cereals and tubers; however, unconventional sources like seed endosperms, for example: mango (Medina, *et al.*, 2020) and tamarind have aroused interest for their uses in food industry. In this work the starch from soursop seeds (*Annona muricata* L.) is studied. This fruit is very appreciated in many countries from Europe and America, like Mexico, for its aromatic pulp and taste. Its seeds are considered bioproducts and actually they are not used. The objective of this study was to compare different extract methods for starch from soursop seeds, to determinate the efficiency over the yield and quality of native starch. In conclusion, yields showed that there are limiting effects of both used solvent in the extraction methods and the proteins present (impurities). With the obtained results the develop of a better method to obtain pure starch from this source is supported, this bases the approach of possible applications of this starch, which can give value added to crop.

**Keywords** — Soursop, seeds, starch, extraction methods.

<sup>1</sup> Dra. Emma Gloria Ramos Ramírez (\*autor de correspondencia), es Investigadora Titular en el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. eramos@cinvestav.mx

<sup>2</sup> Biol. María del Pilar Méndez Castrejón, es Auxiliar de Investigación en el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. mpmendez@cinvestav.mx

<sup>3</sup> Ing. Carlos García Pérez, es Estudiante de Ingeniería Bioquímica, Residente Profesional en el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. carlosgape97@gmail.com

<sup>4</sup> Dr. Juan Alfredo Salazar Montoya, es Investigador Titular en el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. jsalazar@cinvestav.mx

### Introducción

El almidón es un compuesto de reserva abundante en fuentes vegetales, principalmente tubérculos (Ortiz, *et al.*, 2015) y semillas de cereales. En la industria alimentaria es ampliamente usado como espesante y texturizante (Chaputel, *et al.*, 1990), entre otros. Por sus propiedades químicas y físicas es un compuesto que tiene la capacidad de formar biopelículas y recubrimientos comestibles que contribuyen no sólo a la conservación de un alimento, sino que, formulado de manera apropiada, puede adquirir propiedades funcionales como capacidad antioxidante o antimicrobiana. Además de las fuentes tradicionales de almidón (papa, maíz, frijol, entre otras) existe el interés por la extracción de almidón a partir de fuentes no convencionales, como son algunos productos considerados como desechos en la industria de la extracción de pulpas o jugos y de fuentes vegetales, tal es el caso de las semillas de guanábana (*Annona muricata* L.). La guanábana (Figura 1) pertenece a la familia *Annonaceae*, la cual se encuentra distribuida en áreas tropicales de América, África y Asia; dicha familia comprende 135 géneros y 2,500 especies, de las cuales la chirimoya (*A. cherimola*), la anona (*A. reticulata*), el saramuyo (*A. squamosa*) y la guanábana (*A. muricata*) destacan por su importancia comercial; ésta última es la de mayor tamaño en comparación con las otras especies (Worrell, *et al.*, 1994).



Figura 1. *Annona muricata* L. A: Árbol; B: hojas; C: flor; D: frutas. (Zorofchian, *et al.*, 2015).

La guanábana produce frutos comestibles altamente perecederos cuyo peso puede oscilar entre 1 y 5 Kg, con más de 100 semillas/fruto de 1 a 2 cm de longitud (Jiménez, *et al.*, 2014). Su valor comercial se concentra en el consumo en fresco de su pulpa para su uso en la elaboración de nieves, dulces y conservas. Nayarit, Michoacán, Colima, entre otros Estados de la República Mexicana, se encuentran entre los principales productores y exportadores de este fruto a nivel mundial (SIAP, 2014). En diversos estudios se han reportado propiedades anticancerígenas de extractos obtenidos a partir éstas, así como también propiedades antioxidantes y ácidos grasos omega 3, 6 y 9, entre muchas otras características. No obstante, poco o nada se sabe sobre el contenido de almidón de dichas semillas. Goñi, *et al.*, (2008) obtuvieron almidón a partir de pulpa de chirimoya (*Annona cherimola* Mill), reportando que el contenido de almidón, como en muchos frutos, disminuye conforme el fruto madura y que la presencia de fibra, azúcares reductores y proteínas pueden modificar algunas de las propiedades del almidón.

La extracción de almidón de fuentes no convencionales, como son las semillas de frutos, generalmente se ha logrado con métodos de extracción acuosos; sin embargo, hasta el momento en la literatura revisada no se cuenta con datos sobre extracción en semillas de guanábana. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue establecer las condiciones de extracción del almidón a partir de una fuente no convencional como los endospermos de semillas de guanábana.

### Materiales y Métodos

Para este estudio se usaron endospermos de semillas de guanábana maduros. Los cuales fueron molidos (molino analítico Hanke & Kunkel Mod. A-10) a un tamaño de partícula de 500  $\mu\text{m}$ . Esta muestra fue desengrasada en un sistema Soxhlet con éter de petróleo por 48 h. Las muestras resultantes se molieron y tamizaron para obtener un tamaño de partícula de 250  $\mu\text{m}$ . Las muestras se sometieron a un segundo desengrasado por 24 h con éter de petróleo y se realizó su análisis químico proximal de acuerdo con los métodos de la AOAC (1990).

La muestra desengrasada se utilizó para la extracción de almidón nativo de acuerdo con las siguientes metodologías: Chandra, *et al.*, (2018); Admassu, *et al.*, (2006) y Sánchez-Hernández, *et al.*, (2002). A todos los métodos se les hicieron modificaciones pertinentes para la muestra en estudio. Para cada metodología se obtuvieron los porcentajes de rendimiento de almidón y se hizo la prueba cualitativa de lugol para determinar la presencia de

almidón. Debido a que el almidón puede tener interacciones con algunos otros componentes de la muestra, se les eliminó la proteína a todas las muestras de los métodos estudiados, mediante un tratamiento enzimático de acuerdo con Lee, *et al.*, (1992). El almidón nativo, así como el desproteínizado, fueron analizados para determinar el contenido de proteínas y azúcares totales (AOAC, 1990).

### Resultados y Discusión

En estudios previos de extracto etéreo en endospermo de semillas de guanábana, Restrepo, *et al.*, (2010) y Chaparro, *et al.*, (2014) obtuvieron un valor de 22 y 24.2%, respectivamente, siendo menores al porcentaje de extracción de 40.31 % obtenido en este estudio. Sin embargo, Solís, *et al.*, (2010) reportó un valor de 37.7%. En este estudio el contenido de grasa total se presenta en la Tabla 1, valor mayor aún a lo reportado previamente por nuestro grupo de trabajo (Ramos-Ramírez, *et al.*, 2017). Aunque para los demás componentes hubo ligeras variaciones, estos se conservan dentro de un rango aceptable de variación el cual puede estar determinado por el menor contenido de humedad en la muestra de 2017.

Componente	Fracción (b.s.) (%)	Ramos-Ramírez, <i>et al.</i> , (2017) (%)
Grasa	40.31 ± 0.26	33.75 ± 4.95
Humedad	5.13 ± 0.25	4.94 ± 0.09
Cenizas	3.06 ± 0.39	3.14 ± 0.14
Fibra cruda	14.39 ± 0.10	14.81 ± 1.1
Proteínas	23.35 ± 0.84	28.71 ± 0.06
Carbohidratos*	13.74	14.65

(b.s.): base seca; \*: por diferencia.

La diferencia en el contenido de grasa pudo estar determinada por el doble proceso de desengrasado de la muestra, así como a posibles variaciones entre lotes de semillas.

En la Tabla 2 se presentan los rendimientos de extracción de almidón, correspondientes al método y muestra utilizadas, donde el porcentaje de extracción fue mayor al 10%. Los métodos ensayados, en general consideran la reducción del tamaño de partícula para la extracción con solvente y una filtración con malla 120. Posteriormente, el filtrado se centrifuga y se colecta el precipitado que corresponde al

Método	Muestra	Solvente de extracción	Rendimiento (%)
Chandra, <i>et al.</i> , 2018 (vía alcalina)	HEDS	NaOH 0.1 M	22.2099
	HEDF	NaOH 0.1 M	13.7548
Admassu, <i>et al.</i> , 2006 (vía acuosa)	HEDS-RA	Agua, 124.7 h	35.5489
	HEDF-RA	Agua, 3.4 h	32.0292
Chandra, <i>et al.</i> , 2018 (vía ácida)	HEDS	HCl 0.01 N	11.0227
	HEDS	HCl 0.10 N	22.7045
Sánchez, <i>et al.</i> , 2002 (vía HgCl)	HEDS-DF	HgCl 0.01M	33.6160

HEDS: Harina de Endospermo Desengrasada en Soxhlet (con éter de petróleo).  
HEDF: Harina de Endospermo Desengrasada en Frío en Sonicador (con hexano).  
RA: Remojada en Agua. DF: Desengrasado en Frío en Sonicador (con hexano).

almidón. Las muestras fueron sometidas a uno o dos procesos de extracción de lípidos previo a la extracción del almidón, logrando un rendimiento de extracción entre 11.02 % (en vía ácida) y 35.55 % (en vía acuosa). Cabe mencionar que se ensayaron diversas condiciones de tiempos de remojo, horas de desengrasado y polaridad de solventes. En cada ensayo y en cada fracción obtenida se determinó la presencia o ausencia de almidón mediante la adición de lugol.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, los métodos por vía ácida y alcalina de Chandra, *et al.*, (2018) presentaron rendimientos de extracción entre 11.02 y 22.70 %, aportando con una mayor claridad en la coloración de las muestras, en comparación con los demás métodos. El método de Admassu, *et al.*, (2006) consistente en el desengrasado en frío, no fue desproteínizado por lo que el rendimiento obtenido fue mayor a 30 %. Con el método de Sánchez-Hernández, *et al.*, (2016) se obtuvo un rendimiento de extracción del 33.62 %. No obstante, con este

método el color atípico del almidón obtenido hizo sospechar de la presencia de contaminantes de algún componente proteico o graso, o incluso alguna interacción con azúcares que estuvieran proporcionando el color por posibles reacciones de oscurecimiento (Baldwin, 2001). Por lo anterior se seleccionaron algunas muestras de almidón para eliminar las proteínas residuales (Lee, *et al.*, 1992). Así mismo se obtuvieron aislados proteicos de la harina de endospermo desengrasada (Chaparro, *et al.*, 2014). En todas las muestras seleccionadas se hizo la determinación de azúcares solubles totales y de proteínas (AOAC 1990).

En las muestras seleccionadas, el contenido de azúcares solubles en el almidón crudo y desproteínizado así como en la harina de endospermo desproteínizadas osciló entre el 9.81 % y 59.85 %, lo que muestra que parte de los azúcares pueden estar constituyendo una fuente de contaminación, debida posiblemente a hidrólisis del almidón o ineficiencia de los lavados. La muestra que mostró menor contaminación de azúcares solubles fue la de almidón extraído con el método de Sánchez-Hernández, *et al.*, (2002).

Con relación a la posible presencia de proteínas en el almidón nativo, las muestras seleccionadas mostraron una disminución en su contenido después de la desproteínización enzimática (Figura 2). El contenido de proteína en el almidón crudo obtenido con el método de Admassu, *et al.*, (2006) se redujo en un 50%. En el endospermo completo la proteína se redujo 79% después del tratamiento enzimático. A pesar de que el rendimiento de extracción con el método reportado por Sánchez-Hernández, *et al.*, (2002) fue similar al de Admassu, *et al.*, (2006) su contenido de proteínas fue muy similar al de la harina del endospermo desengrasado (21.7%).

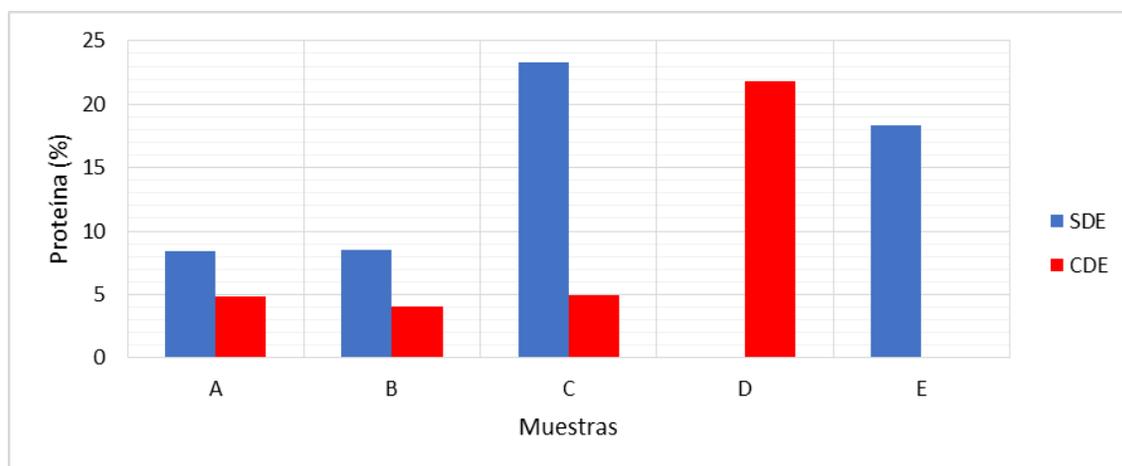


Figura 2. Contenido de proteínas en muestras de almidón nativo de harina de semillas de guanábana. SDE: sin desproteínizar, CDE: con desproteínizado. A: almidón nativo (Admassu, *et al.*, 2016); B: precipitado retenido en malla 120; C: harina desengrasada en Soxhlet; D: almidón nativo (Sánchez-Hernández, *et al.*, 2002); E: aislado proteico de endospermo (Chaparro, *et al.*, 2014).

Baldwin (2001) sugiere la importancia que puede tener la presencia de proteínas en el almidón, este componente puede estar tanto sobre la superficie de los gránulos de almidón como dentro de ellos y puede influir sobre las propiedades del almidón y sobre los productos elaborados con éste. El contenido de proteínas en el almidón depende del origen botánico y del grado de purificación, en el almidón obtenido de cereales suele ser de aproximadamente 0.25% en tanto que en el obtenido a partir de tubérculos puede ser de 0.05%. El contenido de proteínas obtenido en este estudio para almidón de semillas de guanábana supera los valores reportados previamente para cereales y tubérculos.

### Comentarios finales

#### Conclusiones

La eficiencia de extracción de almidón de los métodos ensayados en este estudio, con respecto a lo reportado en otras fuentes como lo es el endospermo de mango, resultó baja debido principalmente al tipo y tamaño de las semillas.

La desproteínización enzimática del almidón nativo de guanábana resultó ser una buena estrategia para purificar las muestras en los diversos métodos estudiados.

Los métodos por vía ácida y vía alcalina de Chandra, *et al.*, (2018) son recomendables para mantener la claridad del almidón nativo.

La optimización de la extracción del almidón de muestras previamente desengrasadas y desproteinizadas ayuda a eliminar contaminantes y obtener un almidón suficientemente puro para avanzar en el conocimiento de sus propiedades y posibles aplicaciones.

### Referencias

- Admassu, E., Meaza, M. y Kumar, S. (2006). Physico-chemical properties, pasting behavior and functional characteristics of starches from improved bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal. Manuscript FP 05 015*. 8: 1-19.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). Official Methods of Analysis. (16a edition). Gaithersburg.
- Baldwin, P. M. (2001). Starch Granule-Associated Proteins and Polypeptides: A Review. *Starch/Stärke*. 53: 475-503.
- Chandra, C., Harini, K., Vajjha, B., Lalitha, U., Maria, P., Babuskin, S., Karthikeyan, S. Sudharshan, K, Renuka, V. y Sukumar, M. (2018). Extraction and characterization of polysaccharides from tamarind seeds, rice mill residue, okra waste and sugarcane bagasse for its Bio-thermoplastic properties. *Carbohydrate polymers*. 186: 394-401.
- Chaparro, S. P., Taver, M. L., Martínez, J. J., Gil, J. H. (2014). Propiedades funcionales de la harina y de los aislados proteicos de la semilla de guanábana (*Annona muricata*). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 17(1): 151-159.
- Goñi, O., Escribano, M. L., Merodio, C. (2008). Gelatinization and retrogradation of native starch from cherimoya fruit during ripening, using differential scanning calorimetry. *LWT*. 41: 303-310.
- Jiménez, V., Gruschwitz, M., Schweiggert, R., Carle, R. y Esquivel, P. (2014). Identification of phenolic compounds in soursop (*Annona muricata*) pulp by high-performance liquid chromatography with diode array and electrospray ionization mass spectrometric detection. *Food Research International*. 65: 42-46.
- Lee, S. C., Prosky, L., and De Vries, J. W. (1992). Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods by Enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: Collaborative study. *J. AOAC Int*. 75, 395-416.
- Medina, C., Paredes, A., Rodríguez, M., Moreno, M., Belén, D., García, D. y Ojeda, C. (2010). Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango. *Bioagro*. 22 (1): 67-74.
- Ortiz, S. I. A., Álvarez, R. V. de P., González C. G., Valenzuela, N. L. M., Potisek, T. M. C., Chávez S. J. A. (2015). Concentración de almidón y proteínas solubles en tubérculos de *Caladium bicolor* en diferentes etapas fenológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6 (3): 483-494.
- Ramos-Ramírez, E. G., Méndez-Castrejón, M. P., Pérez-Valdez, D. y Salazar-Montoya, J. A. (2017). Caracterización química de fracciones de chirimoya (*Annona cherimola*) y guanábana (*Annona muricata*). *Congreso Encuentro de la mujer 2017*. León, Gto.
- Restrepo, J., Vinasco, L. E. (2010). Evaluación Fisicoquímica de la Fracción Lipídica de las Semillas de Guanábana (*Annona muricata*) y la Chirimoya (*Annona cherimola*). Colombia: Universidad del Valle. 14, 117-124.
- Sánchez-Hernández, L., Solorza-Feria, J., Méndez-Montalvo, G., Paredes-López, O. y Bello-Pérez, L. A. (2002). Isolation and partial characterization of okenia (*Okenia hypogaea*) starch. *Starch/Stärke*. 54: 193-197
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2014). Producción Agrícola. México. Consultado 27-01-2016 en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Solís, J. A., Amador, C., Hernández, M. R., Durán, M. C. (2010). Caracterización Fisicoquímica y Comportamiento Térmico de Aceite de "Almendra" de Guanábana (*Annona muricata*, L.). México: UNAM. 61 (1), 58-66.
- Worrell, D., Sean, C. y Huber, D. (1994). Growth, maturation, and ripening of soursop (*Annona muricata* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*. 57: 7-15.
- Zorofchian, S., Fadaeinasab, M., Nikzad, S., Mohan, G., Mohd, H. y Abdul, H. (2015). *Annona muricata* (*Ammonaceae*): A review of its traditional uses, isolated acetogenins and biological activities. *International Journal of Molecular Sciences*. 16: 5625-15658.

# Omitlán de Juárez estado de Hidalgo: un análisis desde la oferta y demanda turística

Pedro Alfonso Ramos Sánchez<sup>1</sup>, Abraham Briones Juárez<sup>2</sup>, Carolina González Espinoza<sup>3</sup>, Judith Alejandra Velásquez Castro<sup>4</sup>

**Resumen** - En el estado de Hidalgo existen 84 municipios, Omitlán de Juárez es uno de ellos. Muy cercano a Mineral del Monte, Huasca de Ocampo y Mineral del Chico todos ellos municipios de relevante importancia turística en el país ya que tienen reconocimiento de pueblos mágicos. En el caso de Omitlán de Juárez también tiene una importancia turística, por su cultura, historia y recursos naturales y que además forma parte del corredor de la montaña y de la red global de geoparques. A través de un estudio exploratorio, aplicando 307 encuestas a visitantes con un nivel de confianza de 95 y margen de error de +/- 6, revisión teórica y observación se realizó un análisis de fortalezas, oportunidades y debilidades amenazas incluyendo datos de la oferta y demanda turística donde se consideró un inventario turístico y sus jerarquías, su infraestructura, estructura y supraestructura, así como los datos relevantes de una encuesta a visitantes en referencia a su visita en el destino. Las principales conclusiones apuntan a la necesidad de mejorar productos turísticos, mercadotecnia, imagen del destino y una planeación integral turística ya que tiene un gran potencial.

**Palabras clave**- Omitlán de Juárez, oferta turística, demanda turística, Turismo

## Introducción

Omitlán de Juárez, municipio en el estado de Hidalgo caracterizado por su riqueza en recursos naturales, culturales y amplio valor para el turismo, está rodeado de pueblos mágicos que son reconocidos por la Secretaría de Turismo y de forma internacional pertenece a una red global de geoparques, está dotado de una oferta de hoteles, cabañas y restaurantes capaz de detonar el turismo ya que también cuenta con salones para eventos, una tirolesa y espacios naturales para el turismo alternativo e sus modalidades rural, aventura y ecoturismo, la demanda actual de visitantes sugiere identificar segmentos que permitan ofrecer servicios diferenciados y mejorar y establecer nuevos productos turísticos, un análisis de fortalezas oportunidades debilidades y amenazas ayudó a fijar estrategias para este destino turístico.

## Descripción del método

Es un estudio exploratorio que consta de una parte documental para identificar las características del municipio de Omitlán de Juárez y la oferta de servicios turísticos en el destino y otra parte de campo para conocer el origen características y comportamiento de los visitantes que consistió en una encuesta a 307 visitantes con un nivel de confianza de 95.5% y un margen de error de +/-6, al final se ordenaron los datos obtenidos en una matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) para su análisis respectivo.

## Comentarios finales

### Resumen de resultados

Omitlán de Juárez y su estructura turística

En el estado de Hidalgo existen 84 municipios, en las claves municipales Omitlán de Juárez es considerado como el número 045, tiene una superficie de 110.5 km<sup>2</sup>. Tiene límites al norte con Mineral del Chico, Atotonilco el Grande y Huasca de Ocampo; al sur con Singuilucan, Epazoyucan y Mineral del Monte; al este con Huasca de Ocampo

<sup>1</sup> Pedro Alfonso Ramos Sánchez Dr.(Autor corresponsal). Es profesor investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en el Instituto de Ciencias Económico Administrativas (ICEA) en la Licenciatura en Turismo. México (**autor corresponsal**) correo electrónico: pedro\_ramos3944@uaeh.edu.mx

<sup>2</sup> Abraham Briones Juárez Dr. Es profesor investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en el Instituto de Ciencias Económico Administrativas (ICEA) en la Licenciatura en Turismo. México, correo electrónico:abraham\_briones6894@uaeh.edu.mx

<sup>3</sup> .Carolina González Espinoza Dra. Es profesora investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en el Instituto de Ciencias Económico Administrativas (ICEA) en la Licenciatura en Turismo. México, correo electrónico: cgesp@uaeh.edu.mx

<sup>4</sup> Judith Alejandra Velásquez Castro Dr. Es profesora investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en el Instituto de Ciencias Económico Administrativas (ICEA) en la Licenciatura en Turismo. México. Correo: judith\_velazquez@uaeh.edu.mx

y al oeste con Mineral del Monte y Mineral del Chico. Su población en 2015 es, acorde a cifras del Instituto de Estadística Geografía (INEGI). De 9,636 habitantes y está conformada por 28 comunidades, 5 barrios y con cinco ejidos. La población económicamente activa de este municipio es de 35%. Sus habitantes se ocupan en las siguientes actividades: en el sector primario predominan las relacionadas con la agricultura, aprovechamiento forestal, la caza y la pesca, en el sector secundario destacan las actividades mineras, industrias manufactureras y la construcción y en el sector terciario repuntan las actividades comerciales, turismo y gobierno.

