

# Experiencias docentes en la educación media superior de la Sierra de Santa Marta Veracruz: aportes y estrategias para la gestión del Derecho Educativo desde la práctica docente

Mtro. René Hernández Luis<sup>1</sup>, Diana Laura Ramírez Ramírez<sup>2</sup>

## Resumen

En la actualidad, la educación sigue representando un escenario en el que se presentan, las situaciones que configuran la formación estudiantil. En su concepción histórica esta se percibe como un medio para alcanzar la plenitud del “ser” en lo que comprende a su calidad de vida y desarrollo intelectual, por tal motivo es de relevancia analizarla para la reflexión, comprensión y generación de propuestas en la enseñanza aprendizaje y su influencia en el desempeño profesional.

En este artículo, se presentan los resultados obtenidos en el trabajo de investigación titulado colonizando y decolonizando saberes en la formación profesional desde la práctica docente en el sistema Telebachillerato de Sotepan, Mirador Saltillo y Huazuntlán Veracruz. En el contenido del documento se describe las experiencias docentes y de los maestros y de la formación adquirida por los estudiantes que provienen de comunidades indígenas popoluca y nahua de la Sierra de Santa Marta; Veracruz

**Palabras clave:** formación, educación, decolonizando, saberes, práctica docente y discente

## Introducción

Los estudios en educación media superior, representan hoy en día un parteaguas fundamental para sus análisis y atención en los procesos de transición que los estudiantes recorren al ingresar a la universidad y por otra sobre los retos pedagógicos y disciplinares que afrontan los docentes en la práctica educativa, y analizar las estrategias que implementan para la formación estudiantil dentro y fuera del aula.

En este sentido, resulta un ámbito de estudio complejo, que requiere un posicionamiento ético y político tanto del investigador y de los involucrados en la investigación; necesario para clarificar el interés teórico y empírico del tema en cuestión.

El presente artículo describe aquellos factores sociales y culturales que intervienen en la práctica docente y se analizan en torno a su pertinencia o dificultad en el proceso de enseñanza aprendizaje. En este orden de ideas se realiza un análisis de aquellos retos y dificultades que afrontan docentes en el desempeño de su profesión, y de las que visualizan los estudiantes, puesto que se tratan de situaciones que responden por una parte a procesos históricos y sociales y por otra a las estructuras políticas y culturales apropiadas desde el seno familiar o de la propia comunidad.

Es así que este estudio contempla un análisis de la situación empírica que afrontan los docentes en el desempeño de profesión y de aquellas ausencias y emergencias que se tornan subalternas cuando se ignora o se excluyen las diversas vivencias, saberes de los estudiantes y de los docentes en el proceso formativo; en este sentido el documento enfatiza un análisis respecto a los derechos de los pueblos y comunidades indígenas y rurales sobre el tipo de educación que deben recibir y de qué manera las cuestiones normativas deberían trascender de lo teórico a lo práctico, esto desde la perspectiva del derecho educativo, como fundamento legal y como un derecho de su propia cultura a fin de potencializar una educación situada con enfoque intercultural.

El documento es un texto etnográfico que se estructura de la siguiente manera, en el primer apartado se describe el enfoque metodológico de la investigación, el proceso de la investigación y la operacionalización del método, enseguida se describen los resultados obtenidos en cuanto a las experiencias docentes en las instituciones involucradas en esta investigación, posterior a ello se plasman las visiones, las propuestas, necesidades y retos discentes que gestionan los estudiantes y que se articulan con las experiencias docentes. Finalmente se presentan las conclusiones finales respecto al escenario actual de la educación media superior en esta región y de las acciones o propuestas que se visualizan como sendas oportunas para potencializar la práctica docente.

<sup>1</sup> Es Profesor-Investigador de carrera titular “B”, de la Licenciatura en Gestión Intercultural para el Desarrollo, en la Universidad Veracruzana Intercultural Sede Las Selvas

<sup>2</sup> Es estudiante de la Licenciatura en Gestión Intercultural para el Desarrollo, orientación en Derechos, 5to semestre.

## Descripción del Método

### *Fundamentación metodológica*

El método que guió la investigación y posibilitó la sistematización del presente artículo se fundamenta en el enfoque cualitativo, desde una perspectiva etnográfica, al ser un método que favorece y posibilita al investigador establecer un acercamiento e interacción directa con los actores. Por otra parte, se reconoce el enfoque intercultural como complementaria al proceso de la investigación, al establecer estrategias de integración y colaboración, desde y con actores diversos, provenientes de diferentes comunidades y con particularidades propias de su región.

En este sentido, los resultados que se presentan en el presente artículo corresponden a un estudio etnográfico de corte cualitativo desde la perspectiva de la educación intercultural, apoyándose con recursos teóricos para el análisis de las percepciones y conceptualizaciones sobre las experiencias docentes en la región de la Sierra de Santa Marta, Veracruz, apoyándose de herramientas particulares de la Investigación Acción Participativa (IAP) tales como las entrevistas semiestructuradas, entrevistas grupales y talleres y por otra parte desde la Gestión Intercultural para el Desarrollo como enfoque de investigación y sistematización.

En este tenor Velasco y Díaz de Rada (1997) puntualizan que la etnografía es la revisión bibliográfica, es el inicio de un trabajo de campo, ya que el investigador aumenta su capacidad de extrañamiento, su curiosidad al descubrir la vida de la gente, sus formas de entender la realidad y de ponerla en práctica.

Por lo anterior la investigación en un primer momento efectuó la revisión teórica de los enfoques teóricos de la educación superior, el enfoque intercultural, la colonialidad y decolonialidad en los procesos de formación profesional.

En ese sentido se tuvo claro que la etnografía es “un estilo o modo de investigar los fenómenos sociales en el que se persiguen determinados objetivos para dar respuesta adecuada a unos problemas concretos a los que se enfrenta esta misma investigación” (Ruiz Olabuenaga, 1989, s/p).

En consecuencia, el enfoque etnográfico orienta al investigador para analizar cómo los saberes comunitarios o académicos se articulan o se contrastan en la formación profesional, para indagar en los procesos de “colonialidad” o “decolonialidad” a partir de la experiencia profesional. La etnografía como herramienta metodológica brinda las herramientas formativas y axiológicas para que el investigador guie su mirada con una visión compleja, crítica y propositiva, respondiendo a la complejidad en el que suceden lo practicas cotidianas. Este enfoque responde a los planteamientos teóricos que revitalizan la producción del conocimiento desde otras perspectivas.

Es por ello que la etnografía no sólo constituye un medio para guiar el orden lógico o cronológico de la investigación, también coadyuva en la comprensión y análisis de los procesos; y en lo que corresponde a este trabajo es pertinente, ya que, a través de la revisión teórica y empírica el análisis sobre la construcción del conocimiento, sino con un amplio margen de debate, discusión y sistematización.

### *Métodos de construcción de datos / sistematización de experiencia*

Las entrevistas etnográficas a los profesionistas indígenas permitieron conocer desde una mirada “*etic*” las visiones y percepciones particulares que los profesionistas indígenas construyen en tanto imaginario profesional y como praxis laboral en el contexto. Las entrevistas informales a los actores de las comunidades permitirán aportar una mirada “*emic*” sobre la percepción y expectativas que las comunidades tienen sobre un profesionista indígena, esto contempló las normas subyacentes y normativas existentes en las comunidades que son medulares para la convivencia social tales como los cargos comunitarios, las responsabilidades sociales y el “estatus” que la comunidad asigna a los profesionistas indígenas.

La técnica de observación fue una herramienta que permitió profundizar en las categorías de análisis para la sistematización, apoyados por un diario de campo que ayudará recuperar las impresiones personales, teóricas y metodológicas durante el trabajo de campo.

En el diseño de los instrumentos de campo, se logró la redacción de guías de entrevista y guías de observación partiendo de los referentes teóricos y empíricos que se tienen sobre el tema en cuestión por lo que se trata de un ejercicio inductivo, porque se cree que el investigador conoce o tiene algunos referentes sobre el tema, escenario que le permitió elaborar categorías e ítems para el diseño de las herramientas de investigación.

En un segundo momento las guías de observación y entrevista se retroalimentaron y perfilaron a partir de las salidas al campo con los actores.

Los momentos de la investigación encontraron sentido con el apoyo del enfoque etnográfico ya que a través de ella se realizó una triangulación metodológica; para este caso se comprende como: “el uso de múltiples métodos en el estudio

de un mismo objeto, la combinación de dos o más teorías o fuentes de datos, métodos de investigación en el estudio de un fenómeno singular” (Arias, 2000, s/p).

De manera concreta “a partir de la entrevista es que se descubre y analiza el mundo social obviado en la vida cotidiana; la entrevista entra como una situación que abre la vida ordinaria y la torna extraordinaria, pues es la situación de entrevista el mundo social es puesto en duda, es construido como objeto de estudio” (Galindo, 1987, p. 158).

Mientras que la observación participante tuvo relevancia en la investigación al considerarla como “herramienta para el estudio de los diferentes componentes culturales de las personas en su medio: las relaciones con el grupo, sus creencias, sus símbolos y rituales, los objetos que utilizan, sus costumbres, sus valores, etc.” (Robledo, 2009, p.3).

### *Resumen de resultados*

#### *Un acercamiento a la educación media superior en Sotepan y Mecayapan, Veracruz*

La educación media superior en los municipios de Mecayapan y Sotepan, tiene como principal característica, la diversidad cultural y lingüística. En estas comunidades se atiende a estudiantes provenientes de grupos culturales popolucas y nahuahablantes, la composición étnica aquí representada es un elemento cultural importante en la planeación educativa y el diseño de estrategias didácticas para el proceso de enseñanza aprendizaje.

Las comunidades estudiadas, se asientan en una microrregión denominada Sierra de Santa Marta, en ella se aprecian diversas expresiones culturales asociadas a la identidad cultural y la construcción cosmogónica de los pueblos. La cercanía de la región con dos principales ciudades (Coatzacoalcos y Minatitlán) influye de manera directa en la construcción del pensamiento y las perspectivas de vida en los estudiantes, estilos de vida, consumo y estrategias de “resiliencia” ante las contingencias ambientales y de las situaciones de inseguridad que en ella se presentan.

Por lo anterior los profesores adscritos en estos bachilleratos, tienen claro los objetivos de formación estudiantil, así como los retos que tienen en el ámbito cultural y lingüístico, visualizan a la vez una oportunidad para conocer y aprender de la cultura y de ella retomar experiencias que fortalezcan o complementen su planeación y práctica docente. Sin embargo, son conscientes de aquellas que surgen y que son ajenas al contexto, y que responden a dinámicas externas tales como la inseguridad, la vulnerabilidad de los jóvenes en temas de educación sexual y reproductiva, ética, valores, el desempleo y la crisis económica y ambiental.

En razón de lo anterior, el quehacer profesional en este contexto atraviesa un momento de importancia educativa relevante. Los profesores visualizan un espacio oportuno para repensar, proponer y diseñar estrategias de formación estudiantil que contemplen las emergencias sociales, educativas, ambientales, económicas y afectivas que están presentes en las dinámicas comunitarias de los estudiantes. En acuerdo al escenario descrito, a continuación, se describen las vivencias de los profesores, las propuestas y aportes que visualizan en la formación estudiantil, el arraigo y desarraigo en la construcción y adquisición del saber cómo parte de la formación profesional.

#### *Experiencia laboral y apreciaciones culturales en la práctica docente*

Los profesores entrevistados pertenecen a los Telebachilleratos de las comunidades de San Pedro Sotepan, Mirador Saltillo y del Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Veracruz plantel 24 (CECyTEV), Huazuntlán, Ver.

Los profesores provienen de disciplinas como: ciencias sociales, humanidades, clínica, técnica y educativa, ninguno de los entrevistados en esta primera etapa pertenecen algún grupo cultural de la región, provienen de regiones del centro y norte del estado y de la ciudad de Acayucan.

Los académicos compartieron las experiencias e impresiones que vivieron al llegar a la región e insertarse laboralmente en los Telebachilleratos. La transición entre la universidad y la experiencia laboral generó en ellos un sentimiento de extrañamiento, angustia y en algunos casos desconocimiento de las cuestiones culturales y lingüísticas de la región y que son inherentes a las prácticas de los estudiantes que atienden. Al respecto, uno de los profesores expresó lo siguiente:

“[...]Desgraciadamente, hubo un momento, sobre todo al inicio, que yo me sentía así en choque porque cuando iniciamos teníamos que ir a buscar alumnos a las casas, casa por casa a tocar, sí, nos topamos aquí en Huazuntlán, muy poco, pero en las comunidades lejanas un poco más que los padres de familia, varones- ¡ah! es que yo tengo una hija pero ella no va a ir a estudiar-¿por qué no?- ¡ah! porque es mujer porque se va a casar” [...]” (EIC-H).