El nombre de Omitlán es 100% de origen Náhuatl y quiere decir por sus raíces “Ome” dos y “Tlan” lugar, es decir el lugar de dos, que hace referencia a los dos crestones de la Peña del Zumate, que también lo relacionan con “dos muelas”, también puede relacionarse con Comitlán cuya raíz es “comitl” que significa ollas en este caso, lugar de ollas.

Está ubicado el eje neovolcánico formado por sierra en un 80% y menor grado por llanuras, en una cañada rodeada por las montañas conocidas como Cerro Gordo, Cerro del Gallo y Peña del Zumate. En cuanto a hidrografía cuenta con los ríos Amajac y Bandola que desemboca en la presa de los Angeles.

Desde la ciudad de México la distancia es de 116 Km. Y la duración aproximada es de 2 horas. Desde Pachuca, Hidalgo la distancia es de 23 km. Y un tiempo de 35 minutos por la carretera utilizando el boulevard Luis Donaldo Colosio que conecta con la carretera 105 Pachuca – Huejutla.

A continuación se presentan los principales atractivos turísticos y su jerarquización considerando que es el poder de atracción que tiene cada uno de sus recursos para el turismo, considerando la jerarquización sugerida por Quesada (2005).

Jerarquía 5: atractivo excepcional y de gran significación para el mercado turístico internacional, jerarquía 4: atractivo con rasgos excepcionales en un país, capaz de motivar una corriente (actual o potencial) de visitantes del mercado interno o externo pero en menor porcentaje que los de la jerarquía 5, jerarquía 3: atractivo con algún rasgo llamativo capaz de interesar a visitantes de larga distancia, ya sea del mercado interno o externo, jerarquía 2: atractivos con un radio de influencia mayor pero no lo suficiente para motivar por sí solos al viaje turístico, funcionan si se complementan con otros de mayor jerarquía, implican pernocte en forma excepcional, Jerarquía 1: atractivos sin méritos, que por sus atributos sólo son conocidos a nivel local, no implica pernocta. Pueden complementarse con atractivos turísticos de mayor jerarquía y jerarquía 0: atractivos cuyas cualidades no permiten incorporarlos a la jerarquía 1, que es el umbral mínimo de jerarquización. (Quesada, 2005). Véase cuadro 1

Categoría	Atractivo	Jerarquía
1. Sitios naturales	Cascada la Bandola, Peña del Zumate	3
2. Museos y manifestaciones culturales e históricas	Iglesia de Nuestra Sra. del Refugio Anteriormente llamada Parroquia de la Asunción, Estadio de Béisbol Beto Avila	2
	Ex hacienda Venta de Guadalupe	2
	Puente del Carmen	2
	La exhacienda de Velasco, construída en el siglo XVIII.	2
	Monumento en honor a Don José María Pérez, ubicado en la plazuela de la calle Aquiles Serdán.	1
	Monumento en honor al Dr. Ricardo E. Manuel, ubicado frente a la escuela Carlos Sánchez Mejorada.	1
3. Folklore	Gastronomía La localidad se distingue por la elaboración de vinos de manzana, zarzamora, anís y menta, que se pueden adquirir con los diversos productores. Caldo de	3

	hongo,enchiladas, plato huasteco,mixiotes, barbacoa, carnitas, quesadillas tlacoyos, chalupas. Frutas diversas como manzana, peras, tejocotes, cahuiche, ciruelas	3
4. Realizaciones técnicas científicas o artísticas contemporáneas	Artesanías de barro, canastas de papel mache, vinos y licores artesanales y criadero de trucha en comunidad La Lagunilla	2
5. Acontecimientos programados	Fiesta de la Manzana. Del 27 de junio al 6 de julio Festival del cahuiche en noviembre Tirolesa, <i>gotcha</i> y rutas de ciclismo de montaña y senderismo	3

Cuadro 1. Jerarquización de los atractivos turísticos en Omitlán de Juárez

Fuente: Elaboración propia a partir de Boullón (1985. p. 45).

Destaca en su estructura turística, una importante red de hospedaje dotando de hoteles y cabañas en el pueblo y periferia tanto las cabañas como los hoteles tienen presencia en redes sociales y anuncios locales. En el caso de los establecimientos para el consumo de alimentos y bebidas existe ya un conjunto restaurantes y área gastronómica que satisface la demanda actual, sin embargo los resultados de las encuestas a visitantes mencionan la inquietud de que existan más restaurantes, hoteles, actividades para hacer y para ver. Véase cuadro 2 y 3

Tipo de establecimiento de hospedaje	Número
Hotel Los Arcos	10 habitaciones
Hotel El Ángel y salón de eventos	29 habitaciones
Hotel Casa Manning	15 habitaciones
Hotel Hacienda Venta de Guadalupe y salón de eventos	20 habitaciones
Cabañas San Antonio	20 Cabañas
Proyecto cabañas en el camino al paso y salón de eventos	30 cabañas
Rincón de las estrellas	7 cabañas
Hospedaje Campestre	7 cabañas

Cuadro 2 Establecimientos de hospedaje en Omitlán de Juárez  
Fuente: Elaboración propia

Nombre establecimientos de alimentos y bebidas	Giro
El Aviadero	Restaurante – café
Entre Peras y Manzanas	Cocina de la región
Los Arcos	Cocina de la región
El Refugio	Cocina de la región
Los Asados	Carnes asadas
Área gastronómica del mercado 20 de noviembre	Platillos típicos y antojitos

Cuadro 3 Establecimientos de Alimentos y bebidas  
Fuente: Elaboración propia

### Rodeado de Pueblos Mágicos y parte de la red global de Geoparques

En México 111 destinos cuentan con el reconocimiento del programa Pueblos Mágicos desarrollado por la Secretaría de Turismo (SECTUR). Los Pueblos mágicos son localidades con atributos simbólicos, leyendas, historia, hechos trascendentes y manifestaciones socio-culturales, y que significan hoy en día una gran oportunidad para el aprovechamiento turístico (SECTUR, 2017).

El municipio de Omitlán de Juárez es muy cercano a Huasca de Ocampo, Mineral del Monte y Mineral del Chico todos ellos con el reconocimiento de Pueblos Mágicos lo que le agrega potencialidad como destino turístico. En mayo de 2017 se aprobó la iniciativa para que el corredor turístico de la montaña fuera considerado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como un Geoparque; que es un territorio que cuenta con un patrimonio geológico de importancia internacional (rocas, minerales, fósiles, o formas del relieve que son reconocidos por su singular proceso de formación, edad y otras características). Este patrimonio geológico, junto con el natural y el cultural, son utilizados para generar el desarrollo sostenible de las comunidades locales, no solo a través del incremento del turismo y la promoción de los productos locales, sino también, mediante programas de carácter científico y educativo.

Los Geoparques de la UNESCO forman una red global y son una gama completa de herramientas de desarrollo sostenible y contribuyen a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 a través de la combinación de perspectivas globales y locales. Ahora existen 120 geoparques en todo el mundo y se han convertido en una herramienta cada vez más importante para la UNESCO, que permite implicar a los Estados miembros y sus comunidades en las Ciencias de la Tierra y el patrimonio geológico (UNESCO, 2017). La intención de esta iniciativa es hacer un museo vivo en la zona denominada Comarca Minera, que abarca los municipios de Pachuca, Mineral de la Reforma, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Omitlán, Epazoyucan, Singuilucan, Atotonilco el Grande y Huasca de Ocampo. Este Geoparque va a contribuir a iniciativas de educación y cultura que se han planteado en la entidad, logrando con ello un nodo más de la red de centros de investigación y museos que ya existen; y a los cuales, deberán de asignárseles recursos, pero también habrán de dotarse de una importante campaña de difusión que sirva para atraer inversión, turismo, desarrollo y crear una verdadera sociedad del conocimiento. (Fragoso, 2015).

Datos relevantes de los visitantes a Omitlán de Juárez, Hidalgo

Se realizó una encuesta a 307 visitantes en el destino en los meses de mayo y junio de 2019 la muestra tiene un nivel de confianza de 95.5% y un margen de error de +/-6%, los principales resultados son: Los visitantes a Omitlán de Juárez tienen el 36% universidad completa, 19% universidad incompleta y 22% preparatoria completa y 19% Universidad incompleta y solamente el 1% con posgrado, el resto de estudios de secundaria para abajo representa el 23% respectivamente.

El nivel de ingreso es en su mayoría de nivel bajo 55% respectivamente, 17% nivel bajo alto, 17% nivel medio, 10% medio alto y solamente un 1% de clase alta.

No se encontró presencia de extranjeros durante los días que se aplicó encuestas, el 75% de los visitantes son de Hidalgo, el 12% del Estado de México, el 8% de la ciudad de México y presencia de personas de Baja California, Guanajuato y Michoacán con el 1% cada uno y de Puebla y Querétaro con un 4% cada uno respectivamente.

Las personas que visitan Omitlán de Juárez en su mayoría se dedican a ser empleados, 46%, estudiantes el 20%, comerciantes el 12%, empresarios el 8%, amas de casa el 7% y pensionados el 6%. Principalmente viajan con la familia el 62%, con amigos el 20% familiares y amigos el 7%, con la pareja el 5%, solos el 5% y con compañeros de trabajo el 1%.

Es un destino muy visitado por personas jóvenes 30% para los de 0 a 14 años, 19% para los de 15 a 20 años, 10% para los de 21 a 30 años, los maduros de 31 a 59 años representan el 37% y los mayores de 60 años solamente el 4%.

Los motivos principales de la visita a Omitlán de Juárez es la recreación y diversión 36%, descanso o placer el 24%, visita a familiares y amigos el 19% y la gastronomía el 17%. El promedio de estadía en horas para los visitantes del día o excursionistas es de 5 horas y para los que se hospedan es de 1.2 noches, para el 62% se trataba de la primera visita al destino y el 38% ya lo habían visitado.

Análisis FODA de Omitlán de Juárez

Internos	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Cuenta con una excelente ubicación geográfica</li> <li>*Es rico en atractivos turísticos naturales y culturales</li> <li>*Se realiza el turismo de aventura</li> <li>*Cercano a tres pueblos mágicos</li> <li>*Pertenece al corredor turístico de la montaña y Geoparques</li> <li>*Tiene oficina de turismo municipal</li> <li>*Cuenta con hoteles, cabañas y restaurantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Clima demasiado frio</li> <li>*Falta de diversificación de atractivos turísticos</li> <li>* Señalización deficientes en carreteras y no hay módulo de información al turista</li> <li>*Escasez de recursos humanos para el manejo de las áreas</li> <li>*Falta de promoción e implementación de la cultura turística en la comunidad</li> <li>No hay turismo extranjero</li> <li>*Limitada operación turística desde el sector público y privado</li> <li>*Escasa cultura turística en el destino</li> </ul>
Externos		
<b>Oportunidades</b>	<b>FO</b>	<b>DO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Posibilidad de aprovechar mejor el mercado existente y el potencial</li> <li>*Reconocimiento internacional de sus atractivos apareciendo en la lista de Parques Nacionales de la ONU</li> <li>*Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales</li> <li>*Elaboración de programas y estrategias eficientes de promoción y difusión del lugar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Elaborar un plan regional de turismo que den proyección al municipio en conjunto con organismos públicos, privados y no gubernamentales incluyendo el concepto Geoparque, corredor de montaña y pueblos Mágicos</li> <li>*Aprovechar de manera organizada cada uno de los atractivos estableciendo productos turísticos innovadores y diferenciados</li> <li>*Realizar alianzas con agencias de viajes, para promocionar el municipio y realizar viajes</li> <li>*diseñar estrategias para artesanos del lugar</li> <li>*Fomentar mediante programas el turismo gastronómico y agronegocios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Buscar operadores turísticos de turismo alternativo, rural, aventura y ecoturismo o capacitar a la población local.</li> <li>*diseñar un programa de identidad y mercadotecnia para el municipio en conjunto con los atractivos cercanos para establecer la imagen deseada</li> <li>*Fortalecer vía presupuesto y personal la oficina de turismo municipal y organizar actores del sector empresarial relacionados al turismo.</li> </ul>
<b>Amenazas</b>	<b>FA</b>	<b>DA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>*Deterioro del medio ambiente.</li> <li>*Tala clandestina robo de la fauna silvestre endémica del lugar.</li> <li>*Falta de conocimiento de la cultura turística.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Crear programas para el cuidado del medio natural que engloba la región</li> <li>* Incluir al turista con actividades del cuidado del medio ambiente, realizando prácticas ecoturísticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Crear conciencia en la población para el cuidado del medio ambiente mediante un programa y oportunidades para cambiar la tala y robo de fauna por otros trabajos relacionados con el turismo y el comercio</li> </ul>

Cuadro 4. Análisis FODA Omitlán de Juárez  
Fuente: Elaboración propia a partir de Koontz;1998

Conclusiones

Omitlán de Juárez cuenta con un gran potencial turístico debido a la ubicación con la que cuenta, el clima, la flora y la fauna, la historia y la cultura, además de que pertenece al corredor de la montaña y red de Geoparques de la ONU está cerca de 3 Pueblos Mágicos.

Como se pudo verificar el municipio nos ofrece experiencias al aire libre, admirando la naturaleza que los rodea, pasando tiempo con la familia, la pareja, los amigos, también cuenta con una atracción cultural que es importante conocer y difundir sin embargo requiere de productos turísticos innovadores y diferenciados que fortalezcan su animación turística utilizando al turismo alternativo y gastronómico como hilo conductor.

A través de esta investigación se puede concluir que el municipio cuenta con la estructura turística suficiente para albergar y recibir a los turistas, sin embargo, le hace falta promoción del lugar para que lleguen más visitantes de lugares más lejanos, tanto nacionales como extranjeros, haciendo que su pernocta sea de más de 2 días ya que hay mucho por disfrutar en este bello municipio.

Los resultados demuestran la necesidad de una planeación integral de gran visión que incluya a los municipios cercanos y aprovechar su condición de estar cerca de 3 Pueblos Mágicos, ésta planeación integral deberá de contener diseño de imagen deseada vía un plan de mercadotecnia, mejora a la infraestructura, apoyo a los empresarios y la administración pública y una participación de la ciudadanía y actores locales en el diseño y ejecución de propuestas y acciones específicas.

### *Recomendaciones*

Diseñar trabajos de investigación relacionados con el marketing del municipio, diseño de productos turísticos, calidad en el servicio, mejorar la cultura turística en el municipio y la integración de los actores relacionados turísticos con propuestas específicas para cada sector.

### **Referencias**

- Boullón, R. C. (1985). *Planificación del espacio turístico*: México, México: Trillas.
- Fragoso, D. (06 mayo de 2015), Geoparque, Recuperado el 9 de mayo de 2017 de <http://www.cronicahidalgo.com/2015/06/geoparque/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI), (2017). Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 201, recuperado el 24 de dic de 2019 de [https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/HGO\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/HGO_ANUARIO_PDF.pdf)
- Intranet e -hidalgo .gob.mx, (2019). Omitlan de Juárez <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/enciclomuni/municipios/13045a.htm>
- Koontz, H. y Weihrich, H. (1998). *Administración: una perspectiva global*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación Ciencia y Cultura (Unesco), (2019). Galería de nuevos geoparques de la Unesco, recuperado el 15 de mayo de 2019 de <https://es.unesco.org/galleries/geoparks2019>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación Ciencia y Cultura (Unesco), (2017). Programa internacional de geoparques de la Unesco, recuperado el 15 de mayo de 2019 de <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/natural-sciences/international-programme-for-geosciences-and-geoparks/unesco-global-geoparks/>
- Plan estatal de desarrollo de Hidalgo, (2016). Plan municipal de Desarrollo 2016-2020.
- Quesada, R. (2005). *Elementos del turismo*. San José, Costa Rica: Euned.
- Requisitos para ser Pueblo Mágico (2017). *Entorno Turístico*. Recuperado el 8 de mayo de 2017 de <http://www.entornoturistico.com/cuales-son-los-requisitos-para-poder-ser-pueblo-magico-en-mexico>
- SECTUR, (2017). Pueblos mágicos. Recuperado el 4 de mayo de 2017 de [http://www.pueblosmexico.com.mx/pueblos\\_magicos\\_mexico.php](http://www.pueblosmexico.com.mx/pueblos_magicos_mexico.php)
- Unesco. (2019). Geoparques en el mundo, recuperado el 10 de junio de 2019 de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/>

### **Notas Biográficas**

El Dr. Pedro Alfonso Ramos Sánchez. Tiene 20 años de experiencia en la docencia, tiene artículos relacionados con desarrollo territorial, termalismo y balnearios, diseño de productos turísticos y perfiles del visitante, reconocimiento al perfil deseable y experiencia en el sector público y empresarial.

El Dr. Abraham Briones Juárez. Tiene una experiencia docente de 20 años, su línea de investigación versa sobre la sistémica aplicada al turismo reconocimiento al perfil deseable, y nivel 1 en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI)

La Dra. Carolina González Espinoza. Tiene una experiencia en la docencia de 26 años, tiene artículos relacionados con patrimonio cultural material, turismo inclusivo y administración de empresas turísticas así como reconocimiento al perfil deseable.

La Dra. Judith Alejandra Velázquez Castro. Tiene una experiencia docente de 8 años, tiene artículos relacionados con innovación, gestión ambiental y turismo así como reconocimiento al perfil deseable y candidata del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

# Implementación de logística de producción a través de un MRP para la fabricación de tarimas en una empresa del sector maderero

Cintha Janeth Raygoza Arteaga<sup>1</sup>, Elsie Noemí Olvera Pérez<sup>2</sup>, José Luis Díaz González<sup>3</sup>, Claudia Castillo Cruz<sup>4</sup>

## Resumen

En la actualidad vivimos en un mundo globalizado, con un mercado y clientes que cada día exigen más competencia, debido a ello las empresas tienen la necesidad de actualizarse constantemente para mejorar y mantener sus productos dentro del mercado y de las preferencias de los consumidores. El presente proyecto tiene como objetivo optimizar el proceso de producción de tarimas de una empresa del sector maderero, disminuyendo tiempos de espera, que al mismo tiempo abrirá la oportunidad de ampliar el mercado de clientes con que la empresa cuenta. El diagnóstico de la empresa, mostro la deficiencia del proceso de producción; arrojando que los principales desperdicios de tiempo se debía a la ineficiente llegada de la materia prima. Se desarrolló y gestionó un sistema MRP que en base al historial de demanda hiciera saber cuándo y cuánto material es necesario pedir, para evitar la falta de material durante el proceso y pérdidas de tiempo por el mismo problema, logrando la reducción del tiempo de espera para la materia prima y una mejor utilización de la misma logrando que se tenga la cantidad necesaria para producir en el tiempo justo.

**Palabras clave:** Logística de producción, MRP, tarimas, tablas de madera.

## Introducción

Según el Sistema de Cuentas Nacionales (INEGI, 2018) la industria del mueble está integrada por pequeñas, medianas y grandes empresas ubicadas en diversas regiones del país, con una oferta productiva que comprende mobiliario para el hogar, jardín, oficina-negocios, elaborados con materiales de maderas, metal, herrajes, plástico y tapicería.

Gallegos (2017) nos indica que de enero a mayo del 2017, la industria mueblera de Jalisco exportó 169.1 millones de dólares, e importó 71.8 millones de dólares, es decir, el sector vende más de lo que compra del extranjero, así lo informó la Asociación de Fabricantes de Muebles de Jalisco (Afamjal).

Con esto, las empresas del mueble de Jalisco se consolidan en el segundo lugar nacional, aportando el 10.96 por ciento del Producto Interno Bruto del sector. Según Afamjal, como menciona Gallegos (2017) Jalisco aporta el 30 por ciento de las exportaciones de muebles del país.

Además son 24 mil 610 los trabajadores asegurados de la industria del mueble. Actualmente, existen dos mil 891 empresas dedicadas a la fabricación de muebles en el estado, lo que representa el 8.6 por ciento del total de las empresas manufactureras del mismo.

La empresa se dedica a la fabricación de muebles de madera de pino, es importante mencionar que estos solo se fabrican bajo pedido y su demanda no es constante.

Considerando de este modo que la organización cuenta con dos productos fuertes que son a los que dedica el 90% de su producción:

- Tarimas
- Cascos para salas

Debido a que la tarima es el producto de mayor demanda y por lo tanto el que más se produce, la planificación del proceso productivo se hará en base al mismo.

Los problemas de la organización correspondían a la mala planeación de la cantidad de materiales que necesitan, lo cual a su vez ocasionaba que no entregaran sus productos a tiempo obteniendo como resultado quejas de sus clientes, así como cancelación de contratos por incumplimiento.

---

<sup>1</sup> Cintha Janeth Raygoza Arteaga, Ingeniero Industrial, Egresada de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. [juanita.raygoza@gmail.com](mailto:juanita.raygoza@gmail.com)

<sup>2</sup>Elsie Noemí Olvera Pérez, Doctorado en Ingeniería Industrial. Docente de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. [noemi.olvera@academicos.udg.mx](mailto:noemi.olvera@academicos.udg.mx) (Autor correspondiente)

<sup>3</sup>José Luis Díaz González, MASL. Docente de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. [jose.l.diazg@academicos.udg.mx](mailto:jose.l.diazg@academicos.udg.mx)

<sup>4</sup>Claudia Castillo Cruz, MDEC. Docente de la Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. [claudia.cruz@academicos.udg.mx](mailto:claudia.cruz@academicos.udg.mx)

La empresa contaba con tiempos de producción tardíos, limitando con ello su expansión en el mercado y sus posibilidades de tener más ganancias económicas; cuando comenzó la presente investigación se logró observar que parte de los problemas anteriores de la empresa se deben a que siguen con la misma manera de planificar su producción que cuando comenzó a fabricar tarimas hace 4 años, que durante ese tiempo la cantidad de tarimas fabricadas por día era mucho menor que el actual.

Incluyendo que la cultura de la empresa no era la adecuada para seguir siendo competitivos en el mercado, sus malos inventarios, conllevaban el hacer los pedidos de materia prima de manera espontánea y se perdía mucho tiempo en esperar que el camión de madera llegara a la empresa para poder utilizar los polines, resaltando que en ocasiones el arribo del camión de madera era en horas inadecuadas, fuera del horario de producción, al pasar esto la empresa contaba con tiempos muertos en su proceso de producción, y viéndose en la necesidad de tener que pagar horas extras a los trabajadores para que se quedaran a descargar la materia prima.

La falta de capacitación al personal acarrea que la clasificación de madera solo la realizara una persona lo cual dilataba aún más el pedido del cliente, incluyendo que la maquinaria que utiliza la empresa no cuenta con sus respectivos mantenimientos lo que en ocasiones se reflejaba en el paro de producción por descomposturas.

### Metodología

Las investigaciones con enfoque mixto consisten en la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una visión más completa del fenómeno a estudiar (Sampieri, 2017).

El tipo de investigación aplicada a este trabajo es de campo, la cual será inicialmente descriptiva, teniendo en cuenta que desde el punto de vista de Narváez (2009), “describir es medir”, es importante evaluar y exponer de forma detallada las características de la organización que es objeto de estudio de este trabajo.

La presente investigación se apoya en la descripción de los procesos de producción que presenta actualmente la empresa, cuestionando las formas de trabajo.

Para llevar a cabo esta investigación se hace necesario realizar actividades de recolección de información y análisis e interpretación, para brindar un panorama lo más amplio posible del diagnóstico de la organización, para esto se utilizan las siguientes herramientas:

- ⊗ Observación de las actividades de la empresa.
- ⊗ Entrevistas con el personal de la organización.
- ⊗ Estudio de tiempos del proceso productivo.
- ⊗ Lluvia de ideas.

### Implementación

“La labor de la logística de producción es reducir el *lead time* de fabricación, es decir, el tiempo que discurre desde que se genera una orden de trabajo hasta que el producto está terminado” (Mecalux, 2020).

Mecalux en el 2020, hace mención que otro factor fundamental en la logística de producción es la propia **gestión de stock**, para acometer una fabricación más rápida. Por lo que, el almacén tiene que ser capaz de gestionar eficazmente los dos tipos de demanda que afectan a la logística de producción: **la demanda de los clientes finales**, que está basada en previsiones de ventas o en pedidos solicitados a fábrica (demanda independiente del proceso productivo), y la **demanda de la fábrica**, que solicita al almacén todas las materias primas que se precisan para crear el producto final (demanda dependiente del proceso de fabricación).

Las empresas manufactureras son capaces de calcular a ciencia cierta qué materias primas necesita la planta de producción para elaborar cada producto. Por lo que se requiere tener una lista de materiales (LDM o BOM) y una planificación de requerimiento de materiales (MRP). La LDM hace referencia al inventario o listado de componentes requeridos para la fabricación de los productos, mientras que el sistema MRP es el software informático que determina qué materiales se necesitan y en qué cantidad para fabricar cierto modelo.

El MRP es un sistema de planeación soportado por computadora que explota el Plan Maestro de Producción (PMP) en las cantidades requeridas de materia prima, piezas, ensambles y sub-ensambles necesarias para llevarlo a cabo, también saca los requerimientos netos de materiales y los programa para comprarlos, tomando en cuenta las órdenes actuales y los inventarios Iñiguez, (2003).

En la imagen 1 se expone el árbol de estructura que detalla las cantidades de insumos, materiales y componentes de los que consta cada artículo.

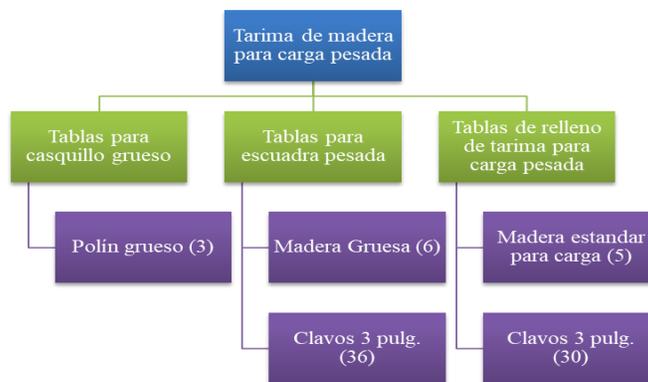


Imagen 1. Árbol de estructura de una tarima de carga pesada Fuente: Elaboración propia

Para fines de aplicación del método MRP se codifican los componentes de los productos finales de la siguiente manera, véase imagen 2.



Imagen 2. Codificación de componentes de una tarima para carga pesada. Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista del control de la producción interesa conocer los componentes que intervienen en el conjunto final de las tarimas de madera que maneja la empresa, mostrando las sucesivas etapas de la fabricación, en la tabla 1 podemos examinar la estructura de fabricación que se requiere para el producto a generar. Se utilizara un pronóstico de fácil realización para calcular la demanda mensual de tarimas de ambos tipos a continuación en la tabla 2, podemos observar los cálculos. El estado del inventario ayudara a dar a conocer las cantidades de materiales que están disponibles, para con estas comenzar el plan de fabricación, ver tabla 3.

Por medio de la implementación del sistema MRP, la empresa tendrá algunos beneficios, como lo son: la disminución de los tiempos de espera en la producción y en la entrega, debido a la identificación de los materiales y componentes necesarios para la cantidad y ritmo de producción; del mismo modo la empresa generara obligaciones establecidas, que conllevan a que los plazos de entrega se cumplan, con la finalidad de reforzar la satisfacción del cliente. El sistema MRP proporciona una coordinación más estrecha entre los departamentos de trabajo, lo que se traduce en el incremento de la eficiencia de la empresa.

El MRP es un método comprensible para el problema de la cuantificación del número de piezas, componentes y materiales requeridos para producir el artículo o ensamble final. Además, proporciona el programa de tiempo que especifica cuándo hay que pedir o fabricar de cada uno de los materiales, piezas y componentes, Escobar (2004).

Kougyouchousakai (2008) habla sobre el MRP como un concepto de creación de planes de materiales y programas de producción basados en los plazos de entrega de una cadena de suministro. Sin embargo, incluso si crea un plan basado en MRP basado en un modelo de fábrica ideal, los problemas aún pueden ocurrir. De acuerdo a Iñiguez, (2003) los 3 objetivos referenciados al MRP son: Mejora el servicio al cliente, Reduce inversión de inventario y mejora la eficiencia de operación de la planta.

TARIMA DE MADERA PARA CARGA PESADA			
Código	Descripción	Nivel	Cantidad
CG	Casquillo	1	1
TP	Escuadra	1	1
RP	Relleno	1	5
PG	Madera tipo polín	2	3
MG	Madera ancha	2	6
EP	Madera estándar	2	5
CL3	Clavos de 3 pulgadas	2	66

Tabla 1. LDM de una tarima de madera para carga. Fuente: Elaboración propia.

Historial de demanda mensual					
Mes	Tarima para carga pesada				Promedio
	Semana				
	1	2	3	4	
Enero	50	50	50	50	50
Febrero	50	60	40	50	50
Marzo	40	50	50	50	47.5
Abril	50	50	50	40	47.5
Mayo	50	40	50	50	47.5
Junio	50	50	60	50	52.5
Julio	50	50	50	60	52.5
Agosto	50	50	40	50	47.5
Septiembre	40	50	50	50	47.5
Octubre	50	50	50	50	50
Noviembre	50	40	50	40	45
Diciembre	60	50	50	50	52.5

Tabla 2. Demanda mensual tarima para carga pesada. Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo la implementación de este nuevo sistema que ayudara a la empresa a resolver su problema actual de tiempos muertos de producción se ha seleccionado el uso del programa Excel OM para ejecutar la estrategia de cambio en la planeación de los pedidos de materiales; resaltando que se optó por este software ya que el programa Excel ya es usado en la empresa y sus colaboradores están familiarizados con el mismo, lo cual favorecerá que la manipulación de una de las ramas de Excel como lo es Excel OM sea de fácil aceptación para los empleados de la empresa en contraste con algún otro software que tenga la misma función. En la imagen 3 y 4 se puede observar una captura del programa.

*Análisis*

Dentro de las mejoras detectadas después de realizar este proyecto se encontraron las siguientes:

Se logró hacer un mejor uso de la madera debido a que la empresa ya tiene un conocimiento de la cantidad de materiales requeridos para la fabricación de las tarimas lo que acarrea con ello la mejora presentada en la programación de sus pedidos de materia prima con ayuda del MRP creado para su producción.

Material

	Existencia	
	X	30
TC	70	Piezas
TE	70	Piezas
TR	70	Piezas
MP	210	Piezas
CL2	4620	Piezas
MA	420	Piezas
ME	350	Piezas
Z	3	Piezas
CG	25	Piezas
TP	25	Piezas
RP	25	Piezas
PG	15	Piezas
CL3	1000	Piezas
MG	30	Piezas
EP	25	Piezas

Tabla 3. Gestión de stock. Fuente: Elaboración propia

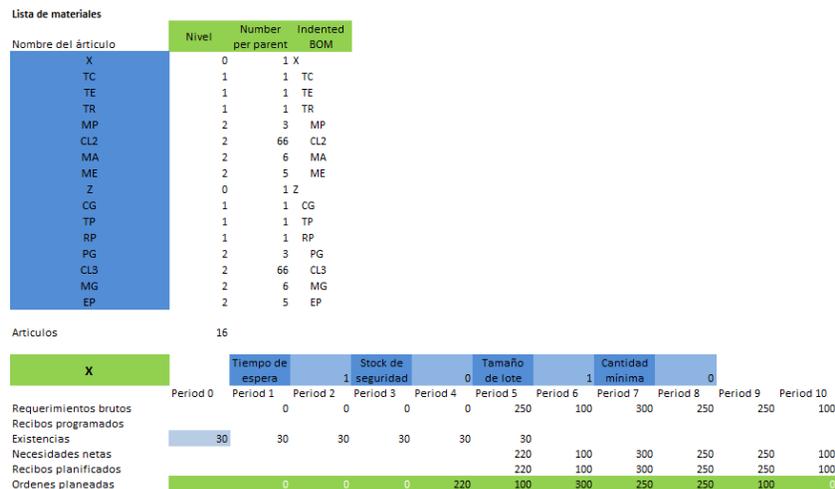


Imagen 3. Desarrollo MRP. Fuente: Elaboración propia.

La llegada oportuna del camión de materia prima evita el costo de horas extras que la empresa debía pagar a los trabajadores para que descargaran el camión de madera en horas no laborales. Con la capacitación del personal para la clasificación de madera que llegaba a la organización lograron una disminución notable en los tiempos que llevaba este proceso, la carga laboral es menor, y el proceso de producción se agilizo. La empresa ahora cuenta con un mejor control de su inventario. Los resultados que tuvo la nueva aplicación del método MRP en la empresa con la reducción de tiempos en diversas actividades del proceso de producción de las tarimas son:

- Esperar el arribo del camión de madera de 720 minutos a 360 minutos
- Descargar el camión de madera de 150 minutos a 90 minutos
- Clasificar la madera de 2160 minutos a 720 minutos

- Insertar clavos en el proceso de elaboración de tarimas de 6000 minutos a 3200
- Decidir qué hacer con las tarimas de 60 minutos a 10 minutos
- Subir tarima al camión de 90 minutos a 60 minutos

Z	Tiempo de espera	Stock de seguridad	Tamaño de lote	Cantidad mínima
	0	1	0	1
Requerimientos brutos	0	0	0	0
Recibos programados	0	0	0	0
Existencias	3	3	3	3
Necesidades netas				27
Recibos planificados				27
Ordenes planeadas	0	0	0	27

TC	Tiempo de espera	Stock de seguridad	Tamaño de lote	Cantidad mínima
	0	2	40	1
Requerimientos brutos	0	0	220	100
Recibos programados	0	0	0	0
Existencias	70	70	70	70
Necesidades netas			190	300
Recibos planificados			190	300
Ordenes planeadas	0	190	100	300

TE	Tiempo de espera	Stock de seguridad	Tamaño de lote	Cantidad mínima
	0	2	30	1
Requerimientos brutos	0	0	220	100
Recibos programados	0	0	0	0
Existencias	70	70	70	70
Necesidades netas			180	300
Recibos planificados			180	300
Ordenes planeadas	0	180	100	300

Imagen 4. Desarrollo MRP. Fuente: Elaboración propia.

### Conclusiones

Se consiguió reducir el tiempo de espera para la producción de tarimas de madera, con la creación de un sistema de planeación de requerimientos de materiales, que ayuda a la empresa a saber cuándo es el tiempo correcto y necesario para solicitar la materia prima, para que salvo algún inconveniente fuera de sus manos la producción no se detenga. Con esto se ha logrado llevar el control adecuado de la materia prima que se solicita y el volumen de producción que con ella se logra obtener.

La nueva planeación de requerimientos de materiales logro reducir los tiempo de espera en un 15% agilizando la elaboración de tarimas, redujo el tiempo de espera de la llegada del material de 720 minutos a 360 minutos; lo que en conjunto con otros tiempos representa una disminución del 40.54 % del tiempo total de producción de las tarimas. Con una reducción del costo de fabricación a la semana de \$270.00 en promedio por evitar pagar horas extras, lo que anualmente representa un incremento de \$21,600.00 (contemplando únicamente los costos de horas extras innecesarias) en las utilidades de la empresa, manteniendo la producción promedio que tienen de 200 tarimas diarias.

### Referencias

1. Escobar, V. (2004). *Sistemas de producción*. Consultado el 22 de febrero de 2018. Recuperado de <http://www.angelfire.com/un/chaparro/SistemasdeProd.pdf>
2. Gallegos, A. (2017). Industria del mueble jalisciense, con superávit de 97.3 MDD. *El informador.mx*.
3. Instituto de información Estadística y Geográfica (2018). Industria Mueblera, Ficha sectorial. IIEG. Consultada en Enero 2018. Recuperado de [http://ieeg.gob.mx/contenido/Economia/fs\\_muebles.pdf](http://ieeg.gob.mx/contenido/Economia/fs_muebles.pdf)
4. Iñiguez, F. (2003). *Desarrollo de una planta de salsa y aplicación de herramientas de ingeniería para su mejor desempeño*, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, Cholula Puebla. Consultada en 22 de febrero de 2018. Recuperado de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/iniguez\\_a\\_fj/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/iniguez_a_fj/capitulo4.pdf)
5. Kougyouchousakai (2008). *MRP (Material Requirements Planning)*. Consultado el 1 de marzo de 2018. Recuperado de <http://www.lean-manufacturing-japan.com/scm-terminology/mrp-materials-requirements-planning.html>
6. Mecalux. (2020). Cómo optimizar la logística de producción. Consultado el 14 de enero de 2020. Recuperado de <https://www.mecalux.es/blog/logistica-de-produccion>
7. Narváez, V. P. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística*. Santiago de Chile: RIL Editores.
8. Sampieri, R. (2017). *Metodología de la investigación*. Consultado el 23 de abril de 2018. Recuperado de: <https://metodologiasdelainvestigacion.files.wordpress.com/2017/01/metodologia-investigacion-hernandez-sampieri.pdf>

# Escenario de enseñanza aprendizaje de la materia de álgebra lineal durante la pandemia COVID-19 en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Minatitlán

MCC. María Elena Reyes Castellanos<sup>1</sup>, Ing. Isaías Torres Martínez<sup>2</sup>, MI. Sonia Martínez Guzmán<sup>3</sup>, MTE. María Concepción Villatoro Cruz<sup>4</sup>, C. Gabriel Alejandro Núñez Reyes<sup>5</sup>, C. Joselyn Judith Torres Pérez<sup>6</sup>

**Resumen**— Este trabajo analiza las características del escenario enseñanza aprendizaje de la materia de álgebra lineal durante el semestre enero – junio 2020 dónde se presentó la pandemia COVID-19, durante el semestre se inició con clases presenciales con las que de acuerdo al programa se abarcaron las primeras tres unidades, las dos últimas unidades se desarrollaron a través de clases virtuales utilizando plataformas de ambientes virtuales, debido a decisión del gobierno mexicano a través de la Secretaría de Educación Pública de enviar a los jóvenes y personal docente a casa para evitar los contagio, el desarrollo del proceso enseñanza aprendizaje en plataformas virtuales fue acelerado y no se contaba con datos que permitieran la toma de decisiones sobre las metodologías, herramientas tecnológicas, recursos educativos de aprendizaje virtual así como de los recursos con los que contaban los estudiantes y docentes para enfrentar el reto; el objetivo del presente trabajo mostrarán las características que se presentaron en el escenario de enseñanza aprendizaje de la materia de álgebra lineal del semestre enero junio del 2020.

**Palabras clave**—Álgebra lineal, Enseñanza aprendizaje, aprendizaje virtual, recursos de enseñanza virtual.

## Introducción

El Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Minatitlán forma parte del sistema de educación superior y en consecuencia también se vio en la necesidad de implementar las actividades de enseñanza aprendizaje a través de plataformas virtuales. (Federación, 2020) Por un lado, resulta extremadamente complicado organizar de manera improvisada y acelerada una experiencia satisfactoria de aprendizaje a distancia y, por otro lado, existe un número indeterminado de estudiantes cuyo derecho a la educación se ve amenazado por cuestiones sanitarias, familiares, socioeconómicas o tecnológicas. Hay dudas razonables acerca de cómo se están desarrollando la enseñanza y el aprendizaje en estas circunstancias. (Trujillo Sáez, 2020)

Los actores que intervienen en el proceso enseñanza (docentes) y aprendizaje (estudiantes) presentan de forma particular situaciones que pueden de alguna manera facilitar o dificultar el proceso, el presente trabajo tiene por objetivo describir el escenario presentado en el semestre enero – junio 2020 durante la pandemia de COVID 19, con los aspectos analizados en los diferentes actores se observará la aceptación al cambio del modelo presencial al modelo a distancia, reconocer los recursos tecnológicos con los que contaron los alumnos haciendo una análisis de los resultados obtenidos a través de los índices de aprobación y reprobación.

Para la recolección de información se utilizó una encuesta aplicada a través de un formulario en la nube, conteniendo 14 preguntas, el instrumento fue revisado por los estudiantes antes de ser aplicado quienes aportaron sus sugerencias ya que de esta manera se incluyó lo que para ellos era importante de acuerdo a las condiciones en las que afrontaron

<sup>1</sup>MCC. María Elena Reyes Castellanos es profesora de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Minatitlán. maria.rc@minatitlan.tecnm.mx. (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Ing. Isaías Torres Martínez es profesor de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Minatitlán. istomar@hotmail.com

<sup>3</sup> MI. Sonia Martínez Guzmán es profesora de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Minatitlán. sonia.mg@minatitlan.tecnm.mx

<sup>4</sup> MTE. María Concepción Villatoro Cruz es profesora de Sistemas y Computación del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Minatitlán. maria.vc@minatitlan.tecnm.mx

<sup>5</sup> C. Gabriel Alejandro Núñez Reyes es estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Minatitlán. galex2711@yahoo.com

<sup>6</sup> C. Joselyn Judith Torres Pérez es estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Minatitlán. josi\_judith@hotmail.com

el cambio de modelo. Las preguntas de la 11 a la 14 fueron dirigidas a obtener las características del docente en el escenario del covid 19 de forma generalizada esto es que los estudiantes dieron su respuesta hacia todos los docentes que les impartieron todas las materias asignadas.

### Descripción del Método

Con el fin de demostrar las características que se presentaron en el escenario de enseñanza aprendizaje de la materia de álgebra lineal del semestre enero junio del 2020, se utilizó la metodología siguiente:

- 1.- Descripción de la situación del desarrollo de la materia de álgebra lineal en el semestre enero-junio 2020
- 2.- Descripción de la población de estudio
- 3.- Elaboración del instrumento de recolección de datos
- 4.- Análisis de los resultados
- 5.- Conclusión del impacto del escenario

A continuación, se describirá cada paso realizado para describir el escenario de enseñanza aprendizaje de la materia de Álgebra Lineal durante la pandemia COVID-19 en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Minatitlán.

#### 1.- Descripción de la situación del desarrollo de la materia de álgebra lineal en el semestre enero-junio 2020

El programa de la materia de Álgebra Lineal consta de 5 unidades, durante el semestre enero-junio 2020 el programa se desarrolló en forma presencial las unidades 1, 2 y la unidad 3 hasta el subtema 3.2, a partir de la toma de decisión por parte de la Secretaría de Educación Pública de suspender actividades e iniciar las actividades educativas a distancia los temas restantes de la unidad 3 y las unidades 4 y 5 se realizaron a distancia.

Utilizando la plataforma de Microsoft Teams se desarrollaron videoconferencia para el proceso enseñanza aprendizaje de forma síncrona utilizando recursos y a través de la red social de WhatsApp se mantuvo el contacto con los estudiantes inscritos en los grupos IAB21 y IMC22 de la materia de álgebra lineal.

#### 2.- Descripción de la población de estudio

La población de estudio consistió de dos grupos de la materia de álgebra lineal IAB21 de la carrera de ingeniería ambiental con 25 estudiantes inscritos y el grupo IMC22 de la carrera de ingeniería electromecánica con 39 estudiantes inscritos, con un total de 64 estudiantes inscritos.

#### 3.- Elaboración del instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos incluyó las siguientes preguntas:

INSTRUCCIONES: Subraye la respuesta o respuestas que considere adecuadas a su situación personal.

1.- ¿Durante el semestre Enero-junio 2020 cursaste tu materia con algunas unidades de impartidas en forma presencial?

SI NO

2.- ¿Durante el semestre Enero-junio 2020 cursaste tu materia con algunas unidades a distancia?

SI NO

3.- ¿Es la primera vez que estudias a distancia?

SI NO

4.- De acuerdo a tu experiencia cursar una unidad en forma presencial es:

Mejor opción Peor opción Indistinto otra \_\_\_\_\_

5.- De acuerdo a tu experiencia cursar una unidad a distancia es:

Mejor opción Peor opción Indistinto otra \_\_\_\_\_

6.- ¿Durante la contingencia de covid 19, trabajaste?

SI NO

7.- ¿Qué equipo de cómputo tienes a disposición para estudiar a distancia durante la contingencia por covid 19? Puedes seleccionar más de una opción

Computadora de escritorio Laptop Tableta Celular Otro: \_\_\_\_\_

8.- ¿Contabas con conexión de internet en casa?

SI NO

9.- ¿Cómo evaluarías el servicio de internet del que disponías para estudiar durante la contingencia por covid19?

Excelente Bueno Regular Malo

10.- ¿Cómo evaluarías el servicio de electricidad?

- 11.- ¿Cómo evaluarías el desempeño de los docentes al impartir las materias a distancias?  
Excelente      Bueno      Regular      Malo
- 12.- ¿Cómo consideras la asignación de tareas y actividades al cursar tus materias a distancia?  
Excelente      Bueno      Regular      Malo
- 13.- ¿El contacto con tus maestros fue eficiente? \*  
Demasiada      Justa      Moderada      Sin asignación
- 14.- Medios por los que mantuviste contacto con tus maestros Puedes seleccionar más de una opción  
Totalmente de Acuerdo      De acuerdo      Ni de acuerdo ni en desacuerdo      En desacuerdo      Totalmente en desacuerdo
- Whatsapp      Correo electrónico      Facebook      Vídeo Conferencias (Zoom, Teams, etc)      Ed Modo

4.- Análisis de los resultados

<p><b>Pregunta 1</b></p>	<p><b>Pregunta 2</b></p>	<p><b>Pregunta 3</b></p>
<p><b>Pregunta 4</b></p>	<p><b>Pregunta 5</b></p>	<p><b>Pregunta 6</b></p>
<p><b>Pregunta 7</b></p>	<p><b>Pregunta 8</b></p>	<p><b>Pregunta 9</b></p>
<p><b>Pregunta 10</b></p>	<p><b>Pregunta 11</b></p>	<p><b>Pregunta 12</b></p>
<p><b>Pregunta 13</b></p>	<p><b>Pregunta 14</b></p>	

5.- Conclusión del impacto del escenario

El análisis estadístico realizado basado en las respuestas de los estudiantes en el instrumento permite observar de acuerdo a la pregunta 1 y 2 que el 80% de los estudiantes cursaron las primeras unidades de forma presencial y el

84.3% cursaron unidades a distancia la diferencia se interpreta puede interpretar que algunos estudiantes que se integraron a los grupos durante la pandemia covid 19, la pregunta tres muestra que el 95.7% de los estudiantes incursionaron por primera vez en la modalidad de enseñanza aprendizaje a distancia, las preguntas 4 y 5 permiten mostrar que en el escenario obligado por la situación de la pandemia de covid 19 los estudiantes mantuvieron su preferencia por estudiar en la modalidad presencial en un 70% como la mejor opción y en la modalidad a distancia un 8.6% como mejor opción, la pregunta 6 fue sugerida por los estudiantes ya que como resultado observamos que 65.7% realizó alguna actividad laboral durante el semestre, la pregunta 7 muestra el escenario de recursos tecnológicos con los que contaron los estudiantes para estudiar a distancia, se observa que el 20% tenían computadora de escritorio, 55.7% laptop, 7.1% tabletas y el 78.6% celular interpretando que el mayor porcentaje de conexión para estudiar se realizó a través del celular, la pregunta 8 indica que el 87.1% de los estudiantes contaron con conexión a internet en casa, las preguntas 9 muestran la calidad en el servicio de Internet con un 7.1% excelente, 27.1% bueno, 42.9% regular y 22.9% malo, la pregunta 9 muestra la calidad del servicio de energía eléctrica mostrando 11.4% excelente, 42.9% bueno, 41.4% regular y 4.3% malo.