El aporte anterior expresa cómo el elemento cultural, se impone en un proyecto educativo, está ligado a una práctica cultural generacional que puede tener diversas vertientes de análisis, diversas lecturas y reflexiones en torno a un

proyecto educativo. Puede representar desde una mirada externa una barrera en el ámbito educativo, porque vulnera un derecho humano, en tanto desde una mirada interna podría significar un mecanismo de control y preservación cultural.

Por otra parte, hay profesores que visualizan un contexto de negación y desconocimiento de la cultura y en consecuencia una identidad débil, por ello se percibe la cuestión cultural como una limitante en la práctica docente. Al respecto se expresa lo siguiente:

“[...] Yo creo que es bueno preservar las costumbres, de alguna manera tener identidad, al respecto he tratado que ellos mismos la valoren y he notado que algunos de ellos se avergüenzan de hablar una lengua, el ser popoluca o nahua. Pero si noto una gran limitante hay situaciones muy complejas que para ellos no terminan de entender que para mí pueden ser muy sencillas o que son muy básicas o que yo veo que ellos la traducen al español para entenderlas, en lo que ellos van a procesar, en lo que yo les explico y ellos llevarlo a su lenguaje ya se les dificulta y para mí si ha sido una barrera, sobre todo en el caso de comprensión lectora noto muchas barreras, porque no logran entender muchas cosas que para mí sería sencillo y yo siento que es por cuestión de su idioma[...]”(ELG-S).

Lo antes mencionado pone de manifiesto, un entramado social, que requiere atención especial, al tratarse de un eje axiológico en el quehacer profesional. Propone ampliar la visión en la formación profesional para visualizar otros escenarios de aprendizaje, con características culturales y lingüísticas acordes a su contexto, para fomentar una educación situada y por tanto se promueva la diversidad de saberes, más allá de lo que se produce en el contexto de la Universidad para comprender las dinámicas sociales, es decir, iniciar un proceso de desarraigo y deconstrucción del conocimiento y la decolonización del saber en la formación profesional.

Los profesores viven un proceso de adaptación y asimilación que implica el reconocimiento personal y profesional de su propia cultura al tiempo que se insertan y se apropian de lo diferente o de la nueva cultura en donde imparten sus clases. En este proceso, los profesionistas van aprendiendo códigos y signos culturales de la nueva cultura que los propios estudiantes comparten dentro y fuera del aula.

Los datos empíricos en este apartado describen de manera general, las experiencias de integración y convivencia que viven los profesores en los centros de trabajo. Los retos comunes que afrontan para ejercer su práctica profesional, así como de las oportunidades que tienen para fortalecer su quehacer académico. Finalmente cuestionan la necesidad de formación en competencias interculturales que se requieren en el quehacer profesional, a fin de transitar hacia una formación del “*saber hacer*” hacia el “*saber ser*”

### *El profesionista indígena y las perspectivas jurídicas en la educación*

El reconocimiento y apropiación de otros escenarios de aprendizaje, es de vital importancia en el papel del profesionista indígena. Las expectativas en el profesional indígena se vinculan con el proyecto regional de las comunidades. La influencia del profesionista en la región exige el conocimiento de las necesidades y problemáticas de las comunidades, así como de las posibles alternativas de solución.

Los aportes sobre este tema, consideran al profesional indígena como un sujeto capaz en su formación profesional para incidir y transformar su comunidad o región. Uno de los entrevistados comentó lo siguiente:

“[...] al profesionista se le encomienda exaltar las cosas positivas que tiene su comunidad, su lugar de origen, y creo que se puede desarrollar para desarrollar la localidad, primero hay que desarrollar los habitantes de la localidad y si son los muchachos que salen a ciudad o que estudian aquí mismo en la UVI o tecnológicos de la región este si regresan a su localidad, a vivir o trabajar en algún municipio aquí cercano, pues ¡vaya! ellos son los abanderados para traer otra mentalidad, otra idea [...]”(EIC-H).

En el profesionista indígena descansan los propósitos y expectativas de las comunidades, representan un grupo de sujetos con posibilidades de intervención e incidencia en la planeación y el desarrollo de las comunidades. Por otra parte, se identifica al profesionista indígena como aquel que podrá incidir en el diseño de estrategias de convivencia que propicien la igualdad y el respeto por la diversidad cultural, como se menciona a continuación:

“[...] Depende de la carrera que obviamente hayan elegido, sé que algunas no requieren tanto contacto humano como operadores de máquina, entonces allí no habría tanta dificultad, si no teniendo conocimientos previos lo puede hacer, este la parte que a mí sí me preocupa es la discriminación que hay en todos lados, incluso aquí en la misma localidad, cuando yo digo que la situación cultural es la misma, yo veo a la discriminación en todos lados muy marcada no importa cuales sean nuestras raíces de donde vengamos, y sobre todo como vamos a salir adelante es demostrando que sabemos hacer cosas y podemos realzar muchas cosas, y yo quisiera que en mi escuela hubiera muchos profesionistas que teniendo el conocimiento van a destacar a donde vayan[...]”(ELGT-S).

Si bien las expectativas externas e internas sobre el papel del profesionista indígena son altas puesto que requiere la participación colectiva de las comunidades y de los actores que intervienen en la formación profesional a fin de implementar métodos de enseñanza y aprendizaje que promuevan el diálogo de saberes en los diferentes niveles de la educación, pero sobre en el nivel medio superior a fin de preparar el camino hacia la educación superior.

La enseñanza aprendizaje en estos contextos, no corresponde a un reclamo descontextualizado, se inscribe en un derecho humano y que se vincula con la calidad de vida, respecto al derecho a recibir educación; es así que el estado-federación, es la encargada de propiciar y brindar educación preescolar, primaria, secundaria y media superior. La educación preescolar, primaria y secundaria conforman la educación básica; ésta y la media superior serán obligados.