A partir de la pregunta 11 se muchas las características que presentaron los docentes de forma general esto es los jóvenes contestaron no en relación exclusiva al docente de álgebra lineal con la intención de que lo realizaran libremente, los resultados obtenidos muestran de acuerdo a la pregunta 11 que el desempeño de los docente al impartir materias en modalidad a distancia fue 21.4% excelente, 54.3% bueno, 18.6% regular y 5.7% malo por lo que se puede concluir que se debe realizar un análisis para fortalecer las habilidades docentes con el fin incrementar el desempeño excelente de los docentes sin embargo es loable la labor realizada por los docentes del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Minatitlán ya que la gran mayoría mostró un gran compromiso para impartir sus materias en una modalidad diferente a la que comúnmente ejercen. La pregunta 12 describe como percibieron los estudiantes la asignación de tareas y actividades en la modalidad a distancia el 25.7% demasiada, 52.9% justa, 21.4% moderada, la pregunta 13 se refiere a la si el contacto que mantuvieron los docentes con los estudiantes fue eficiente, 10% totalmente de acuerdo, 55.7% de acuerdo, 30% ni de acuerdo ni en desacuerdo, 2.9 en desacuerdo y 1.4% totalmente en desacuerdo, en pregunta 14 se describen los medios utilizados para mantener el contacto entre docente y alumno, 43.4% WhatsApp, 5.7% correo electrónico, 0% Facebook, 57.1% Video conferencia (Zoom, Teams, etc), 1.4% por medio de tres plataformas (WhatsApp, Facebook y videoconferencias), 1.4% Edmodo.

### *Resultados*

Los indicadores obtenidos durante el proyecto son alentadores ya que muestran disposición tanto de los docentes como de los estudiantes para enfrentar los retos que representa cursar materias en modalidad a distancia aun cuando no es su mejor opción, por otra parte, el índice de aprobación fue del 47%, sin embargo, para el cierre del semestre se presentó un índice de deserción del 33%.

## **Comentarios Finales**

### *Conclusiones*

La aplicación del instrumento permitió observar las características del escenario de enseñanza aprendizaje en la impartición de la materia de álgebra lineal durante la pandemia covid 19 en el semestre enero junio 2020, los resultados obtenidos permiten concluir que aun cuando los estudiantes no evaluaron la modalidad a distancia como su mejor opción para cursar la materia se obtuvieron índices de aprobación que mostraron que el impacto del cambio de modalidad no fue de gran afectación.

### *Recomendaciones*

Es recomendable revisar el instrumento de recolección de datos para obtener mayor objetividad, la aplicación se sugiere se realice mínimo en tres ocasiones durante el transcurso del semestre con el objetivo de obtener un análisis que permita controlar la variabilidad de la permanencia de los estudiantes durante todo el semestre, ya que la deserción en esta ocasión no fue un elemento controlado.

### *Referencias*

- Federación, D. O. (31 de Julio de 2020). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5597618&fecha=31/07/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5597618&fecha=31/07/2020)
- Trujillo Sáez, F. S. (2020). *Escenarios de evaluación en el contexto de la pandemia por la COVID-19: la opinión del profesorado*. SantillanaLAB.

# INTELIGENCIA VERBAL Y NO VERBAL EN ESCOLARES CON ANTECEDENTE DE EXPOSICIÓN A METALES PESADOS

Claudia Araceli Reyes Estrada<sup>1</sup>, Miriam Estefanía Martínez de la Torre<sup>2</sup>,  
Dellanira Ruíz de Chávez Ramírez<sup>3</sup>, Cristina Almeida Perales<sup>4</sup>, Blanca Patricia Lazalde Ramos<sup>5</sup>, Rosalinda  
Gutiérrez Hernández<sup>6</sup>

**Resumen—** Existen una gran cantidad de sustancias tóxicas a las que estamos expuestos a través de la contaminación del medio ambiente, un ejemplo son los metales pesados como mercurio, plomo y el arsénico altamente tóxicos especialmente para los niños, se ha comprobado que existe una alta relación en bajo coeficiente intelectual ante dicha exposición. El objetivo del presente estudio fue identificar el aprendizaje verbal y no verbal de escolares con antecedentes de exposición a estos metales. Se realizó un estudio casos y controles, observacional, analítico y transversal en los niños escolares entre 9 y 12 años de dos comunidades, a través del instrumento K-bit, se evaluó la inteligencia verbal y no verbal en los grupos de estudio. Se observó una puntuación baja en la prueba K-bit en el grupo de estudio con respecto al control, esto nos sugiere posible alteración, lo que concuerda con investigaciones realizadas en otros continentes donde muestran disminuciones en los puntajes de coeficiente intelectual para los sujetos expuestos a metales. Se puede concluir que existe alteración en la capacidad de aprendizaje de los sujetos en estudio con antecedente de exposición a metales pesados.

**Palabras clave—** Inteligencia verbal y no verbal, escolares, metales pesados.

## Introducción

En la actualidad existen una gran cantidad de sustancias tóxicas a las que estamos expuestos a través de la contaminación del medio ambiente, un problema que atañe al mundo entero, estas sustancias son tóxicas para los ecosistemas, se utilizan de manera indiscriminada principalmente por razones económicas, ejemplo de ello son los metales pesados que provocan daños severos a la salud. Los más utilizados a nivel industrial son el cadmio, el cromo, el plomo, el mercurio y el arsénico, de éstos los tres últimos son elementos ampliamente usados en la minería lo que incrementa de manera importante las cantidades presentes en el medio ambiente, son potencialmente peligrosos porque atraviesan la barrera placentaria y hematoencefálica, y esto representan un riesgo para la salud humana (Blesa, 2015; Cabrera et al., 2013; Ramírez, 2005). La exposición en niños puede ser muy perjudicial a la salud con múltiples consecuencias sistémicas y neurológicas (Bose-O'Reilly et al., 2010; Guzmán et al., 2016; J. M. Ordóñez-Iriarte et al., 2015), ya que la exposición a estos metales resulta tener repercusiones en el coeficiente intelectual, problemas de aprendizaje y problemas en el comportamiento de los niños, sobre todo, cuando son expuestos a nivel prenatal (Guzmán et al., 2016; Jeong et al., 2017; Joo et al., 2018).

La toxicidad del mercurio y plomo es debido a su afinidad a los grupos sulfhidrilo y selenio que se encuentran presentes en las enzimas, modificando su actividad. El arsénico interactúa con los grupos de azufre presentes en los grupos sulfhidrilo, lo cual se ha relacionado con alteraciones genómicas debido a la exposición de estos metales (Bose-O'Reilly, McCarty, Steckling, & Lettmeier, 2010; Ferrer, 2003; Quiñones, Gosset, & Carboney, 2014). Dentro de los posibles riesgos de vivir en una región contaminada con estos metales, se encuentra el daño a distintos órganos del cuerpo humano, el cerebro es uno de los más vulnerables debido a que sufre estrés oxidativo en lípidos, enzimas

<sup>1</sup> Dra. Claudia Araceli Reyes Estrada es Docente Investigadora de la Maestría en Salud Pública de la Unidad Académica de Medicina Humana y Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. (autor correspondiente). c\_reyes13@uaz.edu.mx

<sup>2</sup> La Licenciada en QFB. Miriam Estefanía Martínez de la Torre es alumna de la Maestría en Ciencias de la Salud con especialidad en Salud Pública de la Unidad Académica de Medicina Humana y Ciencias de la Salud en la Universidad Autónoma de Zacatecas. stella\_2092@alive.com

<sup>3</sup> Dra. Dellanira Ruíz de Chávez Ramírez es Docente Investigadora de la Maestría en Salud Pública de la Unidad Académica de Medicina Humana y Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. druizchavezr@hotmail.com

<sup>4</sup> Dra. Cristina Almeida Perales es Docente Investigadora de la Maestría en Salud Pública de la Unidad Académica de Medicina Humana y Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. crisalm@uaz.edu.com

<sup>5</sup> Dra. Blanca Patricia Lazalde Ramos es Docente Investigadora del Programa de Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo de la Unidad Académica de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. blanalazalde@gmail.com

<sup>6</sup> La Dra. Rosalinda Gutiérrez Hernández es Docente Investigadora del Programa de Licenciatura en Nutrición de la Unidad Académica de Enfermería de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. rosalinda@uaz.edu.mx

y ácidos nucleicos, así como la interrupción de producción de energía, que perjudica la desintoxicación celular, procesos que llevan a apoptosis celular (Freire et al., 2010; Rice et al., 2014). El grupo más vulnerable ante esta situación son los infantes, los cuales deben ser prioridad en este tipo de investigaciones, ya que detectar a tiempo indicios de daños neurológicos mejoraría su calidad de vida y le ahorraría grandes costos al sector salud a futuro.

México posee una amplia extensión de territorio con grandes riquezas naturales usadas para el enriquecimiento de empresas privadas entre ellas las mineras. La laguna de La Zacatecana o el Pedernalillo inicialmente se construyó con fines agrícolas, pero esto cambió y se ha utilizado como vertedero de sustancias tóxicas. Las actividades relacionadas con la industria minera en la región ocasionaron que se comenzará a poner atención en esta zona, fue hasta la década de los 90 que se realizaron las primeras mediciones y se detectó gran contaminación en esta presa. Dichas mediciones analizaron a detalle gran cantidad de metales pesados y se tuvo como principal contaminante el mercurio y el plomo (Iskander, 1993). Esta laguna es utilizada por los pobladores para la agricultura, se cultiva maíz y frijol, de acuerdo con algunos artículos estas plantas son que más acumulan arsénico y plomo, representando un riesgo a la salud (Covarrubias & Cabriales, 2017). Es de nuestro interés identificar el aprendizaje verbal y no verbal de los escolares, ya que la exposición a metales puede interferir en su aprendizaje con la premisa del antecedente dejado por estudios previo en la presencia de éstos metales pesado en la zona.

### Metodología

Se realizó un estudio de casos y controles, observacional, analítico y transversal en los niños escolares de las comunidades de La Zacatecana (caso) y Malpaso (control) incluyendo niños entre 9 y 12 años del turno matutino, oriundos de la región; se excluyeron niños con algún problema metabólico, congénito, y degenerativo; se eliminaron a aquellos sujetos que no mostraran carta de consentimiento informado firmado o que desearan salir del estudio. A través del instrumento K-bit incluyendo tres secciones: vocabulario expresivo, vocabulario definiciones y prueba de matrices, donde se evaluó la inteligencia verbal y no verbal en los grupos de estudio. Por medio de un cuestionario sociodemográfico con 9 Ítems y socioeconómico 6 ítems. La muestra se realizó por cuotas para completar un total de 80 niños en ambas escuelas. Se identificaron como variables independientes: lugar de residencia, nivel socioeconómico, escolaridad de los padres, exposición a metales pesados; y como variable dependiente: la inteligencia verbal y no verbal. Los datos obtenidos se capturaron y se analizaron en el programa SPSS versión 21.0 para Windows

#### *Consideraciones éticas*

Se trabajó bajo los lineamientos éticos establecidos protegiendo la integridad e identidad de la población estudiada. Previo a la recolección de datos se realizó una junta de padres de familia para dar a conocer la metodología del estudio donde se entregó el consentimiento informado, a las personas que aceptaron integrarse al estudio se les aplicó una encuesta sociodemográfica que constó de 13 ítems.

### Resultados

#### *Datos sociodemográficos*

Ambas escuelas tienen una condición sociodemográfica similar, en el caso específico de la madre se encontró que el estado civil predominante fue casada, mientras que el grado de escolaridad fue secundaria con un 40 por ciento y 62.5 por ciento respectivamente; el oficio que desempeñaba fue amas de casa en un 82.5 por ciento. Respecto al abasto de agua potable en ambos grupos se encontró acceso al agua potable. Respecto al nivel socioeconómico, tres cuartas partes de ambas escuelas, se encontraron entre los niveles C-, D y D+, es decir, se trata de hogares que al menos cuentan con estudios mayores a primaria, un 38 por ciento del gasto se asigna a alimento y alrededor de un 9 por ciento a educación (Tabla 1). Con el fin de saber en qué medida los escolares de la escuela han estado expuestos a los metales pesados asentados en la laguna de la Zacatecana, se les preguntó, sí durante el embarazo del niño ya residían en el lugar. Se encontró que el 82.5 por ciento asintió a dicha pregunta y el 83.8 por ciento refirió vivir a una distancia menor de 5 kilómetros de la laguna, esto con la finalidad de identificar el nivel de riesgo al que han sido expuestas desde su gestación. Se puede observar que más del 50 por ciento de la población en estudio, tanto como casos y controles se ubicaron en el índice D y D+ del AMAI, aproximadamente el otro 25 por ciento en el C- y el resto distribuido en los demás niveles, por otro lado, el índice AMAI indica que la población en México en general se distribuye en estos niveles, lo cual indica que la mayoría de la población carece de servicios sanitarios, la escolaridad de los padres es de primaria o secundaria trunca y no cuentan con vivienda propia.

Variable		Escuela control		Escuela caso		Valor de P
		Frec.	%	Frec.	%	
Estado civil	<i>Soltera</i>	2	2.5	4	5	NS
	<i>Casada</i>	60	75	64	80	NS
	<i>Viuda</i>	2	2.5	1	1.3	NS
	<i>Divorciada</i>	6	7.5	2	2.5	NS
	<i>Unión libre</i>	10	12.5	9	11.3	NS
Oficio de la madre	<i>Asalariada</i>	7	8.8	9	11.3	NS
	<i>Profesionista</i>	7	8.8	5	6.3	NS
	<i>Ama de casa</i>	66	82.5	66	82.5	NS
Grado de escolaridad de la madre	<i>Ninguno</i>	1	1.3	1	1.3	NS
	<i>Primaria</i>	26	32.5	8	10	* < 0.05
	<i>Secundaria</i>	32	40	50	62.5	* < 0.05
	<i>Preparatoria</i>	13	16.3	14	17.5	NS
	<i>Licenciatura</i>	8	10	7	8.8	NS
La vivienda donde vive es	<i>Propia</i>	54	67.5	65	81.3	NS
	<i>Rentada</i>	26	32.5	15	18.8	NS
	<i>Total</i>	80	100	80	100	NS
Acceso al agua potable	<i>Si</i>	80	100	80	100	NS
	<i>No</i>	0	0	0	0	NS
Vivió en la zacatecana durante el embarazo	<i>No</i>	80	100	14	17.5	NS
	<i>Si</i>	0	0	66	82.5	NS
Distancia que vive de la laguna	<i>Menos de 5 kilómetros</i>	0	0	67	83.8	NS
	<i>5-10 kilómetros</i>	0	0	10	12.5	NS
	<i>Más de 10 kilómetros</i>	80	100	3	3.8	NS
Nivel socioeconómico	<i>A/B</i>	2	2.5	0	0	NS
	<i>C+</i>	4	5	8	10	NS
	<i>C</i>	9	11.2	11	13.7	NS
	<i>C-</i>	22	27.5	19	23.7	NS
	<i>D+</i>	21	26.2	21	26.5	NS
	<i>D</i>	20	25	20	25	NS
	<i>E</i>	2	2.5	1	1.2	NS

Cuadro 1. Datos sociodemográficos de las familias de los niños. Fuente: Elaboración propia. Valor p para prueba de proporciones de columna. NS: No Significativa.

*Prueba K-bit de escuela caso y control*

En la escuela control se observó que el vocabulario, matrices y coeficiente intelectual predominaron con el nivel medio con 47, 44 y 40 por ciento, respectivamente; por otro lado las puntuaciones en la escuela caso fueron para nivel bajo y medio bajo seguido de medio para las tres clasificaciones de inteligencia verbal y no verbal como se observa en la figura 1.

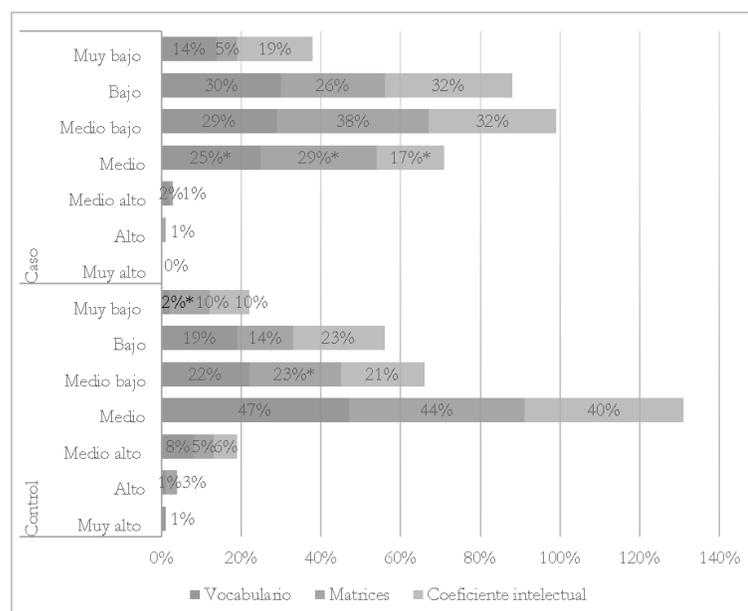


Figura 1. Resultados de la prueba k-bit de la escuela control y caso. \* $p < 0.05$  para prueba de proporciones de columna.

Se efectuó la prueba de diferencia de proporciones de los puntajes entre ambas escuelas, se evidenció diferencias significativas en el nivel medio para vocabulario, matrices y coeficiente intelectual, con mayores prevalencias en la escuela control; en cambio, en el nivel medio bajo de matrices, la proporción de la escuela caso fue mayor que en el control; esta misma condición se presentó en el nivel muy bajo de vocabulario. Asimismo, con la finalidad de comparar ahora los puntajes que arroja la prueba K-bit, se realizó la prueba *t* de Student de muestras independientes donde se compararon los valores medios para vocabulario, matrices y coeficiente intelectual. Se encontraron diferencias altamente significativas en las puntuaciones de vocabulario y coeficiente intelectual ( $p=0.000$ ) con lo que se evidencia que los escolares de la escuela control calificaron con mayores puntajes que en los niños de la escuela caso con antecedente de exposición a metales pesados.

		Escuela		Valor <i>p</i> <i>t</i> Student
		Control	Caso	
Vocabulario	Valor máximo	130	114	0.000
	Valor mínimo	65	48	
	Media	92.13	81.56	
Matrices	Valor máximo	129	121	0.092
	Valor mínimo	42	58	
	Media	89.06	85.39	
Coeficiente intelectual	Valor máximo	115	104	0.000
	Valor mínimo	50	48	
	Media	86.82	78.85	

Cuadro 2. Prueba *t* student muestras independientes de prueba K-bit.

De igual manera, se realizó una comparación de los puntajes de vocabulario, matrices y coeficiente intelectual por sexo y tipo de escuela, en el cuadro 3 y 4 se muestra que en este ámbito no hubo diferencias significativas.

Variable	Clasificación	Escuela Control		Valor <i>p</i> <i>t</i> Student	Escuela Caso		Valor <i>p</i> <i>t</i> Student
		Sexo			Sexo		
		Masculino	Femenino		Masculino	Femenino	
Vocabulario	Valor máximo	130	128	0.711	110	114	0.890
	Valor mínimo	70	65		48	50	
	Media	92.78	91.62		81.33	81.73	
Matrices	Valor máximo	116	129	0.871	105	121	0.559
	Valor mínimo	53	42		58	68	
	Media	88.73	89.32		86.22	84.77	
Coeficiente intelectual	Valor máximo	115	115	0.898	102	104	0.873
	Valor mínimo	66	50		48	59	
	Media	87.05	86.84		79.08	78.67	

Cuadro 3. Escuela control, prueba *t* student puntaje prueba K-bit por sexo.

### Discusión

Los resultados muestran mayor diferencia en el vocabulario, matrices e IQ para los controles vs casos con 10.57 puntos de diferencia lo que coincide con lo reportado por Wasserman et al., (2014) donde observan que los escolares expuestos a metales presentaron una pérdida de cinco y seis puntos en las pruebas de evaluación de IQ. El coeficiente intelectual es el parámetro más ampliamente conocido y reportado de todos los que fueron evaluados, para esta investigación, cuyos resultados se presentan bajos tanto para los controles como para los casos, si se compara con lo reportado por Golding el al., (2017) donde una investigación similar en niños escolares ingleses las medias reportadas fueron de 100 puntos para el coeficiente intelectual. Otro estudio en Taiwán realizado por Hsi et al., (2014) obtuvo medias de puntaje general de entre 107 y 111 puntos. En esta investigación el resultado del grupo control fue de 86.82 lo cual lo sitúa 13.18 puntos por debajo de lo reportado por otros autores, esto pudiera indicar que existen más factores que pueden influir en el nivel de coeficiente intelectual de los niños analizados, debido a que los sujetos del grupo control que no están expuestos a metales pesados tienen una media muy por debajo de lo normal. En este

mismo sentido otros estudios muestran disminuciones en los puntajes de coeficiente intelectual para los sujetos evaluados de un promedio de tres a cinco puntos, como J. Ordóñez-Iriarte et al., (2015) quienes concluyen que la exposición al plomo provoca pérdidas de puntaje de coeficiente intelectual de 3.91 puntos. Por su parte estudios realizados en latino américa como el de Estrada-Sánchez et al., (2017) realizado en México concluyeron que la pérdida de puntaje por exposición a plomo fue de entre 7.13 y 8.84 puntos, rango que coincide con el obtenido en este estudio que fue de 7.97 puntos por lo que se puede atribuir esta pérdida de puntaje a la exposición a metales pesados aunque estaría pendiente identificar cuáles de ellos se encuentran en mayor proporción en la zona. Ahora bien, si estos resultados se analizan por zona geográfica como en el estudio realizado en Brasil por Marques et al., (2016) donde mostraron promedios de puntaje de coeficiente intelectual similares a los resultados obtenidos en este estudio, esto muestra que las afecciones por la exposición a metales pesados son más marcadas en Latinoamérica, esto se puede deber probablemente a que existen otros factores que en conjunto incrementan el daño en el sistema nervioso central.

Al observar los resultados por género las diferencias son prácticamente iguales entre ambos sexos, diferente a lo reportado por Joo et al., (2018) donde indicó que la exposición a metales pesados como el plomo se asoció a problemas de aprendizaje de manera más marcada en mujeres que en hombres. Hernández et al., (2017) por su parte observó que la afección por exposición a metales pesados fue mayor en el sexo masculino. Al evaluar el nivel socio-económico se observa mejor nivel en grupo control vs caso asociado a mejor puntaje IQ lo cual concuerda con lo reportado por Lucchini et al., (2019) quien además concluye que los sujetos que residen en una distancia cercana de fuentes de metales pesado muestran una disminución de hasta 15 puntos en el resultado de coeficiente intelectual. Resultados similares con Guzmán et al., (2016) quienes evaluaron población mexicana cuya conclusión fue que la carencia de servicios básicos y bajos niveles educativos en los padres pueden ser factores de riesgo para aumentar la exposición a metales pesados en los escolares. En el mismo sentido Hernández et al., (2017) muestran que al comparar las concentraciones de plomo en sangre en diferentes grupos clasificados de acuerdo a su nivel socio económico, los grupos que tenían menores ingresos presentan mayores concentraciones de metales pesados respecto a los grupos con mayores ingresos económicos y por ende se ve reflejado en las puntuaciones de coeficiente intelectual.

### Conclusión

Se puede concluir que existen afecciones en la capacidad de aprendizaje de los sujetos en estudio que habitan cerca de la laguna de La Zacatecana, se puede asociar que los resultados obtenidos en los test K-BIT son menores en los casos debido a la exposición a metales pesados, pero esto solo se podría confirmar realizando un análisis de sangre para determinar si en realidad existe dicha intoxicación, determinar la concentración exacta y recomendar el tratamiento más adecuado para los sujetos.

### Referencias

- Blesa, M. y Castro DG. "Historia Natural y Cultural del Mercurio". Editorial AAPC. Buenos Aires. 2015. Dirección de internet [http://aargentiniapciencias.org/wp-content/uploads/2017/10/libro\\_historia\\_natural\\_cultural\\_mercurio.pdf](http://aargentiniapciencias.org/wp-content/uploads/2017/10/libro_historia_natural_cultural_mercurio.pdf)
- Bose-O'Reilly, S., McCarty, K. M., Steckling, N., & Lettmeier, B. "Mercury exposure and children's health". *Current problems in pediatric and adolescent health care*, 40(8), 186-215, 2010. Dirección de internet <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20816346/>
- Cabrera, M. A., Pinos, D., & Pulla, M. F. "Arsénico en el agua". Galileo. 2013. Dirección de internet <https://dspace.ucaenca.edu.ec/bitstream/123456789/30009/1/173-635-1-PB.pdf>
- Covarrubias, S. A., & Cabriales, J. J. P. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 7-21. 2017. Dirección de internet <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01>
- Estrada-Sánchez, D., Ericson, B., Juárez-Pérez, C. A., Aguilar-Madrid, G., Hernández, L., Gualtero, S., & Caravanos, J. "Pérdida de coeficiente intelectual en hijos de alfareros mexicanos". *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 55(3), 292-299. 2017. Dirección de internet <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=72973>
- Ferrer, A. "Intoxicación por metales". *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. 26(1), 2003. Dirección de internet [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1137-66272003000200008&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1137-66272003000200008&script=sci_abstract&tlng=es)
- Freire, C., Ramos, R., Lopez-Espinosa, M.-J., Díez, S., Vioque, J., Ballester, F., & Fernández, M.-F. "Hair mercury levels, fish consumption, and cognitive development in preschool children from Granada, Spain". *Environmental research*, 110(1), 96-104. 2010. Dirección de internet <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19909946/>
- Golding, J., Hibbeln, J., Gregory, S., Iles-Caven, Y., Emond, A., & Taylor, C. "Maternal prenatal blood mercury is not adversely associated with offspring IQ at 8 years provided the mother eats fish: A British prebirth cohort study". *International journal of hygiene and environmental health*, 220(7), 1161-1167. 2017. Dirección de internet <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5584731/>
- Guzmán, E. L., Salazar, M. B., Flores, M. C., Amador, D. R., Cruz, F. J. M., & Guzmán, O. D. L. "Evaluación de daño genotóxico y neurotóxico en población expuesta a Fluor y Arsénico". *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(2), 2016. Dirección internet <https://www.redalyc.org/pdf/579/57956610005.pdf>

Hernández, M. J., Olea, T. d. C. V., Quezada, M. P. M., & Alamos, V. P. I. "Exposición a plomo ambiental y rendimiento escolar en niños y niñas de Antofagasta". *UCMaule* (52), 25-44. Lucchini, R. G., Guazzetti, S., Renzetti, S., Conversano, M., Cagna, G., Fedrighi, C., . . . Zoni, S. (2019). Neurocognitive impact of metal exposure and social stressors among schoolchildren in Taranto, Italy. *Environmental Health*, 18(1), 67. 2017.

Hsi, H.-C., Jiang, C.-B., Yang, T.-H., & Chien, L.-C. "The neurological effects of prenatal and postnatal mercury/methylmercury exposure on three-year-old children in Taiwan". *Chemosphere*, 100, 71-76. 2014.

Iskander, Y., Vega Carrillo, R., Manzanares-Acuna, E. "Determination of mercury and other elements in La Zacatecana Dam sediment in Mexico". *Science of the Total Environment*, 148, 45-48. 1994. Dirección de internet <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048969794903727>

Jeong, K. S., Park, H., Ha, E., Shin, J., Hong, Y.-C., Ha, M., . . . Lee, S.-J. High Maternal Blood Mercury Level Is Associated with Low Verbal IQ in Children. *Journal of Korean Medical Science*, 32(7), 1097-1104. 2017. Dirección de internet <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5461312/>

Joo, H., Choi, J. H., Burm, E., Park, H., Hong, Y.-C., Kim, Y., . . . Ha, M. "Gender difference in the effects of lead exposure at different time windows on neurobehavioral development in 5-year-old children". *Science of the Total Environment*, 615, 1086-1092. 2018. Dirección de internet <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29751412/>

Marques, R. C., Bernardi, J. V., Cunha, M. P., & Dórea, J. G. "Impact of organic mercury exposure and home delivery on neurodevelopment of Amazonian children". *International journal of hygiene and environmental health*, 219(6), 498-502. 2016. Dirección de internet <https://europepmc.org/article/med/27265298>

Ordóñez-Iriarte, J. M., Guillén-Pérez, J. J., Bodas-Pinedo, A., Aparicio-Madre, M. I., Martínez-García, M. J., González-Estecha, M., & Cabasés-Hita, J. M. "Evaluación económica del impacto de la prohibición de plomo en las gasolinas en el cociente intelectual de los niños de 7 y 8 años de la Comunidad de Madrid". *Revista Española de Salud Pública*, 89, 2015. Dirección de internet <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17042253006>

Quiñones, V., A., Gosset, O., G., & Carboney, C., A. "Arsénico y salud". *Salud Pública de México*, 21(2), 187-197, 2014. Dirección de internet <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/968>

Ramírez, A. V. "El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo". Paper presented at the Anales de la Facultad de Medicina. 2005. Dirección de internet [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832005000100009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832005000100009)

Rice, K. M., Walker Jr, E. M., Wu, M., Gillette, C., & Blough, E. R. Environmental Mercury and Its Toxic Effects. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 47(2), 74. 2014. Dirección de internet <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3988285/>

Wasserman, G. A., Liu, X., LoIacono, N. J., Kline, J., Factor-Litvak, P., van Geen, A., . . . Schwartz, A. "A cross-sectional study of well water arsenic and child IQ in Maine schoolchildren". *Environmental Health*, 13(1), 23. 2014. Dirección de internet <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24684736/>

### Notas Biográficas

La **Dra. en C. Claudia Araceli Reyes Estrada** autora es docente en la Maestría en Ciencias de la Salud de la UAMH y Licenciatura en Nutrición de la UAE, UAZ, Zacatecas, Zacatecas. México. Médico Cirujano por la UJED con Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Farmacología Médica y Molecular por la UAZ ha publicado en revistas indizadas y arbitradas, con capítulos de libros y participación en diversos foros académicos, dirección de tesis nivel licenciatura, maestría y doctorado. Con reconocimiento PRODEP y candidata a SIN e integrante del cuerpo académico consolidado 175 de la UAZ.

La **QFB. Miriam Estefanía Martínez de la Torre** autora es alumna de la Maestría en Ciencias de la Salud con especialidad en Salud Pública de la Unidad Académica de Medicina Humana y Ciencias de la Salud en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

La **Dra. en C. Dellanira Ruíz de Chávez Ramírez** autora es docente en la Maestría en Ciencias de la Salud de la Unidad Académica de Medicina Humana y Licenciatura en Nutrición de la Unidad Académica de Enfermería en la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. Médico Cirujano General por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Maestría en Salud Ocupacional por la Universidad Autónoma de Aguascalientes y Doctorado en Ciencias de la Salud en el Trabajo por la Universidad de Guadalajara. Línea de investigación Salud y Trabajo del Cuerpo Académico Consolidado 221 -Salud y Medio Ambiente. Miembro de la Asociación Mexicana de Educación en Salud Pública (AMESP), Miembro de la Red de PIENSO en Latinoamérica (Investigación y Capacitación).

La **Dra. en E.D. Cristina Almeida Perales**, autora, es docente en la Maestría en Ciencias de la Salud de la Unidad Académica de Medicina Humana y de la Licenciatura en Salud Pública de la Universidad Autónoma de Zacatecas de México. Línea de investigación Alimentación y Salud e integrante del Cuerpo Académico Consolidado 221 -Salud y Medio Ambiente-. Pertenece a la Red de Investigación para el Tratamiento y Prevención de la Obesidad de CONACyT, así como a la Red Iberoamericana de Estudios del Desarrollo. Miembro de la Asociación Mexicana de Escuelas en Salud Pública. Tiene publicaciones en revistas indizadas, arbitradas y en capítulos de libro.

La **Dra. en C. Rosalinda Gutiérrez Hernández** autora docente en la Unidad Académica de Enfermería y Maestría en Docencia y Desarrollo Profesional Docente de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. Es Ingeniero Químico con Doctorado en Ciencias en la Especialidad en Farmacología Médica y Molecular por la Universidad Autónoma de Zacatecas, ha publicado en revistas indizadas y arbitradas, con capítulos de libros y participación en diversos foros académicos, ha dirigido diversas tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Posee reconocimiento a perfil PRODEP y SNI I, es líder del cuerpo académico consolidado 175 de la UAZ.

La **Dra. en C. Blanca Patricia Lalalde Ramos**, autora es Químico Farmacéutico Biólogo por la Universidad Juárez del Estado de Durango, con Doctorado en Ciencias con la Especialidad de Farmacología Médica y Molecular por la Universidad Autónoma de Zacatecas ha publicado en revistas indizadas y arbitradas, con capítulos de libros y participación en diversos foros académicos, ha dirigido diversas tesis tanto de licenciatura, maestría y doctorado. Con reconocimiento PRODEP y SIN I, es integrante del cuerpo académico consolidado 175 de la UAZ.

# Implementación del Sistema CRISPR/Cas9 para la edición genómica de *Escherichia coli* aplicada a la biología sintética e ingeniería de vías metabólicas

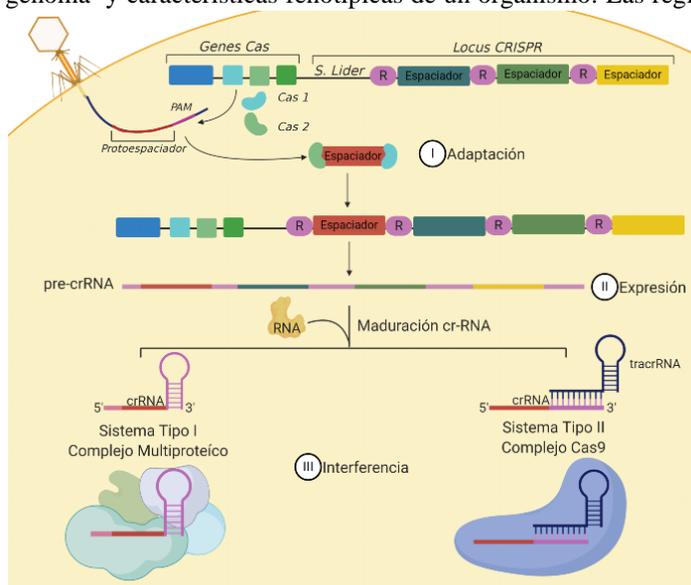
Luz Teresa Reyes González<sup>1</sup>, M.C. Eliseo Ronay Molina Vázquez<sup>2</sup>, M.C. Eduardo Brito Alarcón<sup>3</sup>, Dr. Martín Peralta-Gil<sup>4</sup> y M. Dr. Alfredo Martínez Jiménez<sup>5</sup>

**Resumen**—Durante la última década, la práctica de edición genómica ha tenido gran relevancia tras el descubrimiento de un mecanismo de defensa en bacterias y arqueas, denominado Repeticiones Palindrómicas Cortas, Agrupadas y Regularmente Interespaciadas, dependiente de la proteína Cas9 (CRISPR/Cas9, por sus siglas en inglés). Para resaltar su importancia, en este trabajo se describe la implementación metodológica del Sistema CRISPR/Cas9, así como las ventajas, desventajas y modificaciones del sistema. Los resultados describen el proceso de la optimización del sistema, incluyendo los factores que comprometen el rendimiento y la efectividad de la técnica en la bacteria Gram negativa *Escherichia coli*. En conclusión, la implementación de CRISPR/Cas9 representó un gran reto y desafío que potencialmente otorgará grandes ventajas para realizar edición genómica en cualquier locus de *E. coli*, con fines de aprovecharla en las áreas de Biología Sintética e Ingeniería de Vías Metabólicas.

**Palabras clave**— CRISPR, Cas9, Repeticiones Palindrómicas Cortas, Agrupadas y Regularmente Interespaciadas, Regulación.

## Introducción

El sistema denominado CRISPR (por sus siglas en inglés, Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) o Repeticiones Palindrómicas Cortas, Agrupadas y Regularmente Interespaciadas surge como una alternativa para realizar edición genética. En otras palabras, induce alteraciones en regiones específicas del ADN (por sus siglas en inglés, Deoxyribonucleid Acid o Ácido Desoxirribonucleico), modificando así partes del genoma y características fenotípicas de un organismo. Las regiones repetidas o CRISPR, se localizan en los cromosomas de algunas bacterias y arqueas, y están representadas por secuencias palindrómicas repetidas, también conocidas como *repetidor* o *repetidas*. Cerca de esas secuencias repetidas se localizan genes denominados *cas*, los cuales codifican nucleasas o posibles helicinas, asociados a las secuencias repetidas CRISPR (Cas por sus siglas en inglés, CRISPR associated) (Mojica et al., 2005). En general, el sistema CRISPR proporciona inmunidad adquirida contra la invasión de ADN extraño a través de la escisión de ADN guiada por RNA (por sus siglas en inglés, Ribonucleid acid o ácido ribonucleico) (Hryhorowicz et al., 2017). El sistema CRISPR funciona como memoria para identificar ADN exógeno requiriendo de las proteínas Cas (asociadas a CRISPR). Al identificar las secuencias de ADN invasor, las proteínas Cas introducen una ruptura de doble cadena (DSB, por sus siglas en inglés Double strand DNA



**Figura 1. CRISPR como inmunidad adaptativa: fases del Sistema CRISPR/Cas9.** I) Adaptación o Adquisición, el organismo infectado integra el ADN exógeno en el locus CRISPR, un como espaciador. II) Expresión, la secuencia se transcribe y se procesa hasta sintetizar crRNA. III) Interferencia, se forman los complejos constituidos por crRNA y las proteínas Cas para degradar el ADN exógeno (Sternberg et al, 2014). Imagen creada con BioRender.com.

<sup>1</sup> Luz Teresa Reyes González, alumna de la Escuela Superior de Apan, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (ESAp-UAEH), Apan. Hgo. [re353523@uaeh.edu.mx](mailto:re353523@uaeh.edu.mx), (primer autor).

<sup>2</sup> M.C. Eliseo Ronay Molina Vázquez alumno de Doctorado en el Instituto de Biotecnología - UNAM. [eliseo.molina@mail.ibt.unam.mx](mailto:eliseo.molina@mail.ibt.unam.mx)

<sup>3</sup> M.C. Eduardo Brito Alarcón alumno de Doctorado en el Instituto de Biotecnología - UNAM.

<sup>4</sup> Dr. Martín Peralta-Gil, Profesor Investigador en la ESAP-UAEH. [martin\\_peralta10391@uaeh.edu.mx](mailto:martin_peralta10391@uaeh.edu.mx)

<sup>5</sup> Dr. Alfredo Martínez Jiménez, Investigador en el Instituto de Biotecnología - UNAM, [alfredo@ibt.unam.mx](mailto:alfredo@ibt.unam.mx) (autor para correspondencia).

breaks) para evitar la infección viral (Zhao & Zhang, 2020; Makarova et al, 2015). Generalmente este proceso se efectúa en tres etapas (Figura 1). Durante la etapa de adaptación o adquisición, el ADN exógeno invade las células procariotas y el motivo adyacente PAM que consta de 3 nucleótidos 5'-NGG-3', es reconocido por la proteína Cas (principalmente Cas1 y Cas 2) que lo cortan e integran en el loci de CRISPR, como nuevos espaciadores representados por 20 nucleótidos, la finalidad es proporcionar inmunidad (Doudna and Charpentier, 2014). En la segunda etapa o etapa de expresión, se produce la transcripción del locus CRISPR sintetizando un precursor denominado CRISPR-RNA (pre-crRNA). Posteriormente se procesa hasta generar un RNA maduro (crRNA), el cual consiste de una secuencia 5'-repetidor-espaciador-repetidor-3' y es complementario a las secuencias de DNA invasor. Finalmente, en la etapa de interferencia, las proteínas Cas se asocian con el crRNA funcional, formando un complejo ribonucleoproteico conocido como crRNP, el cual buscará la secuencia PAM que servirá como anclaje en el DNA objetivo y, si las bases del crRNA y el ADN protoespaciador coinciden, se realizara un corte específicamente en el ADN o ARN viral. Actualmente se han identificado seis tipos de sistemas, agrupados en dos clases: Clase 1 que requiere un complejo multiprotéico para degradar el ADN exógeno, abarca el tipo I, III y IV presente en bacterias/arqueas y, la Clase 2 donde solo participa una enzima para formar el complejo CRISPR/Cas con sistemas de tipo II, V y VI, y se encuentran principalmente en bacterias (Cho, Shin, and Cho, 2018; Haft et al., 2005).

El sistema CRISPR/Cas utilizado para editar genomas es de tipo II, este sistema tiene como característica que el complejo crRNP está formado por: la enzima Cas9, que realiza un DSB entre el 3er y 4to nucleótido río arriba de la secuencia PAM y el dúplex crRNA/tracrRNA (por su nombre en inglés trans-activating CRISPR RNA). El estudio de este sistema en *E. coli*, permite usarla como un modelo de estudio para otras bacterias (Zhao and Zhang, 2020). Este sistema es muy específico y permite la identificación exacta de una región específica de interés para cortar casi cualquier región del ADN, aunque tiene ciertas restricciones, tales como: las secuencias PAM (por sus siglas en inglés, Protospacer Adjacent Motifs) y secuencias fuera del objetivo (off-targeting).

Durante la última década, las aplicaciones que se le están dando al sistema CRISPR/Cas son múltiples y variadas. De tal forma que esta tecnología se está aplicando en la inmunización artificial contra virus y fagos, aplicaciones en terapia génica, desarrollo de modelos murinos, aplicaciones en la agricultura, identificación de secuencias genómicas no codificantes, entre otras. Debido a su gran importancia, se ha hecho necesaria la implementación de este tipo de tecnología en los laboratorios interesados en modificaciones metabólicas de microorganismos. El presente proyecto se realizó en el Instituto de Biotecnología de la UNAM en el Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis, en donde se implementó el sistema CRISPR/Cas9 en las áreas de biología sintética e ingeniería de vías metabólicas para generar cepas recombinantes de *E. coli*, con la finalidad de que estos microorganismos sean capaces de producir biocombustibles o moléculas de interés industrial a partir de azúcares simples. De tal forma que esta tecnología pueda proporcionar procesos alternativos para la obtención de metabolitos que tradicionalmente se obtienen del petróleo.

### Descripción del Método

La metodología del sistema CRISPR/Cas9 fue una combinación entre la propuesta de Jiang y colaboradores en 2015 y la de Resich y Prather el mismo año (Jiang et al., 2015; Reisch & Prather, 2015). Estos protocolos requieren dos plásmidos, pCas y pTarget, que contienen los elementos necesarios para el sistema CRISPR/Cas 9, los cuales fueron obtenidos en el laboratorio del Dr. Alfredo Martínez del Instituto de Biotecnología-UNAM. El vector pCas contiene la endonucleasa Cas9 y el sistema de recombinasas que permiten realizar la integración en el genoma y el plásmido pTarget es el vector a través del cual se introduce el ARN guía (gRNA por sus siglas en inglés "guide RNA") (Cho et al., 2018). Este último es un transcrito de fusión conformado por el crRNA y tracrRNA, la cual hibrida con el repetidor de crRNA. Posteriormente el dúplex crRNA/tracrRNA es reconocido por la endonucleasa Cas9 para formar el complejo ribonucleoproteico CRISPR/Cas9, facilitando el uso del sistema, ya que en lugar de expresar dos transcritos en locus diferentes, sólo se requiere un transcrito (Doudna and Charpentier, 2014; Hryhorowicz et al., 2017).

El uso de la nucleasa Cas9 del sistema CRISPR, es importante debido a que tiene un lóbulo de reconocimiento del RNA guía (REC) y un lóbulo nucleasa (NUC). A su vez, el lóbulo NUC presenta un dominio RuvC, otro HNH y, por último, un dominio de interacción con la secuencia PAM, llamado PI. Los

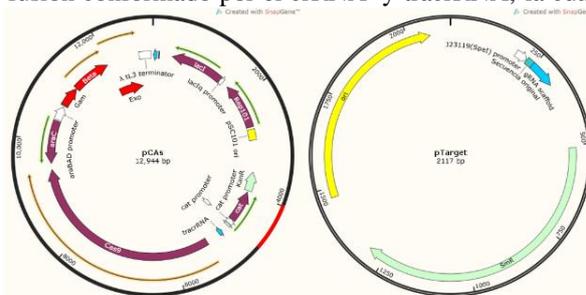


Figura 2. Plásmidos usados en este estudio: pCas, contiene todos los elementos para realizar la integración en el genoma (Cas9 y Sistema  $\lambda$ -red) y pTarget, permite la expresión del gRNA (Brito-Alarcón, 2016). Imagen creada con SnapGene

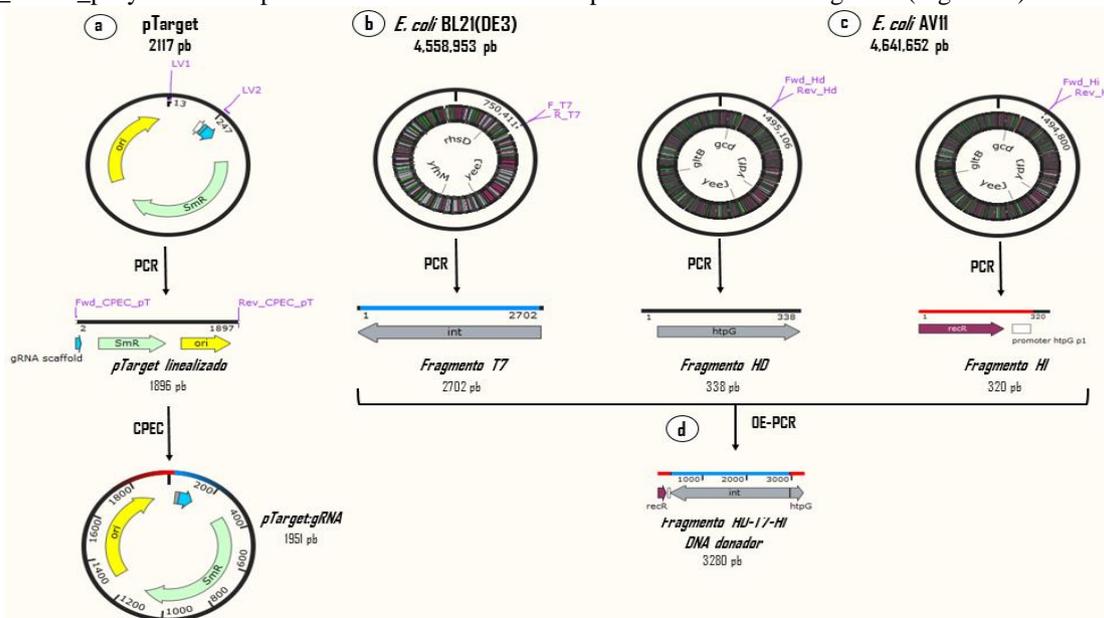
dominios, HNH y RuvC, cortan respectivamente la hebra del DNA diana complementaria al RNA guía y la no complementaria al RNA guía. Además, el dominio PI reconoce la secuencia PAM en la hebra no complementaria en el DNA diana (Nishimasu et al., 2014). El DSB inducido por Cas9 permite la modificación de la secuencia a través de la vía de reparación de unión de extremos no homólogos (NHEJ), donde generalmente ocurren inserciones o deleciones. Otra vía es el sistema de reparación dirigida por homología (HDR, por sus siglas en inglés) donde se requiere el uso del fragmento de ADN donador, flanqueada por las homología mismas que permitirán la recombinación en el sitio de corte.