Por tal motivo el derecho a la educación -que no es si no el derecho a aprender- esta en el centro de la vida de la persona y de la sociedad. Al ser para todos, sin discriminación, el derecho a la educación combate de lleno la inequidad y permite la construcción de sociedades progresivamente menos desiguales, mas justas, participativas y democráticas. (INEE, 2014 P.5)

De manera concreta en el artículo 13 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (ONU, 1966 ); se reconocen el derecho de toda persona a la educación y esta deberá orientarse hacia el pleno desarrollo de la personalidad humana y del sentido de su dignidad, y debe fortalecer el respeto por los derechos humanos y las libertades fundamentales. Conviene asimismo en que la educación debe capacitar a todas las personas para participar efectivamente en una sociedad libre, favorecer la comprensión, la tolerancia y la amistad entre todas las naciones y entre todos los grupos raciales, étnicos o religiosos, y promover las actividades de las Naciones Unidas en pro del mantenimiento de la paz.

A partir de lo anterior la educación en el sistema Telebachillerato asume un compromiso social, moral y jurídico que se refleja en el ímpetu que cada profesor inyecta en el estudiantado al concebir el derecho educativo como un ejercicio jurídico para crear y transformar normas de convivencia, en los directivos, docentes, estudiantes, y aquellos partícipes de la comunidad, alcanzando una comunicación e interacción de enseñanza- aprendizaje que ayude a convivir de manera pacífica creando así escenarios oportunos para la educación intercultural e interculturalizante.

### *Conclusiones*

A partir del proceso de investigación realizado con los Telebachilleratos antes mencionados, se visualiza que el sistema de la educación media superior en este sistema y en otros modelos se requiere la formación profesional de los docentes en aspectos pedagógicos basados en el enfoque intercultural, puesto que, la mayoría de los docentes provienen de otras regiones y el primer factor al que se enfrentan es la cultura, no quiere decir que la desconozcan o sean insensibles al tema, sino que en el ámbito de la educación requiere una formación y comprensión de la realidades desde una perspectiva compleja.

En este sentido se visualiza un campo oportuno de investigación y formación docente en lo que respeta a la formación intercultural y en la sistematización de experiencias docentes sobre su ingreso, estancia o permanencia en el sistema educativo, así como en el estudio de la población estudiantil, en cuanto a su cultura, las vocaciones regionales y sobre las experiencias de sus egresados y su inserción a la educación superior.

### *Recomendaciones*

Las principales recomendaciones y propuesta apuntan hacia una construcción de la educación media superior coherente y pertinente para las comunidades indígenas y no indígenas en las regiones del estado. Algunos de los aportes son los siguientes:

[...] El sistema debería de ofrecer más becas, porque las que se dan son muy pocas, en las cuales los maestros puedan hacer uso de ella y puedan irse a estudiar al extranjero un mes o dos meses o los que fuera necesario salir y ellos al salir a otro país tengan otra visión. [...] (EIC-H).

[...] La secretaría debe contratar a alguien en las escuelas para fomentar ética y valores en los muchachos, uno trata pero también tienen un programa que cumplir, también tienes clases que ver pero creo que no es suficiente, creo que tenemos que ver mucho más, [...] (EJGC-H).

[...] Fomentar el empeño docente en la zona y a los compañeros indígenas; todo docente que trabaja frente a grupo no debe de perder de vista el enfoque docente, que no vicie el trabajo y que se centre en la formación de los jóvenes, lo que queremos es enriquecer a los jóvenes y la zona. Que no se pierda el objetivo como docente que es el de enseñar y que el estudiante aprenda y se desarrolle como persona [...] (EJGC-H).

## Referencias

Arias Valencia María Mercedes (2000). La triangulación Metodológica: sus principios, alcances y limitaciones. Recuperado de <http://www.udea.edu.co/revista/mar2000/triangulación.html>.

Galindo, Jesús (1987). Encuentro de subjetividades, objetividad descubierta. La entrevista como centro de trabajo etnográfico. Universidad de Colima, México.

Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, (2014). El derecho a una educación de calidad. José Ma. Velasco 101, Col. San José Insurgentes, Delegación Benito Juárez, C.P.03900, México D.F.

Pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales (1966) Extraído el día 01 de septiembre del 2019 desde [www.senado.gob.mx](http://www.senado.gob.mx)

Ruiz Olabuénaga, J.I. y M. A. Ispizua (1989). La descodificación de la vida cotidiana. Bilbao: Universidad de Deusto.

Velasco Honorio y Ángel Díaz de Rada, (1997). La lógica de la investigación etnográfica. Madrid España, Ed. Trotta.

Entrevista a Isaías Pacheco Morales, (2017). Realizada en el Centro Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Veracruz, Huazuntlán, Mecayapan, Veracruz.

Entrevista a Leopoldo Gerson Fabián Morales, (2017). Realizada en el Telebachillerato de la comunidad de Soteapan, Veracruz.

Entrevista a José Guadalupe Gómez Salazar, (2017). Realizada en el Centro Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Veracruz, Huazuntlán, Mecayapan, Veracruz.

Entrevista a Lizbeth Jacqueline Báez Jimenez, (2017). Realizada en el Telebachillerato de la comunidad de Soteapan, Veracruz.

## Notas Biográficas

**Diana Laura Ramírez Ramírez**, es estudiante de la Licenciatura en Gestión Intercultural para el Desarrollo con orientación en Derecho, actualmente cursa el quinto semestre de la licenciatura y desarrolla un trabajo de investigación enfocado a la animación e implementación del enfoque intercultural en el telebachillerato de la comunidad de Coacotla, Municipio de Cosoleacaque, Veracruz, del cual es originaria. La línea temática de su investigación se inscribe en el cuerpo académico “diálogo de saberes territorio y buen vivir” de la entidad antes mencionada.

# CONTROL DE VELOCIDAD PID PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE RELUCTANCIA CONMUTADA CON MODELO NO LINEAL

Alejandro Hernández Maldonado<sup>1</sup>, Gerardo Mino Aguilar<sup>2</sup>, Edgar Peralta Sánchez<sup>3</sup>,  
Edgar Daniel Javier Hernández<sup>4</sup> y Fermín Hugo Ramírez Leyva<sup>5</sup>

**Resumen**—Hoy en día se requieren muchas aplicaciones de accionamientos de motores eléctricos con un control de velocidad eficiente a un bajo costo de fabricación para ser comercializados, por esta razón, el motor de reluctancia conmutada tiene muchas ventajas sobre otros motores para ser empleado ya que posee como principales características: el bajo costo de fabricación, alta eficiencia, alta densidad de potencia y tolerante a fallas; para su accionamiento se emplea un convertidor de potencia que utiliza transistores IGBTs y un algoritmo de conmutación haciendo uso de un microcontrolador; el objetivo de este artículo es presentar el modelo no lineal de un motor trifásico de reluctancia conmutada, y el desarrollo de su controlador de velocidad PID; para la validación se emplea el software Simulink de Matlab, en la simulación se considera un modelo no lineal para aproximarse mejor a la realidad, sin embargo, es necesario un modelo lineal para sintonizar el controlador.