### Resultados y discusión

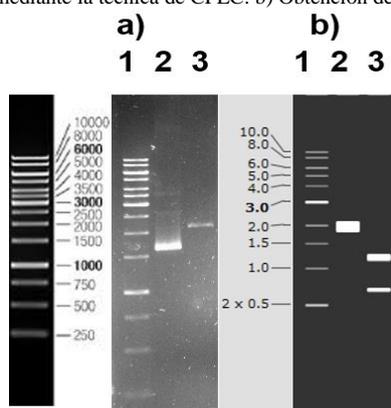
Se desarrolló un sistema molecular inducible por temperatura. Para ello se integró la RNA polimerasa T7 en el cromosoma de la cepa BL21, específicamente en el locus *htpG* dependiente del factor transcripcional  $\sigma$  32 que se expresa como respuesta a estrés térmico (Molina-Vázquez, 2019).

#### Purificación del plásmido y caracterización de los plásmidos pTarget y pCas.

El primer paso para implementar el Sistema CRISPR/Cas consistió en sembrar colonias de las cepas DH5 $\alpha$  pTarget Spe<sup>r</sup> y DH5 $\alpha$  pCas Km<sup>r</sup>, con la finalidad de purificar a los plásmido pTarget y pCas (Figura 2). Posteriormente se caracterizaron los plásmidos con las enzimas de restricción PvuI y SmaI, respectivamente. La digestión de pTarget libera un fragmento de 1900pb, mientras que la longitud de pCas es de 12,944pb. Se procedió a linearizar el vector pTarget con los oligos LV1 y LV2, los cuales presentan homología con Fwd\_CPEC\_pT y Rev\_CPEC\_pT y durante el proceso de PCR alternativo se presenta el cambio de gRNA (Figura 3a).



**Figura 3. Estrategias utilizadas para generar los elementos previos a la técnica.** a) Linearización del vector pTarget para agregar el gRNA mediante la técnica de CPEC. b) Obtención de fragmento T7, a partir de la cepa BL21 (DE3). c) Obtención de fragmento HD y HI de la cepa AV11. d) ADN donador, como producto final de la amplificación por el protocolo de OE-PCR (Molina-Vázquez, 2019). Imagen creada con SnapGene.

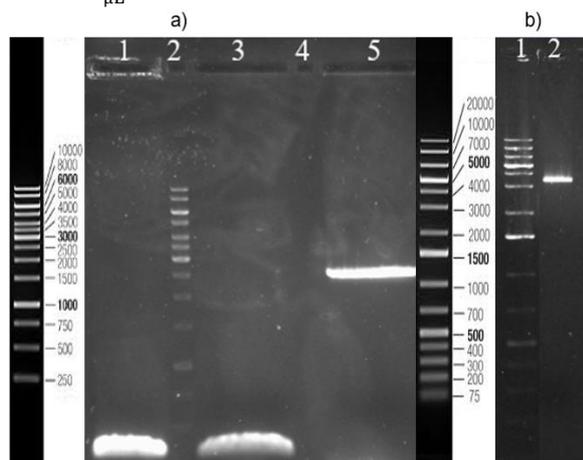


**Figura 4. Sustitución del gRNA.** a) Carril 1 MPM, Carril 2 pTarget sin digerir, Carril 3 pTarget digerido con PvuI sin gRNA b) Carril 1 MPM, Carril 2 pTarget sin digerir, Carril 3 pTarget: gRNA digerido con PvuI (1300 pb y 700 pb).

#### Sustitución del RNA guía (gRNA).

Para realizar el cambio de gRNA es necesario utilizar una técnica de PCR denominada Clonación de Extensión de Polimerasa Circular (CPEC), la cual se realizó utilizando los oligos Fwd\_CPEC\_pT y Rev\_CPEC\_pT, con 100 ng del vector pTarget linealizado. La finalidad de utilizar estos oligos es modificar el gRNA, debido a que tiene homología con los extremos del vector pTarget linealizado de tal forma que se conserva la mayor parte de los elementos del vector pTarget, pero se modifica la secuencia del espaciador, es decir, los 20nt que van a hibridar. El espaciador que se diseñó se amplifica con los oligos Fwd\_CPEC\_pT y Rev\_CPEC\_pT (Figura 3a); y el vector pTarget solo tiene un sitio de corte de PvuI (Figura 4a). Cuando el gRNA es sustituido, se comprueba mediante digestión con PvuI que debe generar dos fragmentos (1300 pb y 700 pb) (Figura 4b). Para desarrollar la

técnica CPEC, se requirieron 100 ng del pTarget linearizado, de 1900pb, contenidos en 3.8  $\mu\text{L}$  a una concentración de  $(26.3 \frac{\text{ng}}{\mu\text{L}})$ .



**Figura 5. Fragmentos de DNA sintetizados mediante PCR y empalmados mediante la técnica OE-PCR.** a) Carril 1, fragmento HD con 338 pb; carril 2, MPM; carril 3 fragmento HI con 320pb; carril 5, amplificado T7 con 2702 pb. b) Fragmento sintetizados después de amplificarlo mediante OE-PCR: Carril 1, MPM y carril 2, fragmento HI-T7-HD. En la primer reacción de OE-PCR se agregó 2.5  $\mu\text{L}$  de HI con una  $(37.2 \frac{\text{ng}}{\mu\text{L}})$ , 20  $\mu\text{L}$  de T7 con una  $(27.2 \frac{\text{ng}}{\mu\text{L}})$  y 3  $\mu\text{L}$  de HD con una  $(30.4 \frac{\text{ng}}{\mu\text{L}})$ .

de Extensión y Sobrelape (OE-PCR) (Figura 3d). El producto final integra al gen de la polimerasa T7, flanqueado por las regiones homologas al locus *htpG* (HD y HI), de 300 pb cada una (HI-T7-HD). El producto amplificado, que servirá como ADN donador, se observó en gel de agarosa al 1%, se purificó y amplificó mediante PCR (Molina-Vázquez 2019) (Figura 5b).

#### **Transformación de los productos CPEC y OE-PCR en la cepa BL21.**

En este paso se transformaron células electrocompetentes de la cepa BL21, con 100 ng del plásmido pCas (Figura 6a). Las células electrocompetentes se prepararon mediante el protocolo de "Electrocompetentes de alta eficiencia" (Ausubel et al. 1987; Miller y Nickoloff, 1997). Posteriormente se realizó una segunda-transformación, utilizando 50  $\mu\text{L}$  de células electrocompetentes de *E. coli* BL21-pCas, la electroporación se realizó a 1900 volts, con una alícuota con 100 ng de pTarget: gRNA y 400 ng del ADN donador (HI-T7-HD) (Figura 6b). Las células electroporadas se recuperaron en medio SOC, a un volumen final de 1 mL, incubándose a 30 °C y 300 rpm por dos horas. Este medio otorga las condiciones necesarias para que la bacteria se recupere de forma rápida, y tenga una mayor eficiencia. Como control negativo se utilizó la cepa de *E. coli* BL21-pCas con 100 ng de pTarget. Las células electrotransformadas se sembraron en cajas con medio LB con Km (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) y Spe (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ), e incubaron a 30°C por una noche para obtener colonias aisladas. Las colonias candidatas se comprobaron por PCR y las colonias positivas se refrigeraron a -70 °C.

#### **Curación de las colonias candidatas para eliminación de plásmidos.**

Las colonias positivas se inocularon en medio LB con Km (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) e IPTG a 0.5 mM, y se dejaron crecer por una noche a 30°C con agitación a 300 rpm. Posteriormente se estrió, en cajas de LB+Km (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) dejando crecer a 30°C por una noche, con la finalidad de obtener colonias aisladas resistentes a Km. Las colonias seleccionadas se sembraron en cajas de LB+Spe (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) y LB+Km (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) para mostrar que las colonias son sensibles a Spe. Finalmente las colonias seleccionadas, resistentes a Km, se inocularon en 4 mL de LB sin antibiótico, a 42 °C por una noche, esto para curar pCas por su origen sensible a temperatura y al día siguiente se sembraron en placas de: LB, LB+Km (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) y LB+Spe (30  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ). Las células que estén curadas de ambos plásmidos deberán crecer a altas temperaturas (42°C) en placas con LB sin antibiótico.

#### **Descripción del funcionamiento del sistema CRISPR/Cas9.**

Finalmente se obtienen células que contienen los plásmidos pCas y pTarget: gRNA, incluyendo el ADN donador (HI-T7-HD) (Figura 6c). El plásmido pCas presenta un promotor inducible por arabinosa (*araBp*), para expresar el sistema de recombinasas y también expresar a la endonucleasa Cas9 (Figura 6cI); mientras que el

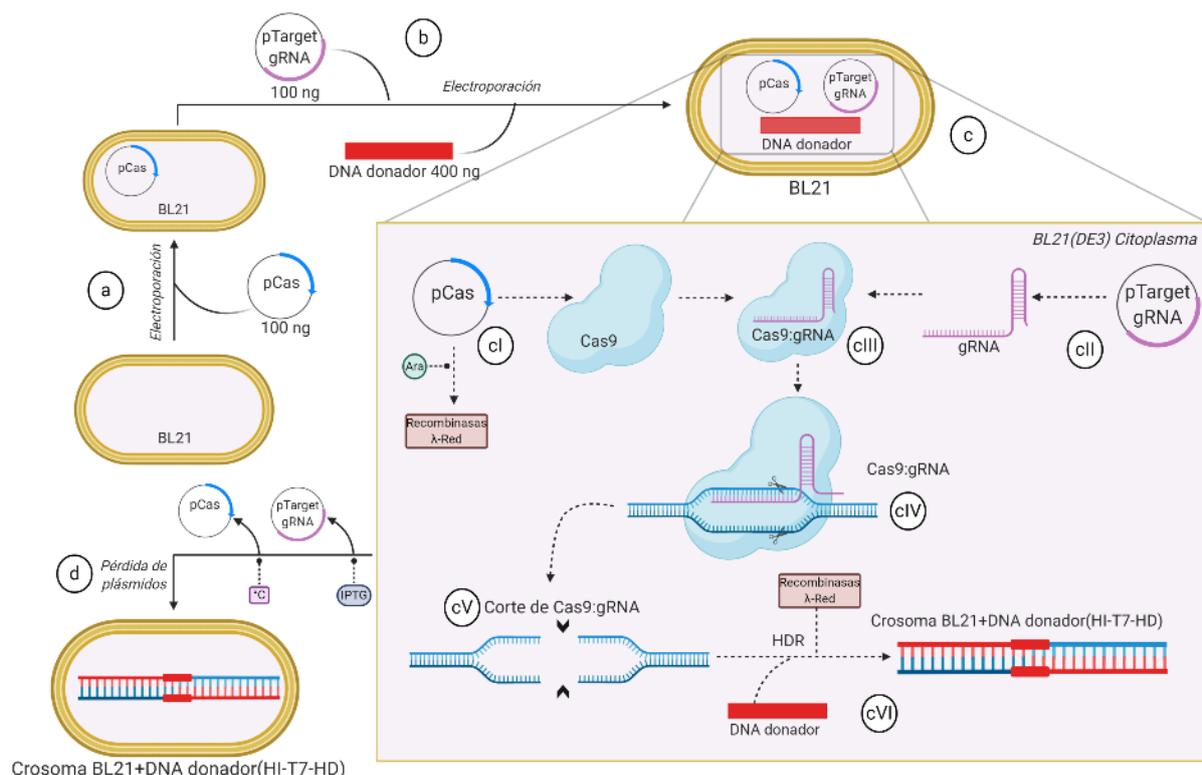
#### **Integración de la RNA polimerasa T7 al locus *htpG*.**

La clonación del gen de la RNA polimerasa T7 en el locus *htpG* se realizó con el siguiente procedimiento. Se amplificó el gen de la RNA polimerasa T7 (T7), a partir de la cepa de *E. coli* BL21 (DE3), utilizando los oligos Fwd\_T7 y Rev\_T7 (Figura 3b). Por otra parte se utilizó el cromosoma de la cepa AV11 para amplificar las regiones homologas, derecha (HD) e izquierda (HI), del gen *htpG*. La amplificación de las regiones HD y HI se realizó con los oligos Fwd\_Hd/Rev\_Hd y Fwd\_Hi/Rev\_Hi (Figura 3c). Para conocer la temperatura óptima de alineamiento de los fragmentos obtenidos por PCR del gen RNA polimerasa T7, homología izquierda y derecha, se realizaron barridos de temperatura de 50°C-60°C con intervalos de 3°C, obteniendo las siguientes temperaturas para las reacciones de PCR: HD 55°C, HI 53°C y T7 58°C. La confirmación del tamaño de los productos de PCR se realizó mediante electroforesis en gel de agarosa al 0.8%, y posteriormente se purificaron (Figura 5a).

El empalme de los productos amplificados por PCR, RNAPol T7, HI y HD, se logró utilizando una variante de PCR denominada Reacción en Cadena de la Polimerasa

plásmido pTarget expresa el ARN guía (gRNA) (Figura 6cII). El ADN (HI-T7-HD) donador se ubica en el citoplasma de la célula. Al expresarse la enzima Cas9 se une al gRNA formando un complejo que se conoce como Cas9: gRNA (Figura 6cIII), en este paso el ARN guía (gRNA) buscará una región complementaria en el ADN de la célula (Figura 6cIV). En otras palabras, la complementariedad de las bases entre gRNA y el ADN del cromosoma de la célula representa la identificación del locus que se quiere editar. Al unirse el complejo, al ADN blanco, se genera un DSB que se repara mediante el sistema de recombinasas inducido por arabinosa (Figura 6cV). Las recombinasas realizarán recombinación homóloga entre el ADN donador (HI-T7-HD), el cual contiene regiones homólogas (HI y HD), y el ADN de la bacteria. De esta forma el ADN donador quedará integrado en el cromosoma de la bacteria (Figura 6cVI).

Después de la recombinación genética, se debe curar la cepa, para eliminar los plásmidos transformados (pCas y pTarget: gRNA). Para curar y eliminar el plásmido, pTarget: gRNA, se induce con IPTG el promotor que regula la transcripción del gRNA. Este procedimiento permite la eliminación del plásmido (pTarget: gRNA) en la bacteria. Posteriormente se eleva la temperatura a más de 30°C para curar y eliminar el plásmido pCas, el origen de replicación de este plásmido es sensible a temperatura (Figura 6d).



**Figura 6. Sistema CRISPR-Cas9 en la cepa BL21.** a) Transformación por electroporación de *E. coli* con 100 ng de pCas. b) Transformación por electroporación de *E. coli*/pCas con 100 ng de pTarget: gRNA y 400 ng de DNA donador (HI-T7-HD). c) Cepa BL21 con pCas, gRNA y HI-T7-HD. cI) El plásmido pCas transcribe la enzima Cas9 y el sistema de Recombinasas λ-red; cII) El plásmido pTarget transcribe gRNA; cIII) En el citoplasma Cas9 se une al gRNA, formando el complejo Cas9:gRNA; cIV) El complejo Cas9:gRNA corta la cadena complementaria de ADN; cV) Inducción con arabinosa para activar el sistema de Recombinasas λ-red, las recombinasas utilizarán el ADN donador para realizar recombinación homóloga y finalmente obtener la integración de este fragmento en el cromosoma de BL21 (Molina-Vázquez, 2019). Imagen creada con BioRender.com

### Comentarios finales

El uso de CRISPR-Cas9 en *E. coli* ha sido muy variado, desde la eliminación, la integración de un gen o la generación de eliminación de genes e integración de múltiples secuencias de genes en diferentes locus. Además se ha utilizado para atenuar la expresión de los genes (CRISPRi), al reconocer regiones complementarias con genes específicos o sus regiones reguladoras, tales como: promotores o sitios de unión de los factores de transcripción (Cho et al., 2018), mediante la desactivación catalítica de la proteína Cas9 (dCas9), con dominios de nucleasa RuvC y HNH inactivos, pero conservando la capacidad de unirse al ADN diana (complementario del ARNg). Esta interacción provoca la represión del gen diana mediante un bloqueo estérico (Gao et al., 2017; Wu et al., 2015, 2017). Por último, las propiedades del sistema CRISPR abren la posibilidad de emplearlo en el análisis de genes relacionados con las vías metabólicas en *E. coli*. De tal forma que esta información es extrapolable en estudios de genómica comparativa y genómica funcional.

### Conclusiones

Los resultados demuestran que se integró en el cromosoma de la cepa de *E. coli* BL21 el DNA donador; el diseño y construcción de los elementos de la técnica de edición genómica CRISPR/Cas9 se realizaron de manera exitosa, permitiendo así la estandarización del protocolo y de las técnicas de Biología Molecular (extracción de plásmidos, digestión con enzimas de restricción, PCR, OE-PCR, CPEC, etc.), ocasionando así, un gran impacto para su futura implementación en la obtención de cepas recombinantes que generen productos de interés industrial.

### Referencias

- Brito-Alarcón, E. (2016). *Modificación genética de Escherichia coli mediante el Sistema CRISPR-Cas9 [Tesis de licenciatura]*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Cho, S., Shin, J., & Cho, B. K. (2018). Applications of CRISPR/Cas system to bacterial metabolic engineering. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4). <https://doi.org/10.3390/ijms19041089>
- Doudna, J. and Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346 (6213), pp.1258096-1258096.
- Gao, C., Wang, S., Hu, G., Guo, L., & Chen, X. (2017). *Engineering Escherichia coli for malate production by integrating modular pathway characterization with CRISPRi-guided multiplexed metabolic tuning*. <https://doi.org/10.1002/bit.26486>
- Haft, D., Selengut, J., Mongodin, E. and Nelson, K. (2005). A Guild of 45 CRISPR-Associated (Cas) Protein Families and Multiple CRISPR/Cas Subtypes Exist in Prokaryotic Genomes. *PLoS Computational Biology*, 1(6), p.e60.
- Hryhorowicz, M., Lipiński, D., Zeyland, J., & Słomski, R. (2017). CRISPR/Cas9 Immune System as a Tool for Genome Engineering. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 65(3), 233–240. <https://doi.org/10.1007/s00005-016-0427-5>
- Jiang, Y., Chen, B., Duan, C., Sun, B., Yang, J., & Yang, S. (2015). Multigene editing in the Escherichia coli genome via the CRISPR-Cas9 system. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(7), 2506–2514. <https://doi.org/10.1128/AEM.04023-14>
- Makarova, K., Wolf, Y., Al Khanbashi, O., Costa, F., Shah, S., Saunders, ST., Barrangou, R., Brouns, S., Charpentier, E., Haft, D., Horvath, P., Moineau, S., Mojica, F., Terns, R., Terns, M., White, M., Yakunin, A., Garrett, R., van der Oost, J., Backofen, R. and Koonin, E. (2015). An updated evolutionary classification of CRISPR–Cas systems. *Nature Reviews Microbiology*, 13 (11), pp.722-736.
- Mojica, F. J. M., Díez-Villaseñor, C., García-Martínez, J., & Soria, E. (2005). Intervening sequences of regularly spaced prokaryotic repeats derive from foreign genetic elements. *Journal of Molecular Evolution*, 60(2), 174–182. <https://doi.org/10.1007/s00239-004-0046-3>
- Molina-Vázquez, E. R. (2019). *Ingeniería metabólica de Escherichia coli para la producción de 2,3-butanodiol a partir de glucosa mediante un sistema de expresión inducible por temperatura [Tesis de maestría]*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Nishimasu, H., Ran, F. A., Hsu, P. D., Konermann, S., Shehata, S. I., Dohmae, N., Ishitani, R., Zhang, F., & Nureki, O. (2014). Crystal Structure of Cas9 in Complex with Guide RNA and Target DNA. *Cell*, 156(5), 935–949. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.02.001>
- Reisch, C. R., & Prather, K. L. J. (2015). The no-SCAR (Scarless Cas9 Assisted Recombineering) system for genome editing in Escherichia coli. *Scientific Reports*, 5(June), 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep15096>
- Sternberg, S., Redding, S., Jinek, M., Greene, E. and Doudna, J. (2014). DNA Interrogation by the CRISPR RNA-Guided Endonuclease Cas9. *Biophysical Journal*, 106(2), p.695a.
- Wu, J., Du, G., Chen, J., & Zhou, J. (2015). Enhancing flavonoid production by systematically tuning the central metabolic pathways based on a CRISPR interference system in Escherichia coli. *Nature Publishing Group, February*, 1–14. <https://doi.org/10.1038/srep13477>
- Wu, J., Zhou, P., Zhang, X., & Dong, M. (2017). Efficient de novo synthesis of resveratrol by metabolically engineered Escherichia coli. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 44(7), 1083–1095. <https://doi.org/10.1007/s10295-017-1937-9>
- Zhao, J., & Zhang, D. (2020). Expanding application of CRISPR-Cas9 system in microorganisms. *Synthetic and Systems Biotechnology*, 5(4), 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2020.08.001>

### Notas Biográficas

La alumna **Luz Teresa Reyes González** es estudiante de la Licenciatura en Ingeniería en Biociencias de la Escuela superior de Apan (ESAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Actualmente realiza su tesis de Licenciatura en el laboratorio de Ingeniería de Vías Metabólicas del Instituto de Biotecnología de la UNAM.

Los Maestros en Ciencias **Eliseo Ronay Molina Vázquez** y **Eduardo Brito Alarcón**, actualmente estudiantes de doctorado del posgrado en Ciencias Bioquímicas del Instituto de Biotecnología - UNAM. Los Maestros en Ciencias son los pioneros en la implementación de la Tecnología de CRISPR/Cas9 en el laboratorio del Dr. Alfredo Martínez Jiménez.

El **Dr. Alfredo Martínez Jiménez** es Líder Académico en el Departamento de Ingeniería Celular y Biotecnología del Instituto de Biotecnología – UNAM, y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel 3.

El **Dr. Martín Peralta Gil** es profesor investigador en la Licenciatura en Ingeniería en Biociencias, de la Escuela Superior de Apan de la UAEH, y pertenecen al Cuerpo Académico Biociencias Moleculares.

# MEDICIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN CON EL SOFTWARE R

Dr. Manuel Jesús Reyes Méndez, MIA Lizette Alvarado Tarango, MIA Viridiana Reyes Uribe, MIA Julio Cesar Gómez Salazar, Ing. Jazmín Lara Lara, MIA Liliana Carrasco Armendáriz<sup>1</sup>

**Resumen**—Las escalas de calificación, como las escalas Likert, son muy comunes en investigaciones de mercado, estudios de satisfacción del cliente, psicometría, encuestas de opinión, estudios de población y muchos otros campos. En este trabajo se presentan ejemplos de construcción de diversas graficas Likert utilizando el software R y se muestran los problemas de percepción y programación en su construcción.

**Palabras clave**— Diverging stacked bar charts, Graphics, Likert scales, lattice package in R, vcd package in R.

## Introducción

Una escala Likert es una escala psicométrica que se usa para evaluar las opiniones, actitudes y experiencias de los clientes con respecto a las marcas, productos y servicios. En las pruebas psicométricas se utilizan para medir creencias, actitudes y opiniones de sujetos. Esta forma de clasificación lleva el nombre de su inventor, el psicólogo Rensis Likert y ofrecen a los encuestados la oportunidad de indicar en qué medida están de acuerdo o en desacuerdo con una declaración dada (CustoberThermome, 2019).

*Ejemplo de escala de Likert de 5 puntos*

Una pregunta típica de la escala Likert podría ser: ¿Qué tan satisfecho está con el servicio que recibió del departamento de Recursos Humanos?

Al encuestado se le puede ofrecer una escala Likert de 5 puntos para que seleccione su respuesta.

1. Muy Satisfecho.
2. Moderadamente satisfecho.
3. Ni satisfecho ni insatisfecho.
4. Moderadamente insatisfecho.
5. Muy insatisfecho.

A los encuestados se les ofrece una opción de respuesta intermedia y neutral. Esta técnica evita obligar a los encuestados a tomar decisiones binarias. En general, es más beneficioso ofrecer menos opciones de las cuales los encuestados puedan hacer sus selecciones rápidamente y luego investigar con una pregunta de seguimiento más profunda para descubrir las razones de su opinión. Se ha argumentado (Heiberger y Robbins, 2014) que la mayor cantidad de opciones de respuesta ofrecidas maximiza la cantidad de información recopilada, pero otros investigadores (Preston y Colman, 1999) opinan que lo óptimo es contar con 7 opciones de respuesta.

La escala Likert de 2 opciones ofrece a los encuestados la oportunidad de estar de acuerdo o en desacuerdo. Estas opciones binarias pueden proporcionar lo que se requiere sin confundir a los encuestados. Pero se ha encontrado que es menos precisa y menos confiable que la de 7 niveles (Cicchetti, Shoinralter, y Tyrer, 1985).

Una escala Likert de 4 puntos obliga a los encuestados a tomar una decisión positiva o negativa sin una opción intermedia o neutral. Esta técnica, combinada con una pregunta de seguimiento, generará mejores respuestas.

*Ventajas y desventajas de las escalas Likert*

La principal ventaja de las escalas Likert es que pueden evaluar la experiencia, la opinión o la actitud de un cliente. Las preguntas que se utilizan para evaluar la Satisfacción van desde “encantado” hasta “frustrado”; la Importancia desde “esencial” hasta “sin importancia”; la Calidad desde “extremadamente alto” hasta “muy pobre”, la Frecuencia desde “a menudo” hasta “nunca”, la Probabilidad desde “definitivamente” hasta “nunca”.

Otro beneficio de usar las escalas Likert es que les da a los clientes más opciones de opinión que una respuesta simple como un sí o un no. También le facilita al entrevistado responder a las preguntas sin tener que pensar en cómo describir su experiencia y satisfacción.

Las Escalas Likert aumenta las posibilidades de que los clientes completen una encuesta porque no hay preguntas "difíciles" que incluyan respuestas abiertas (Barron, 2019)

La tabla 1 muestra las ventajas y desventajas del uso de las escalas Likert

<sup>1</sup> Todos los participantes son maestros del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. Correo Corresponsal: reyesmjesus@yahoo.com

**Tabla 1 Ventajas y desventajas de las escalas Likert**

Ventajas de la escala Likert	Desventajas de la escala Likert
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de entender e implementar.</li> <li>• Las respuestas admiten análisis estadísticos, informes y representación gráfica.</li> <li>• Los encuestados las escalas Likert son fáciles de entender y usar.</li> <li>• Las escalas Likert brindan la posibilidad de registrar opiniones variadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por lo limitado de opciones, las escalas no pueden medir actitudes verdaderas.</li> <li>• Es probable que las respuestas se vean influenciadas por las preguntas anteriores.</li> <li>• Algunos evitan elegir opciones extremas incluso si estas son las más precisas.</li> </ul>

*Cómo analizar datos de escala Likert*

Los datos de la escala Likert son 'ordinales', lo que significa que solo podemos determinar que un puntaje es más alto o más bajo que otro. No podemos cuantificar la diferencia o la distancia entre las opciones de respuesta. Al analizar los datos de las escalas Likert, la medida básica más adecuada es examinar la "moda" que indica las respuestas proporcionadas con mayor frecuencia. Una forma muy efectiva y práctica de representar y visualizar estos datos es usar gráficos de barras que resalten la 'moda' junto con barras que reflejen el número de encuestados que eligieron otras opciones.

Tabular los datos es otra técnica simple pero altamente efectiva. Cuando se tienen escalas de cuatro puntos la moda le dirá la respuesta más común a cada enunciado, mientras que la media dará la respuesta promedio general (Formplus, 2019).

*Numero de opciones de respuesta que se deben incluir*

Se recomienda utilizar un número impar de opciones de respuesta, ya sea 3, 5 o 7, para dar a los participantes la opción de expresar una opinión neutral. Las escalas de respuesta con números pares "empujarán" a los participantes a tomar una decisión. Si bien esto puede facilitar el análisis de datos al crear resultados más claros, también podría terminar sesgando los resultados, si los participantes tuvieran una opinión neutral sobre el tema (Jerome Collomb, 2019).

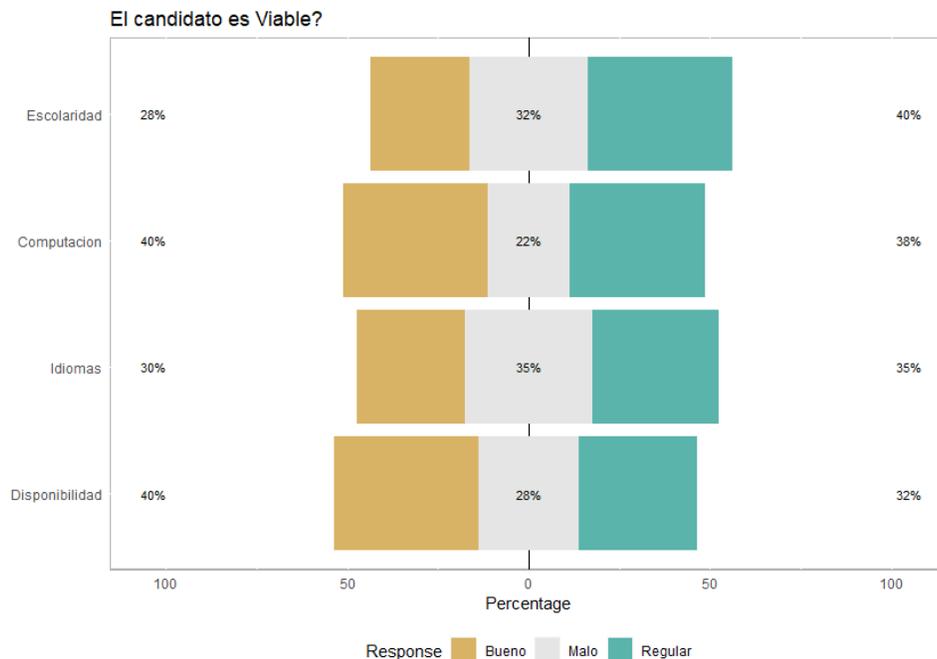
**Descripción del Método**

R es un ambiente de programación formado por un conjunto de herramientas muy flexibles que pueden ampliarse fácilmente mediante paquetes, librerías o definiendo nuestras propias funciones. Además, es gratuito y de código abierto, un Open Source parte del proyecto GNU, como Linux o Mozilla Firefox.

R puede ser expandido con paquetes. Cada paquete es una colección de funciones diseñadas para atender una tarea específica. El paquete *Likert* se puede utilizar para producir tanto resúmenes atractivos, como gráficas de datos Likert.

En este modelo de análisis se utilizan datos simulados dentro de R. Los comandos `ordered` y `sample` ayudaron a obtener las muestras. A continuación, se presentan los comandos de R para el análisis y graficación de datos simulados. Estos datos pretenden representar la opinión global en la evaluación de candidatos. El comando para hacer el muestreo es `sample` y la cantidad de muestras es 40 con reemplazo. La base de datos (bd) está formada por las variables: Idiomas, Disponibilidad, Computación, Escolaridad y Turnos. Este modelo pretende servir como plantilla para que de forma simple se pueda aplicar en otros casos. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 1 donde se puede notar que la escolaridad y el dominio de los idiomas de los candidatos es bajo, mientras que la disponibilidad y la competencia en computación es alta.

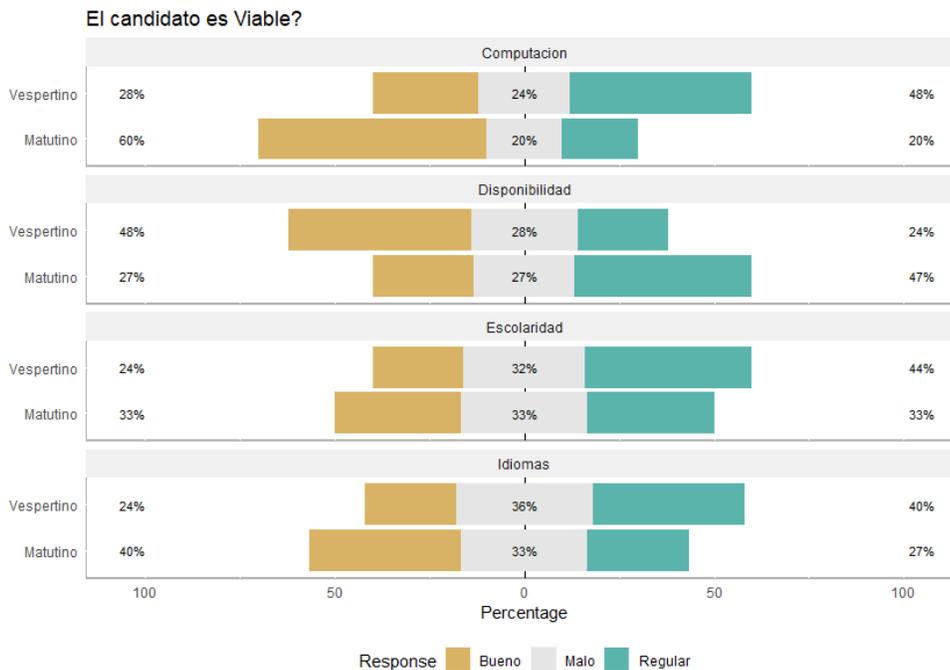
```
#Ejercicio con datos simulados
titulo <- "El candidato es Viable?"
Idiomas <- ordered(sample(c("Malo", "Regular", "Bueno"), 40, T))
Disponibilidad <- ordered(sample(c("Malo", "Regular", "Bueno"), 40, T))
Computacion <- ordered(sample(c("Malo", "Regular", "Bueno"), 40, T))
Escolaridad <- ordered(sample(c("Malo", "Regular", "Bueno"), 40, T))
Turnos <- ordered(sample(c("Matutino", "Vespertino"), 40, T))
bd <- data.frame(Idiomas, Disponibilidad, Computacion, Escolaridad, Turnos)
install.packages("likert")
library(likert)
obl <- likert(bd[,1:4]) #Todos los registros de las primeras cuatro columnas
plot(obl)+ggtitle(titulo)
```



**Imagen 1 Graficas Likert de 3 opciones**

A continuación, se presenta el código y el resultado del análisis de los mismos datos simulados, pero considerando los grupos a los que aspiran los candidatos. Los resultados se muestran en la Imagen 2. Se puede observar que los candidatos que tienen preferencia por el turno matutino, tienen altas competencias en computación.

```
#Análisis por grupos
ob2 <- likert(bd[,1:4, drop=F],grouping = bd$Turnos)
plot(ob2)+ggtitle(titulo)
```



**Imagen 2 Resultados por grupos**

*Datos capturados en Excel*

A continuación, se muestra un modelo más para la obtención de datos. Debido a que es común trabajar con datos capturados en Excel, como se aprecia en la figura 3, es conveniente gravar el archivo con la extensión csv (valores separados por comas) o bien copiarlos a la memoria y de ahí pasarlos a R como se muestra a continuación. La Imagen 3 muestra los primeros 10 registros tabulados en Excel. En total fueron 40 registros con cuatro variables. Una vez seleccionados los datos y los encabezados de las columnas, se procede hacer la copia a la memoria con Ctrl C. Al aplicar el comando read.table la información se asigna a la variable x. La Imagen 4 muestra el encabezado de esta base de datos con seis registros.

	A	B	C	D
1	Confianza	Calidad	Premura	Grupo
2	Regular	Excelente	Bueno	IL
3	Malo	Bueno	Bueno	Otro
4	Bueno	Bueno	Malo	IL
5	Regular	Bueno	Excelente	IL
6	Excelente	Malo	Regular	IL
7	Excelente	Malo	Excelente	IL
8	Malo	Regular	Malo	IL
9	Regular	Regular	Malo	IL
10	Bueno	Excelente	Excelente	Otro

**Imagen 3 Datos capturados en Excel**

```
#Leer de la memoria
x <- read.table("clipboard",header = TRUE)#Leer los datos
titulo <- "Opinión sobre Servicios Escolares"
head(x)
```

	Confianza	Calidad	Premura	Grupo
1	Regular	Excelente	Bueno	IL
2	Malo	Bueno	Bueno	Otro
3	Bueno	Bueno	Malo	IL
4	Regular	Bueno	Excelente	II
5	Excelente	Malo	Regular	IL
6	Excelente	Malo	Excelente	II

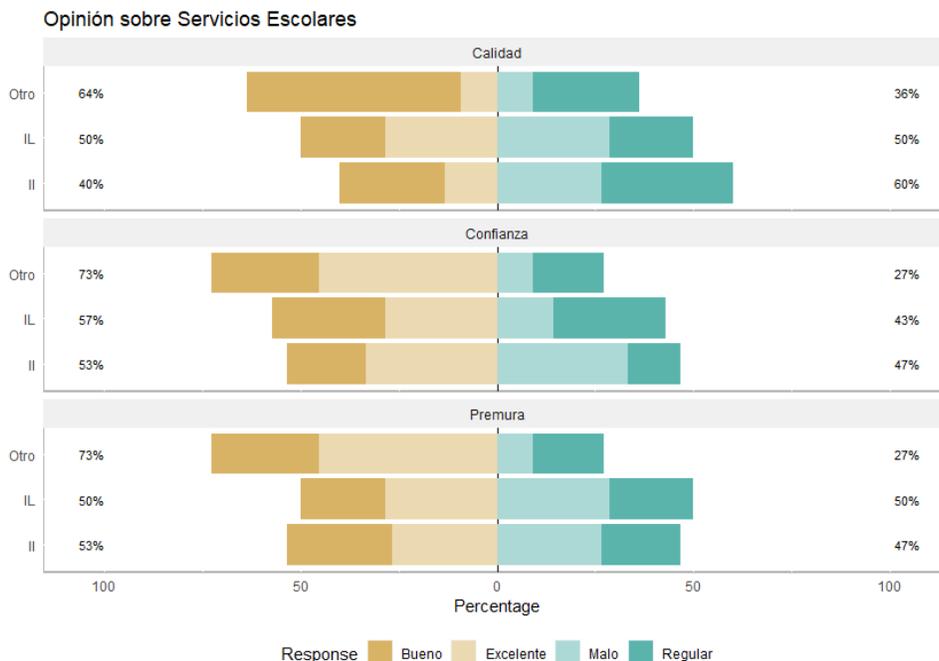
**Imagen 4 Los primeros registros de la base de datos x**

Para aplicar el paquete likert de R, es necesario hacer una ordenación de las opciones para que los resultados gráficos tengan concordancia. A continuación, se instalan los paquetes complementarios y finalmente se cargan con el comando library. Se aclara que, una vez instalados los paquetes, ya no es necesario hacer este procedimiento cada vez que se usen, simplemente se cargan. En la imagen 5 se presenta el resultado de la agrupación. La opinión sobre la calidad de los servicios escolares de los alumnos de Ingeniería Industrial es mala.

```
#Ordenar
x$Confianza <- ordered(x$Confianza)
x$Calidad <- ordered(x$Calidad)
x$Premura <- ordered(x$Premura)
x$Grupo <- ordered(x$Grupo)

#Paquetes
install.packages("devtools")
install_github("m-dev-/likert")
library(devtools)
library(likert)

#Agrupar
xg <- likert(x[,1:3,drop=F],grouping = x$Grupo)
# Grafica
plot(xg) + ggtitle(titulo)
```



**Imagen 5 Análisis grupal de cuatro opciones**

**Comentarios Finales**

En este trabajo se muestra la metodología para obtener las escalas Likert mediante R. Se realizaron simulaciones para contar con datos adecuados a cada caso. Es importante tener el código para realizar investigación reproducible, ya que basta sustituir los datos que aparecen por los que interesan. El análisis de grupos facilita hacer comparaciones. Finalmente mencionar que R facilita el análisis y la representación de datos de opinión,

*Resumen de resultados*

En este trabajo se presentaron aplicaciones reproducibles con datos Likert. En el primer caso, se utilizaron datos simulados por R con los comandos ordered y sample. Con el fin de representar la opinión global en la evaluación de candidatos, se formó una base de datos con 40 muestras con reemplazo con las variables: Idiomas, Disponibilidad, Computación, Escolaridad y Turnos. Este modelo se pretende que pueda servir como plantilla en el uso de esta técnica de análisis.

En el último modelo, se utilizan datos simulados con Excel. Se utiliza la opinión de los alumnos respecto a los servicios escolares tomando las variables Calidad del servicio, Confianza en los resultados y la prestancia o premura en el trabajo. Se hizo la agrupación por carrera: Ingeniería Industrial, Ingeniería Logística y Otra.

*Conclusiones*

El paquete Likert se puede utilizar para producir atractivos resúmenes y gráficos de datos Likert de una sola muestra. Sin embargo, el paquete es algo meticuloso con la forma de los datos que acepta. Los datos deben estar en formato "amplio". Además, los tamaños de muestra para cada nivel de la variable de factor deben ser iguales, pero puede usar valores NA para las observaciones faltantes. Técnicamente, La escala de Likert es una herramienta de medición que, a diferencia de preguntas dicotómicas con respuesta sí/no, nos permite medir actitudes y conocer el grado de conformidad del encuestado con cualquier afirmación que le propongamos. Resulta especialmente útil emplearla en situaciones en las que queremos que la persona matice su opinión. En este sentido, las categorías de respuesta nos servirán para capturar la intensidad de los sentimientos del encuestado hacia dicha afirmación.

*Recomendaciones*

Es recomendable hacer uso del software R y sus paquetes de aplicaciones, en especial el paquete likert ya que es muy intuitivo y fácil de utilizar. En cuanto a la obtención de datos, es conveniente hacer tabulaciones con la ayuda de Excel y de ahí pasarlo a R ya sea por medio de la lectura del archivo con extensión csv o bien haciendo una selección del rango de los datos y posteriormente hacer una copia a la memoria intermedia y finalmente pasarlos a R.

## Referencias

- Barron, B. (2019). Understanding the Likert Scale\_ What is it and How Can You Use it\_.
- Cicchetti, D. V., Shoinralter, D., & Tyrer, P. J. (1985). The Effect of Number of Rating Scale Categories on Levels of Interrater Reliability: A Monte Carlo Investigation. <https://doi.org/10.1177/014662168500900103>
- CustoberThermome. (2019). Likert Scale\_ What You Need to Know. Retrieved from <https://www.customerthermometer.com/customer-surveys/likert-scale-examples-questions-what-you-need-to-know/>
- Formplus. (2019). The 4,5, and 7 Point Likert Scale + [Questionnaire Examples]. Retrieved from file:///C:/Users/Jesus Reyes/Documents/A ITCJ 2 2019/Likert - Satisfaccion - cliente/formplus/The 4,5, and 7 Point Likert Scale + [Questionnaire Examples].html
- Heiberger, R. M., & Robbins, N. B. (2014). Design of diverging stacked bar charts for Likert scales and other applications. *Journal of Statistical Software*, 57(5), 1–32. <https://doi.org/10.18637/jss.v057.i05>
- Jerome Collomb. (2019). Our tips for using Likert scales effectively in your surveys. Retrieved from file:///C:/Users/Jesus Reyes/Documents/A ITCJ 2 2019/Likert - Satisfaccion - cliente/MyFeelBack/Our tips for using Likert scales effectively in your surveys.html
- Preston, C. C., & Colman, A. M. (1999). Optimal number of response categories in rating scales: reliability, validity, discriminating power, and respondent preferences. *Acta Psychologica*, 104, 1–15. Retrieved from <https://www2.le.ac.uk/departments/npb/people/amc/articles-pdfs/optinumb.pdf>

# MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA DETERMINAR LOS FACTORES PSICOSOCIALES ASOCIADOS AL RENDIMIENTO ACADÉMICO

Dr. Jorge Refugio Reyna De La Rosa<sup>1</sup>, Dr. Jesús Mario Flores Verduzco<sup>2</sup>, M.C. Jorge Armando Llamas Esparza<sup>3</sup>,  
Ing. Agustín Figueroa Ortega<sup>4</sup> y C. Adán Jordi Reyna Andrade<sup>5</sup>

**Resumen**—Este proyecto tiene como propósito identificar las variables ligadas al factor psicosocial que, influyen en el rendimiento académico de estudiantes de ingeniería. Esto es, por medio de una encuesta se logró la recolección de datos requeridos en el estudio. Por consiguiente, es una investigación cuantitativa no experimental explora variables y elementos sin afectar la naturaleza del fenómeno. A través de un diseño transversal descriptivo se indagaron las características, tipos y sucesos cuantitativos en la matrícula de una institución del Tecnológico Nacional de México (TecNM). El rendimiento académico engloba distintas variables complejas por sí mismas, tales como psicosociales, pedagógicas, sociodemográficas e institucionales, según se indica por (Tourón, 1984; Montero, Villalobos y Valverde, 2007). Asimismo, los indicadores del rendimiento académico corresponden a el promedio de las calificaciones y los créditos acumulados por el estudiante (Tourón, 1985; Rodríguez-Ayán, 2007).

En efecto, las variables que presentan más saturación en el factor psicosociales son: (a) cambio de escuela, (b) elección de carrera, (c) feliz en el TecNM, (d) satisfacción del programa, (e) abandono del TecNM, (f) compromiso de metas, (g) cumplimiento de tareas. El modelo de regresión lineal múltiple (RLM) formula que, se reducen los indicadores del primer componente con el incumplimiento de metas y especular en el abandono, por consiguiente, se reduce el desempeño universitario. Por otro lado, al desarrollar programas que, motiven felicidad y satisfacción en una carrera del TecNM, mayor será el aprovechamiento escolar.

**Palabras clave**— rendimiento académico, aprovechamiento escolar, desempeño estudiantil, regresión lineal múltiple.

## Introducción

Los factores asociados al débil rendimiento académico están relacionados con las dimensiones académicas, económicas y sociales de los estudiantes. También, el aprovechamiento escolar tiene relación con la motivación, inteligencia, ingresos económicos, hábitos, estrategias y estilos de aprendizaje (Tonconi, 2010). Asimismo, Lamas (2015) cita a Willcox (2011) quien establece que la calificación escolar es de utilidad para categorizar el rendimiento universitario. Además, el promedio escolar es considerado en becas, pregrados y posgrados universitarios. Así como indicador para la búsqueda de empleo. En efecto, las calificaciones escolares son la consecuencia de las evaluaciones y desempeño de una trayectoria universitaria. Por consiguiente, es el resultado de los conocimientos obtenidos por los estudiantes. Esto es, una comprensión teórica y práctica de las asignaturas y áreas de su especialidad en beneficio de su desarrollo profesional en un entorno laboral (Lamas, 2015).