**Palabras clave**— control de velocidad, convertidor, conmutación, controlador PID.

## Introducción

El motor de reluctancia conmutada o “SRM” Switched Reluctance Motor, es una opción muy atractiva para aplicaciones en vehículos eléctricos “EVs” Electric Vehicles, aplicaciones domésticas, industriales y en aeronáutica, debido a su construcción simple, costo de fabricación bajo, alta eficiencia de operación y su inherente tolerancia a fallas (Rahman, et al., 2000) y (Xue, et al., 2010). Entre las mayores ventajas de los SRM para aplicaciones en EVs pueden ser ejemplificados como un control simple, una amplia región de potencia constante y alta rentabilidad (Lin, et al., 2009; Omac, et al., 2018; Ho, et al., 2019). El bajo costo y el amplio rango de velocidad de operación con alta eficiencia hacen del SRM una elección conveniente para sistemas de manejo directo en las ruedas de autos eléctricos o híbridos (Ustkoyuncu, 2019). Como (Tursini, et al., 2017; B. Sarlioglu, 2015), estudia la posibilidad de reemplazar sistemas hidráulicos y neumáticos por sistemas completamente electrónicos en aeronaves comerciales usando motores eléctricos, lo cual representa un gran reto. Los accionamientos eléctricos deben comprender niveles más altos de rentabilidad que los requerimientos en la industria (García, et al., 2008). Por lo tanto, lo que se busca con los sistemas electrónicos es tener mayor eficiencia. Sin embargo, uno de los inconvenientes con los que se encuentra hoy en día para este tipo de motores, es el rizo presente en el par de salida, ruido y un poco de dificultad para realizar un control de velocidad debido a su modelo no lineal. Existen varios trabajos que se han enfocado en la optimización del control de la máquina como en (Sahoo, et al., 2004), donde se desarrolla un control con iteraciones basadas en aprendizaje. Sin embargo, toma varios ciclos para la acción adecuada del controlador y tiene una respuesta deficiente cuando la referencia no es repetitiva, en (Mikail, et al., 2014), se describe un controlador predictivo. Sin embargo, esto se basa en tablas de búsqueda para calcular el ciclo de trabajo requerido que se aplicará en el próximo ciclo de conmutación, en se trabajan con redes neuronales, pero implica una alta capacidad de procesamiento, otra técnica muy utilizada es el control directo de par o DTC (Feyz & Ebrahimi, 2009), la cual ha sido diseñada específicamente para minimizar el rizo presente en el par de salida. Todas estas técnicas presentan una implementación compleja, y no logran tener una eficiencia muy alta, además en los reportes encontrados en la literatura no hay información detallada para poder ser desarrollado. Por lo tanto, el presente trabajo muestra el desarrollo de una técnica PID para el control de velocidad de un motor de reluctancia conmutada trifásico, mostrando las ecuaciones analíticas y como son empleadas para realizar la linealización del modelo y posteriormente aplicar la técnica de control usando el modelo no lineal.

<sup>1</sup> Lic. Alejandro Hernández Maldonado es alumno de Maestría en Ingeniería Electrónica, Opción Instrumentación Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Pue. México. [alejandro.maldonadohe@alumno.buab.mx](mailto:alejandro.maldonadohe@alumno.buab.mx) (autor corresponsal).

<sup>2</sup> El Dr. Gerardo Mino Aguilar es profesor investigador de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Pue. México. [gerardo.mino@correo.buap.mx](mailto:gerardo.mino@correo.buap.mx)

<sup>3</sup> El Dr. Edgar Peralta Sánchez es Profesor Investigador de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Pue. México. [edgar.peraltas@correo.buap.mx](mailto:edgar.peraltas@correo.buap.mx)

<sup>4</sup> Lic. Edgar Daniel Javier Hernández es alumno Maestría en Ingeniería, Opción Instrumentación Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Pue. México. [edgard.javier@alumno.buap.mx](mailto:edgard.javier@alumno.buap.mx)

<sup>5</sup> El Dr. Fermín Hugo Ramírez Leyva es profesor investigador de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oax. México [hugo@mixteco.utm.mx](mailto:hugo@mixteco.utm.mx)

### Modelo analítico de un SRM

El motor de reluctancia conmutada está formado por polos salientes en el rotor y el estator; en el estator se ubican pares de bobinas que están conectadas entre sí en serie, diametralmente opuestos para formar las fases del motor, el rotor está compuesto de polos salientes formados por material ferromagnético. El modelo de un SRM se basa en dos ecuaciones dinámicas, una eléctrica y otra mecánica, ver Figura 1.



Figura 1. SRM trifásico de 12 polos estatóricos y 8 polos rotóricos.

Para producir par electromagnético, se debe excitar cada fase con un voltaje para hacer fluir corriente eléctrica a través de las bobinas devanadas en los polos del estator, el paso de la corriente en la bobina genera un flujo magnético que fluye sobre el material ferromagnético del motor; las líneas de flujo creadas circulan por el camino de menor reluctancia (menor oposición al flujo), por lo tanto, el polo excitado del estator atrae al polo más cercano del rotor, creando de esta forma el movimiento para que ambos se alineen y permitan el paso del flujo, posteriormente la fase debe ser desenergizada para hacer la activación de la próxima fase, de esta forma se produce el par electromagnético. Por lo tanto, el modelo de un SRM se basa en dos ecuaciones dinámicas, una eléctrica y otra mecánica.

#### Parte eléctrica del SRM

La ecuación de voltaje (1) describe la expresión eléctrica de un SRM de n fases.

$$v_n = R_n i_n + \frac{d\lambda_n(\theta_n, i_n)}{dt} \quad (1)$$

donde n = 1,2,3,4... representa el número de fases, R es la resistencia en el devanado, i la corriente, λ el flujo concatenado y θ la posición del rotor. Si se considera la definición del flujo concatenado como la inductancia por la corriente, se puede expresar de la siguiente manera:

$$v_n = R_n i_n + \frac{dL_n(\theta_n, i_n), i_n}{dt} \quad (2)$$

donde L es la inductancia. Desarrollando la derivada de una función de dos variables, **Error! Reference source not found.**) se puede reescribir como:

$$v_n = R_n i_n \frac{dL_n(\theta_n, i_n) i}{di} \frac{di}{dt} + \frac{dL_n(\theta_n, i_n) i}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} \quad (3)$$

agrupando términos,

$$v_n = R_n i_n + L_n(\theta_n, i_n) \frac{di}{dt} + \frac{dL_n(\theta_n, i_n) i \omega}{d\theta} \quad (4)$$

donde el voltaje total es la suma de la caída de tensión en la resistencia, más la caída de tensión en el inductor de cada fase y la última parte, es la suma de la fuerza contraelectromotriz, ω es la velocidad angular. Si se realiza un análisis de potencia, multiplicando la expresión **Error! Reference source not found.**) por la corriente total y reagrupando términos podemos llegar a una expresión de par electromagnético por fase:

$$T_e(\theta, i) = i^2 \frac{dL(\theta, i)}{2d\theta} \quad (5)$$

#### Parte mecánica del SRM

La ecuación (8) describe la parte mecánica; el par total se considera como la suma de cada par generado por fase.

$$\sum_{n=1}^n T_e(\theta_n, i_n) - T_l = \frac{Jd\omega}{dt} + B\omega \quad (6)$$

Te es el par electromagnético generado por el motor, T<sub>l</sub> el par de carga, ω es la velocidad angular, J la constante de inercia y B la constante de fricción.

En la ecuación (1) se utiliza una expresión para describir al flujo concatenado, el cual depende de dos variables, la forma característica de esta expresión se basa en las curvas de magnetización del materia ferromagnético



utilizado en el motor, entonces de la misma expresión se puede obtener a la corriente en función del flujo concatenado y la posición, esta relación se puede observar en la **Error! Reference source not found.** De Igual manera en la ecuación (5); el par depende de la corriente al cuadrado y de la derivada de la inductancia con respecto a la posición y la corriente. Como depende de la corriente, esta da como resultado una función no lineal, por lo tanto las curvas características de par electromagnético de un motor de reluctancia conmutada se muestran en figura 4.

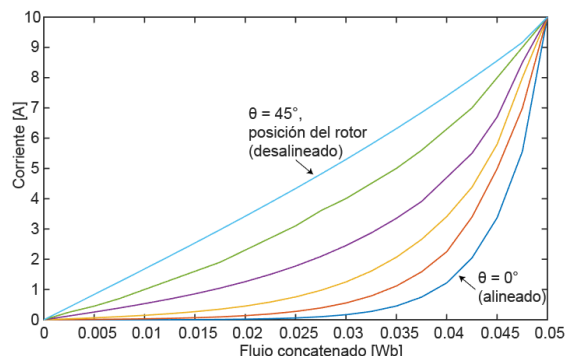


Figura 2. Corriente en función del flujo concatenado y posición del rotor.

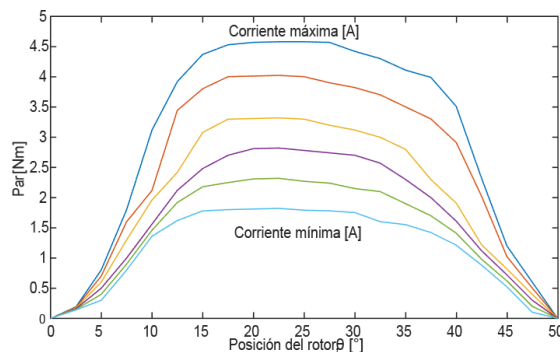


Figura 3. Curvas del par en función de la posición y corriente.

Con el resultado del ángulo de paso y del paso polar rotórico considerando el número de fases del motor, se colocan condiciones iniciales al integrador para calcular la posición, usando el diagrama a bloques de la **Error! Reference source not found.**, dando como salida la posición del rotor con respecto a cada fase del motor, si es un motor trifásico tendremos tres señales.

### Representación en variables de estado de un SRM

El SRM tiene un modelo no lineal debido a que opera en la región de saturación, considerando las características de magnetización del material ferromagnético con el que está construido. Para realizar el control de esta máquina se debe desarrollar una linealización de las ecuaciones que describen el comportamiento, para encontrar la estabilidad en un punto de equilibrio y de esta forma calcular las constantes del controlador PID, posteriormente reemplazar el modelo linealizado por el modelo no lineal en el diagrama de control. El motor tiene una función tipo no lineal autónoma ver ecuación (12), donde  $X$  representan los estados y  $u$  la entrada de control con dos salidas que son la corriente y la velocidad.

$$\frac{dX}{dt} = f(X, u) \tag{7}$$

Se inicia con un modelo en pequeña señal utilizando la expresión eléctrica (4), ecuación de par (5) y mecánica (6) que describen el comportamiento del SRM. Se definen los estados del sistema que son la corriente " $i$ " y la velocidad angular " $\omega$ " y como entrada se tiene el voltaje " $v$ " aplicado en cada fase.

$$\begin{aligned} x_1 &= i \\ x_2 &= \omega \\ u &= v \end{aligned} \tag{8}$$

las salidas del sistema son también la corriente y la velocidad

$$\begin{aligned} y_1 &= i \\ y_2 &= \omega \end{aligned} \tag{9}$$

Considerando que:

- La derivada de la inductancia que depende de la posición y de la corriente se toma como una constante, ya que se considera como el promedio de la inductancia alineada y desalineada, considerando una corriente constante.
- La derivada de la inductancia en función de la posición, también se considera constante, ya que se toma entre los valores de los ángulos de conducción a una corriente nominal.