El rendimiento académico es multicausal y complejo, es el efecto de la articulación de diversos componentes sociales, personales, institucionales y académicos. Esto es, los factores varían entre poblaciones de una región a otra, existe una diferencia significativa entre indicadores de satisfacción universitaria, hábitos de estudio, apoyo en los estudios universitarios, satisfacción con los profesores y nivel socioeconómico. No obstante, las variables más significativas son el promedio del bachillerato y el examen de admisión (Garbanzo, 2013).

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OCDE] (2016), en el informe del programa internacional para la evaluación de estudiantes o informe PISA muestra que, los estudiantes mexicanos en ciencias se sitúan a un nivel similar de países como: Colombia, Costa Rica, Georgia, Montenegro, Qatar y Tailandia. En contraparte, los jóvenes de México de 15 años tienen un promedio abajo de los escolares en Chile, Uruguay, Portugal y España. En cambio, mantienen una puntuación por encima de colegiales de Brasil, República Dominicana y Perú (OCDE, 2016). También, los mismos jóvenes mexicanos en lectura en lectura presentan un rendimiento similar a los

<sup>1</sup> El Dr. Jorge Refugio Reyna De La Rosa es Profesor de Electrónica de Potencia y Maquinas Eléctricas en Instituto Tecnológico Mazatlán del Tecnológico Nacional de México [jorge.rr@mazatlan.tecnm.mx](mailto:jorge.rr@mazatlan.tecnm.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Jesús Mario Flores Verduzco es Director del Instituto Tecnológico de Aguascalientes (ITA) del TecNM [dir\\_aguascalientes@tecnm.mx](mailto:dir_aguascalientes@tecnm.mx)

<sup>3</sup> El M.C. Jorge Armando Llamas Esparza es Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en ITA del TecNM [jorge.le@aguascalientes.tecnm.mx](mailto:jorge.le@aguascalientes.tecnm.mx)

<sup>4</sup> El Ing. Agustín Figueroa Ortega es Profesor de Ciencias Básicas en ITA del TecNM [extraescolares@aguascalientes.tecnm.mx](mailto:extraescolares@aguascalientes.tecnm.mx)

<sup>5</sup> El C. Adán Jordi Reyna Andrade es pasante de Ingeniería electrónica por el Instituto Tecnológico Mazatlán del Tecnológico Nacional de México [116131436@mazatlan.tecnm.mx](mailto:116131436@mazatlan.tecnm.mx)

alumnos de Bulgaria, Colombia, Costa Rica, Moldavia, Montenegro, Trinidad y Tobago, y Turquía. En contraste, los escolares mexicanos ostentan un bajo aprovechamiento en comparación con los estudiantes de Chile, Uruguay, Portugal y España. Ahora bien, los jóvenes mexicanos se sitúan por encima de los estudiantes de Brasil, República Dominicana y Perú (OCDE, 2016).

El informe PISA puntualiza dos motivaciones para aprender las ciencias duras. Por lo anterior, la motivación intrínseca impulsa a aprender las ciencias porque la disfrutan, y por medio de la motivación instrumental, los estudiantes perciben que aprender ciencias es útil para sus planes futuros. En cambio, una desmotivación tiende a la falta de puntualidad, los colegiales se ausentan y pierden oportunidades de aprendizaje. A su vez, de forma continua interrumpen la clase, y crean un entorno de indisciplina poco favorable para el aprendizaje de sus compañeros. A causa, de la desventaja socioeconómica en los países partícipes en PISA, ausentarse un día completo de clases es común en la población vulnerable (OCDE, 2016). En definitiva, el bajo rendimiento académico es uno de los determinantes del abandono escolar. Sin embargo, si no hay deserción colegial, el rezago educativo y la repetición de asignaturas resultan un auténtico problema para la institución y para la comunidad universitaria (Montero et ál., 2007).

En un contexto teórico, el rendimiento académico está integrado por numerosos factores y diversas dimensiones. Lo constituyen elementos como las aptitudes y la motivación de los universitarios, inclusive están asociados al entorno del colegial como los departamentos académicos, profesores, directivos y familiares. (García-Jiménez et ál., 2000, citados por Mora, 2015). Es decir, los factores señalados por Tourón (1984) que, influyen el rendimiento de los escolares son:

1. Factores psicosociales. Explican las articulaciones de los individuos con la sociedad. Es decir, estos elementos están asociados al rendimiento universitario, como la motivación, la ansiedad, la autoestima en contextos académicos y la percepción que el colegial tiene del clima académico. Por otra parte, dos variables íntimamente ligadas a la motivación son el interés del alumnado y su nivel de aspiraciones. Esto es directamente proporcional, en la medida que el educando tiene más interés por su actividad y sus aspiraciones se concuerdan a sus posibilidades, será más motivado, y esto redundará en un mejor aprovechamiento académico. Además, el autoconcepto surge en un sujeto de la interrelación de tres características: (a) autoimagen es el reflejo propio del individuo en un tiempo determinado, (b) imagen social es una óptica externa de los demás hacia la persona, (c) imagen ideal es una proyección del sujeto de cómo le gustaría ser (Montero et ál., 2007).

2. Factores pedagógicos. La función docente esta correlacionada al aprovechamiento de sus escolares, por los planes y programas de estudio, estructura organizacional, planeación didáctica, suministros y materiales. En efecto, estos elementos pedagógicos son desarrollados por el accionar del profesorado (Montero et ál., 2007).

3. Factores sociodemográficos. Lo importante en ese componente son las variables como el sexo del estudiante, nivel económico del grupo familiar, tipo de colegio donde terminó la educación secundaria, nivel educativo de los padres (Montero et ál., 2007).

4. Factores institucionales. Son las variables concernientes a horarios de clases, alumnos por grupo, conjunto de libros en la biblioteca. También, aspectos relacionados con la carrera y el clima escolar (Montero et ál., 2007).

La primera pregunta de investigación, ¿Cuáles son los factores que influyen en el aprovechamiento escolar de los universitarios? La segunda pregunta de investigación ¿Cuál es la relación de dependencia entre las variables del factor psicosocial y el desempeño universitario de estudiantes de ingeniería?

El propósito de la presente investigación es identificar las variables ligadas al factor psicosocial que, influyen en el rendimiento académico de estudiantes de ingeniería. Además, aportar conocimiento de la influencia de los elementos psicosociales, sobre el aprovechamiento escolar de los universitarios (Montero et ál., 2007).

### **Descripción del Método**

En esta investigación se presenta un estudio descriptivo de corte transversal con abordaje cuantitativo, incluye una exploración por encuesta. La población bajo estudio corresponde a los alumnos del primer año, 650 escolares inscritos en el primer grado de ingeniería. Para la presente investigación, los mismos estudiantes de ingeniería significan el muestreo estratificado simple. Esto es, la muestra consiste en 150 educandos residentes del sur del Estado de Sinaloa, ubicado en el noroeste de México.

El diseño del instrumento es obra de Balmori, De La Garza y Guzmán (2013). También, el sondeo se aplicó a los alumnos de primer semestre del instituto tecnológico de Celaya (ITC) e instituto tecnológico de Nuevo León (ITNL). El mismo cuestionario de estudiantes consta de 41 ítems y se agrupó en cuatro factores: (a) psicosociales, (b) pedagógicos, (c) sociodemográficos, y (d) institucionales. En la misma exploración, por medio de un análisis factorial exploratorio (AFE), el investigador procedió a comprobar que los ítems convergen en factores previamente

establecidos y a su vez, se midió la carga factorial (Roche, 2010). De esta forma, se comprueba la distribución del número de preguntas en el cuestionario por factor.

Asimismo, el análisis de la varianza (ANOVA) indicó que el modelo es significativo, debido a un p valor cercano a cero. Por consiguiente, se rechazó la hipótesis nula y de esta manera se admite la existencia de algún tipo de asociación entre la componente dependiente y las independientes. En consecuencia, se aceptó el modelo de RLM, y a su vez, con el análisis bondad de ajuste se probó si el valor de R cuadrado es cercano a uno. De esta forma, se comprobó que el modelo de RLM tiene mayor eficacia.

Por otra parte, Balmori et al. (2013) encontró valores de Cronbach de 0.778 en estudios para el ITNL y el ITC. En el mismo análisis, se observó la correlación entre los factores de rendimiento académico propuestos por Tourón (1984). También, esta exploración, permitió establecer relación entre las variables relacionadas a las actitudes de los escolares, así como a los factores que inciden en un proceso de rendimiento estudiantil. Este estudio de factores y variables permitió establecer una tendencia que coadyuve a la institución escolar a desarrollar un programa de aprovechamiento y desempeño universitario.

### Resultados

Por lo que se refiere al cuadro 1, se presenta la matriz de factores o de cargas factoriales que contiene los pesos de los componentes y muestra la correlación existente entre cada variable y factor. Así es que una variable es significativa para un componente, cuando esta tiene una gran saturación factorial.

Factores de rendimiento académico				
Ítem	Psicosociales F1	Pedagógicos F2	Sociodemográficos F3	Institucionales F4
30. No me siento seguro de que la carrera que elegí es la correcta	<b>.731</b>	.137	-.078	-.036
28. A veces pienso en cambiar de escuela	<b>.726</b>	.119	-.032	-.055
32. Feliz de estar inscrito en el Instituto	<b>-.713</b>	.176	-.077	.152
26. tengo deseos de abandonar todo	<b>.662</b>	.156	.103	.148
10. ¿hasta qué punto consideras satisfechas las expectativas que te hiciste al iniciar tu carrera?	<b>-.626</b>	-.119	.159	.036
40. Estoy totalmente comprometido con mis metas educativas	<b>-.567</b>	-.092	.121	-.108
37. Me gustaría recibir algún apoyo individual para mejorar mis habilidades matemáticas	-.067	<b>.765</b>	.026	-.182
36. Me gustaría recibir ayuda para mejorar mis hábitos de estudio	-.115	<b>.745</b>	-.014	-.013
41. Deseo que la sociedad no haga presión sobre las personas para ir a la universidad	.197	<b>.521</b>	-.028	.080
27. Deseo poder hablar con un consejero sobre mi actitud general hacia la escuela	.253	<b>.515</b>	.016	.301
29. Me alimento muy mal	-.003	<b>.491</b>	-.304	.208
22. Tengo dificultad para organizar mis ideas	.308	<b>.481</b>	-.151	-.123
33. Los problemas emocionales me deprimen y no hago ninguna actividad	.268	<b>.449</b>	-.211	.073
2. Si trabajas, además de estudiar, ¿cuántas horas trabajas a la semana?	.129	-.019	<b>.612</b>	.043
23. Tengo tantas cosas que hacer cuando salgo de la escuela, que no me da tiempo de estudiar.	.053	.297	<b>-.583</b>	.021
17. Asisto puntualmente	-.114	.104	<b>.525</b>	-.005
6. ¿Qué lugar ocupan tus estudios dentro de las prioridades de tu familia?	-.097	-.060	<b>.521</b>	.247
25. Duermo muy poco	-.061	.281	<b>-.511</b>	.070
7. Recursos económicos familiares son:	.106	.092	<b>.490</b>	.030
34. Mi familia vive en armonía y unida	-.316	-.209	<b>.479</b>	-.270
14. ¿En comparación con tu bachillerato, relación con amistades?	-.017	.017	-.044	<b>.776</b>
12. ¿En comparación con tu bachillerato, ambiente social y cultural?	.023	.001	.068	<b>.737</b>
15. ¿En comparación con tu bachillerato, relación con maestros?	-.126	-.098	-.018	<b>.730</b>
13. ¿En comparación con tu bachillerato, relación con la familia?	-.035	.059	-.226	<b>.480</b>

5. ¿En qué tipo de escuela realizaste tus estudios previos a la educación superior?	.036	.197	.252	<b>.368</b>
---	------	------	------	-------------

Cuadro 1. Matriz de carga de factores.

Por ejemplo, con la utilización del paquete estadístico aplicado a las ciencias sociales (SPSS) en la presente exploración se aprecia que la variable elección de carrera es aplicable al factor 1 (F1), debido a que 0.731 es la carga más grande. Para el caso de la variable habilidad matemática, ésta es atribuible al factor 2 (F2) con una carga factorial de 0.765. Con respecto al factor 3 (F3) la variable trabajo semanal presenta una mayor saturación del orden de 0.612. Asimismo, para el factor 4 (F4), el peso de mayor valor es de 0.711 y se presenta en la variable relación institucional. Resulta notable que las variables tomen un valor de carga próximo a uno y superior a 0.5, aunque valores mayores a 0.4 son aceptables (Grande, 2015).

Producto del análisis en el SPSS, el cuadro 2 muestra el resultado del ANOVA. En primera instancia, la regresión indica siete grados de libertad, significa que la varianza sería 946.351/7 que es igual a 135.193. En segunda instancia, los grados de libertad son 119, por lo que la varianza residual es el resultado de 6905.96/119 que es igual a 58.033. Después de evaluar las varianzas, se contrasta si la respuesta observada en el numerador es tan grande que no puede explicarse el error aleatorio en el denominador. El cociente de ambas varianzas se denomina F, que es igual a 135.19/58.03, por lo que F es igual a 2.33. Si este estadístico comparativo supera cierto valor crítico, entonces las diferencias son estadísticamente significativas. En definitiva, este valor de F tiene asociada un valor de probabilidad (P) de 0.029. Es decir, como el nivel crítico (sig.) es menor o igual que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y de forma categórica se establece algún tipo de relación entre los factores (Godínez, 2015).

ANOVA <sup>a</sup>					
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	946.351	7	135.193	2.330	.029 <sup>b</sup>
Residuo	6905.964	119	58.033		
Total	7852.315	126			

Cuadro 2. El ANOVA multifactorial.

Como resultado del modelo de RLM. En el cuadro 3, se presenta la información sobre los coeficientes, así como el resultado del modelo ajustado de RLM, que sería:  $C = 90.32 - 0.53a + 1.61b + 2.51c + 0.35d - 1.43e - 4.73f - 0.43g$ . Con un intervalo de confianza del 95%, en el cuadro 3 se indica el valor del coeficiente B que va desde el límite inferior al superior. El valor negativo de un coeficiente indica que hay una reducción de cierto porcentaje del valor total (Sakar, Keskin y Unver, 2011; Godínez, 2012; Carrillo, 2014). También, el valor p es significativo y para todos los casos toma el valor de 0.000, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta el modelo obtenido de la RLM (Supo, 2012).

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.	95.0% intervalo de confianza para B	
	B	Error estándar	Beta	t		Límite inferior	Límite superior
(Constante)	90.322	7.853		11.50	.000	74.773	105.872
(a) Cambio de escuela	-0.530	1.111	-0.053	-.477	.634	-2.729	1.669
(b) Elección de carrera	1.611	1.134	0.160	1.420	.158	-.635	3.856
(c) Feliz en el TecNM	2.516	1.224	0.212	2.056	.042	.093	4.939
(d) Satisfacción del programa	0.356	1.584	0.023	.225	.822	-2.779	3.492
(e) Abandono del TecNM	-1.437	1.286	-0.117	-1.11	.266	-3.984	1.110
(f) Compromiso de metas	-4.732	1.609	-.297	-2.94	.004	-7.918	-1.545
(g) Cumplimiento de tareas	-0.438	1.420	-.030	-.322	.748	-3.269	2.353

Cuadro 3. Coeficientes.

En otras palabras, la interpretación correspondiente a los coeficientes de regresión es la siguiente: el rendimiento académico relacionado al promedio o calificación estudiantil es la variable dependiente C equivalente a 90.322, esto es, cuando las variables a, b, c, d, e, f, g valen cero. El signo negativo indica que las variables restan valor a C, y el signo positivo aumentan el promedio o calificación de los alumnos. Asimismo, las variables elección

de carrera, felicidad en la institución, abandono, compromiso son mas significativas para la variable dependiente. Es decir, a mayor felicidad y satisfacción en una carrera del TecNM, mayor será el rendimiento académico. Por el contrario, el incumplimiento de metas y especular en el abandono reduce el desempeño universitario.

### Comentarios Finales

En conclusión, se verificó la factibilidad de un AFE, para probar la pertinencia estadística se solicitó una prueba de hipótesis nula y un índice oportuno para poder aplicar el AFE. Esto es, por medio de la prueba de esfericidad de Bartlett (TEB) se contrastó una hipótesis nula, así el TEB validó el análisis al obtener una fiabilidad menor 0.05, de esta forma, se rechazó la hipótesis nula y se continúa con el AFE. Además, por medio del índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), se evaluó una alineación de la muestra con los componentes y a su vez, se validó la aplicación del AFE. Enseguida, se desarrolló el AFE con la extracción de los factores iniciales, para el presente análisis se ensayó con el procedimiento de componentes principales. En el mismo análisis, la extracción inicial se rotó y de esta forma se nominaron los componentes.

Asimismo, el ANOVA indicó que el modelo es significativo, debido a un p valor cercano a cero. Por consiguiente, se rechazó la hipótesis nula y de esta manera se admite la existencia de algún tipo de asociación entre la componente dependiente y las independientes. En consecuencia, se aceptó el modelo de RLM y a su vez, se observó la correlación entre los factores de rendimiento académico propuestos por Tourón (1984). También, la presente investigación muestra que, el promedio escolar es un indicador importante de correlaciona con las variables institucionales, pedagógicas, psicosociales y sociodemográficas. Es decir, las variables relacionadas al aprovechamiento escolar tienen un valor predictivo (Cortés y Palomar, 2008). Por medio de una modelo de RLM se pronostica el rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería. Esto es, a partir de los factores de Tourón (1984).

En lo particular, las variables concernientes al cambio de escuela, elección de carrera, felicidad en el TecNM, satisfacción del programa, abandono del TecNM, compromiso de metas, cumplimiento de tareas se encuentran relacionadas al rendimiento académico. El modelo de RLM formula que, se reducen los indicadores del primer componente con el incumplimiento de metas y especular en el abandono, por consiguiente, se reduce el desempeño universitario. Por otro lado, al desarrollar programas que, motiven felicidad y satisfacción en una carrera del TecNM, mayor será el aprovechamiento escolar. En definitiva, el modelo presenta rumbo y claridad, por lo que se obtiene una mayor validez.

### Referencias

- Balmori-Méndez, E. E., de la Garza Carranza, M. T., & Guzmán Soria, E. "Diseño y validación de un instrumento para determinar las variables de deserción en los Institutos Tecnológicos". *Pistas Educativas*, 291-302. 2013.
- Carrillo, J. Regresión Múltiple con SPSS. [Archivo de video]. (2014). Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=e\\_KNMmbpwD8&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=e_KNMmbpwD8&feature=youtu.be)
- Cortés, A., & Palomar, J. (2008). El proceso de admisión como predictor del rendimiento académico en la educación superior. *Universitas*
- Garbanzo, G. M. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios desde el nivel socioeconómico: Un estudio en la Universidad de Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, 17(3), 57-87. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/1252/1315>
- Grande, T. Factor Analysis (Principal Components Analysis) with Varimax Rotation in SPSS. [Archivo de video]. (2015). Recuperado de <http://bit.ly/2mPKytu>
- Godínez, R. Correlación y Regresión Lineal. [Archivo de video]. (2012). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=HVOsKUqx--I&feature=youtu.be>
- Godínez, R. Anova para datos normales usando SPSS. [Archivo de video]. (2015a). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=1Or5kgJ-HFQ&feature=youtu.be>
- Lamas, H. (2015). Sobre el rendimiento escolar. *Propósitos y Representaciones*, 3(1), 313-386. doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2015.v3n1.74>
- Montero, E., Villalobos, J., & Valverde, A. (2007). Factores institucionales, pedagógicos, psicosociales y sociodemográficos asociados al rendimiento académico en la Universidad de Costa Rica: Un análisis multinivel. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y evaluación educativa*, 13(2), 215-234. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/916/91613205.pdf>
- Mora, R. (2015). Factores que intervienen en el rendimiento académico universitario: Un estudio de caso. *Opción*, vol. 31, núm. 6, 2015, pp. 1041-1063. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/310/31045571059.pdf>

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OCDE] (2016). Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA): Resultados PISA 2015. Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf>

Roche, J. Usos del análisis factorial para la construcción y validación de escalas. Curso técnico de medición multidimensional de la pobreza y sus aplicaciones. CEPAL, Naciones Unidas. (2010). Recuperado de <http://bit.ly/2oj6R8I>

Sakar, E., Keskin, S., & Unver, H. Using of factor analysis scores in multiple linear regression model for prediction of kernel weight in Ankara walnuts. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(2): 2011, Page: 182-185. (2011). Retrieved from <http://thejaps.org.pk/docs/21-2/10-088-Revised.pdf>

Supo, J. Prueba de hipótesis, metodología de la investigación científica [Archivo de video]. (2012). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=R-8V3UZj6G4&feature=youtu.be>

Rodríguez Ayán, M. N. (2007). Análisis multivariado del desempeño académico de estudiantes universitarios de Química (Tesis de doctorado).

Tonconi, J. (2010). Factores que influyen en el rendimiento académico y la deserción de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Económica de la UNA-PUNO, período 2009. Cuadernos de educación y desarrollo, (11). Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/ced/11/jtq.htm>

Tourón, J. (1984). Factores del rendimiento académico en la universidad. España: Ediciones Universidad de Navarra, S.A.

Tourón, J. (1985). La predicción del rendimiento académico: Procedimientos, resultados e implicaciones. *Revista Española de Pedagogía*, 169-170, 473-495. Recuperado de <https://bit.ly/2KAXNNO>

### Notas Biográficas

El **Dr. Jorge Refugio Reyna De La Rosa** es Ingeniero Industrial Eléctrico y tiene una Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Instituto Tecnológico de la Laguna. Terminó sus estudios de Doctorado en Educación por el Abraham S. Fischler College of Education at Nova Southeastern University, Miami, Florida. Este autor es profesor de tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Mazatlán. También, es catedrático de las asignaturas; mecánica clásica, máquinas eléctricas, electrónica de potencia, taller de investigación, formulación y evaluación de proyectos. Asimismo, participa activamente en proyectos relacionados a la electrónica de potencia, energía renovable e investigación educativa.

El **Dr. Jesús Mario Flores Verduzco** es profesor de tiempo completo del TecNM, y Director del Instituto Tecnológico de Aguascalientes (ITA). Es Ingeniero Industrial Eléctrico por el ITA y tiene una Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Instituto Tecnológico de la Laguna (ITL). Doctorado en Educación por NOVA Southeastern University de Miami Florida USA. Catedrático de las materias circuitos eléctricos, máquinas eléctricas y sistemas eléctricos de potencia. Participa activamente en proyectos relacionados a la investigación educativa.

El **M.C. Jorge Armando Llamas Esparza** es Ingeniero Industrial Eléctrico por el ITA y tiene una Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el ITL. Además, es Profesor de tiempo completo en el TecNM en el ITA, adscrito al Departamento de Eléctrica y Electrónica. También catedrático de las materias circuitos eléctricos, máquinas eléctricas y sistemas eléctricos de potencia.

El **Ing. Agustín Figueroa Ortega** es Jefe del Departamento de Actividades Extraescolares del TecNM en el ITA. Es Ingeniero Industrial Eléctrico por el ITA y catedrático de ciencias básicas en las materias de matemáticas y física.

El **C. Adán Jordi Reyna Andrade** egresado del Tecnológico Nacional de México en el Instituto Tecnológico de Mazatlán, pasante de la carrera de Ingeniería Electrónica participa activamente en proyectos relacionados a sistemas digitales y electrónica de potencia. Cuenta con proyectos de innovación tecnológica: medidor digital de deslizamiento en motores de inducción y factor de potencia.