Entonces se define la derivada de la corriente y de la velocidad en variables de estado:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left[ u - R x_1 - \frac{dL(\theta_n, i_n) x_1 x_2}{d\theta} \right] \\ \dot{x}_2 &= \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} \left[ \frac{1}{2} \frac{dL}{d\theta} (x_1)^2 - T_l - B x_2 \right] \end{aligned} \tag{10}$$

ahora las expresiones anteriores son igualadas a cero para calcular el punto de equilibrio del sistema de ecuaciones

$$\frac{1}{L} \left[ U - R X_1 - \frac{dL X_1 X_2}{d\theta} \right] = 0 \tag{11}$$

$$\frac{1}{J} \left[ \frac{1}{2} \frac{dL}{d\theta} (X_1)^2 - T_l - BX_2 \right] = 0 \tag{12}$$

Se despeja  $X_1$  de ecuación (12) y se sustituye en (11) para expresar a  $U$  en términos de  $X_2$ . De esta forma se expresa el punto de equilibrio en ecuación (14)

$$X_1 = \sqrt{\frac{2}{\frac{dL}{d\theta}} (T_l + BX_2)} \tag{13}$$

$$(X, U, Y) = \begin{cases} X_1 = \sqrt{\frac{2}{\frac{dL}{d\theta}} (T_l + BX_2)} \\ U = \left( R + \frac{dL}{d\theta} X_2 \right) \sqrt{\frac{2}{\frac{dL}{d\theta}} (T_l - BX_2)} , \quad X_2 \\ Y = \sqrt{\frac{2}{\frac{dL}{d\theta}} (T_l + BX_2)} \end{cases} \tag{14}$$

donde  $X_2$  es el valor de velocidad angular deseado. Se observa que  $X_1$ ,  $U$  y  $Y$  se definen en función de  $X_2$ . Ahora se calculan las matrices  $A, B, C$ , para la representación en variables de estado del modelo lineal del tipo:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= AX + Bu \\ Y &= CX \end{aligned} \tag{15}$$

obteniendo las derivadas parciales de  $\dot{x}_1$  y de  $\dot{x}_2$ , se expresa de la siguiente forma:

$$\dot{x} \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} - \frac{1}{L} \frac{dL}{d\theta} X_2 & -\frac{1}{L} \frac{dL}{d\theta} X_2 \\ \frac{1}{J} \frac{dL}{d\theta} X_1 & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u \tag{16}$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x \tag{17}$$

Teniendo la representación anterior, se realiza la sintonización del PID para el modelo linealizado, posteriormente este modelo será sustituido por el modelo no lineal del SRM para realizar el control de velocidad.

### Control de velocidad PID para un SRM usando modelo linealizado

En la Tabla 1 se muestran las características de un SRM trifásico comercial, éstos valores se utilizan para sustituirlos en las ecuaciones del modelo linealizado (16) y (17), con esto se calculan los puntos de equilibrio del sistema.

Tabla 1. Características del SRM trifásico con 12/8 polos.

| Parámetro              | Símbolo    | Valor                  |
|------------------------|------------|------------------------|
| No. de fases           | m          | 3                      |
| Polos en el estator    | Ns         | 12                     |
| Polos en el rotor      | Nr         | 8                      |
| Paso polar rotórico    | $\tau_r$   | 45°                    |
| Ángulo de paso         | $\epsilon$ | 15°                    |
| Inductancia máxima     | $L_{max}$  | 25 mH                  |
| Inductancia mínima     | $L_{min}$  | 2 mH                   |
| Resistencia            | R          | 2.5 $\Omega$           |
| Constante de Inercia   | J          | 0.052 kgm <sup>2</sup> |
| Coficiente de fricción | B          | 0.001 Nm/rad/s         |
| Corriente nominal      | I          | 2.5 A                  |
| Velocidad nominal      | $\Omega$   | 2500 rpm               |

Considerando los valores de la tabla anterior, y eligiendo a  $X_1 = I$  y  $X_2 = \Omega$  que es equivalente a 261.7994 rad/s que es la velocidad nominal. De (13) se despeja  $T_l$  y se calcula en base a los valores de la Tabla 1.

$$T_l = (X_1)^2 \left( \frac{\frac{dL}{d\theta}}{2} \right) - BX_2 = 1.4882 \text{ Kg} \tag{18}$$

Los valores de la Tabla 1 son utilizados en las expresiones del sistema de ecuaciones (14) para calcular los valores del punto de equilibrio. En (19) se muestra el resultado.

$$(X, U, Y) = \begin{cases} X_1 = 2.5; 261.7994 \\ U = 372.7291 \\ Y = 2.5; 261.7994 \end{cases} \quad (19)$$

Con los valores exactos del punto de equilibrio del sistema, se utiliza el diagrama de control de la Figura 7 para poder sintonizar el controlador PID del modelo linealizado. Como se observa en Figura 8, conociendo los valores de  $U$ ,  $X_1$  y  $X_2$  se realiza la sintonización de los valores de las constantes proporcional, integral y derivativa haciendo uso de la herramienta Simulink.

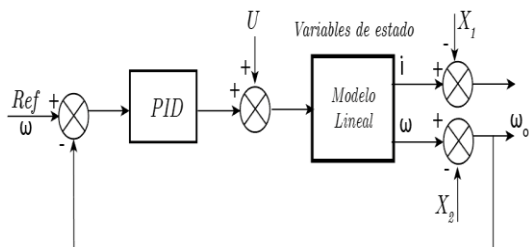


Figura 4. Diagrama de control de sistema linealizado.

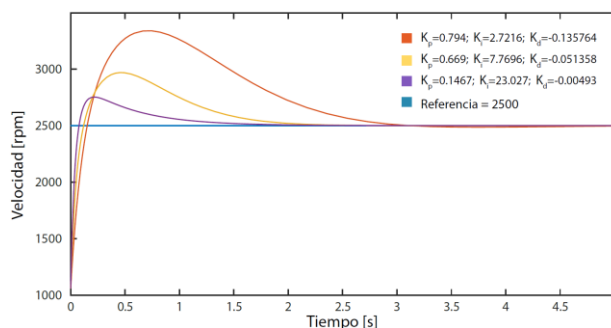


Figura 5. Respuesta del control de velocidad PID usando modelo lineal.

En la Figura 9, se muestra la respuesta del control de velocidad PID con diferentes valores de  $K_p$ ,  $K_i$  y  $K_d$  del modelo linealizado del SRM. Se observa que la magnitud del sobre impulso disminuye al disminuir  $K_p$  y aumentando  $K_i$ . Comparando el resultado en Figura 9, se eligen los siguientes valores de las constantes  $K_p=0.1467$ ,  $K_i=7.7696$  y  $K_d=-0.0049$ .

### Control de velocidad PID usando el modelo no lineal

Para realizar el control de velocidad PID del motor de reluctancia conmutada usando el modelo no lineal se utiliza el diagrama mostrado en la Figura 6. El control de velocidad se realiza utilizando otro lazo de control de corriente por histéresis. Las constantes encontradas en el modelo linealizado se usan también para el modelo no lineal.

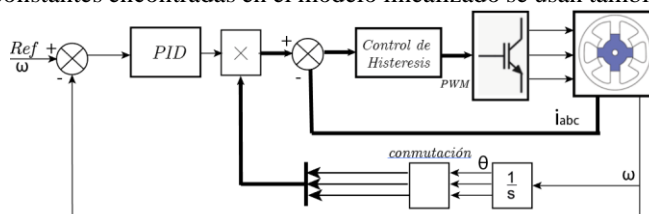


Figura 6. Diagrama de bloques del control de velocidad para el SRM trifásico no lineal.

En la Figura 7, se muestra el diagrama realizado en Simulink de Matlab, para el control de velocidad PID usando el modelo no lineal, en este diagrama se consideran todos los elementos del diagrama de bloques de la Figura 9, que es el cálculo de la posición del rotor con referencia a cada fase del motor para realizar el algoritmo de conmutación, se agrega un convertidor asimétrico trifásico y un control de corriente por histéresis de cada fase.

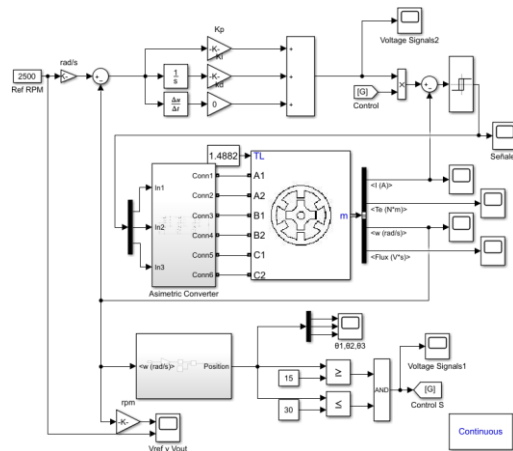


Figura 7. Control de velocidad PID para un SRM trifásico usando modelo no lineal y convertidor de potencia asimétrico.

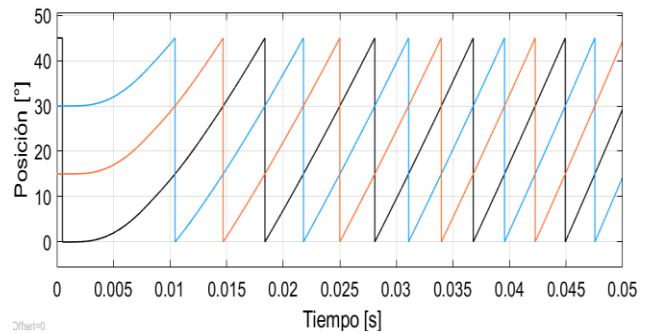


Figura 8. Posición del rotor con referencia a cada fase del SRM trifásico.

Para la retroalimentación del sistema es necesario conocer la posición del rotor con referencia en cada fase, esto se logra derivando la velocidad de salida y colocando condiciones iniciales en un integrador, tal cual se muestra en la Figura 6, dando como resultado la posición del rotor con respecto a las tres fases como es mostrado en

Figura 8. Las condiciones de los integrados para el cálculo de la posición del rotor con respecto a cada fase del motor se obtienen considerando  $\tau_r = 15$  y  $\epsilon = 45$ , por lo tanto como son tres fases se considera cada fase  $15^\circ$  separada de la otra fase, y así hasta llegar a los 45, por lo tanto las condiciones iniciales serían (0, -15, -30).

Para realizar la activación del motor es necesario establecer un criterio de conmutación, esto se realiza utilizando la posición del rotor, entonces, como se observa en

Figura 8 la posición va de  $0^\circ$  a  $45^\circ$  con respecto a cada fase. Por lo tanto, se genera un pulso por fase cuando la posición del rotor este entre  $15^\circ$  y  $30^\circ$  que corresponde al valor del ángulo de paso, y equivale a un tercio del valor del paso polar.

### Resultados

Una vez realizada la simulación del control de velocidad se gráfica la respuesta de la velocidad, corriente y par del SRM trifásico. En la Figura 9 se muestra la velocidad de referencia de 2500 rpm y la velocidad angular de salida.

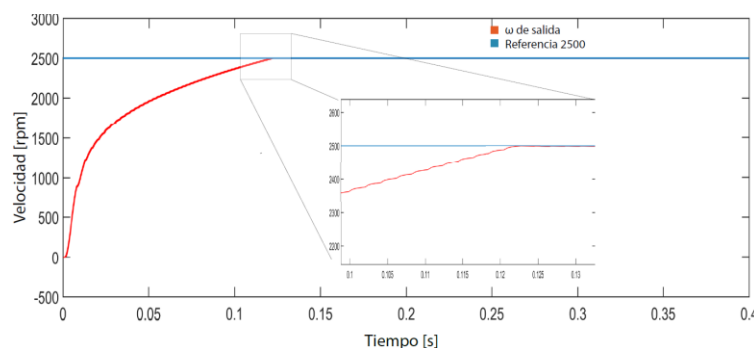


Figura 9. Respuesta de control PID para un SRM con modelo no lineal.

Se observa que la respuesta de la velocidad de salida no presenta sobretiro una vez que alcanza el valor de referencia, sin embargo, realizando un acercamiento en la zona de asentamiento se observa que hay oscilación de la respuesta. En la Figura 9 se observa la respuesta de la corriente de salida para cada una de las fases del motor, es importante mencionar que los valores de  $K_i$  y  $K_d$  fueron los mismo excepto  $K_p$  que tuvo que ser aumentado diez veces.

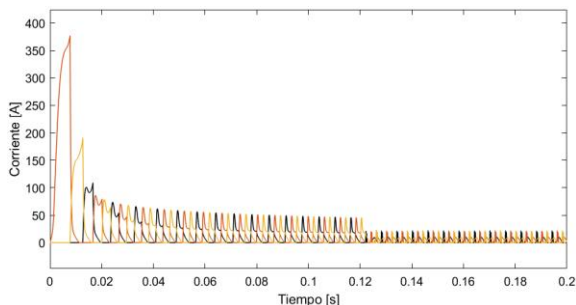


Figura 10. Corriente de salida del SRM trifásico.

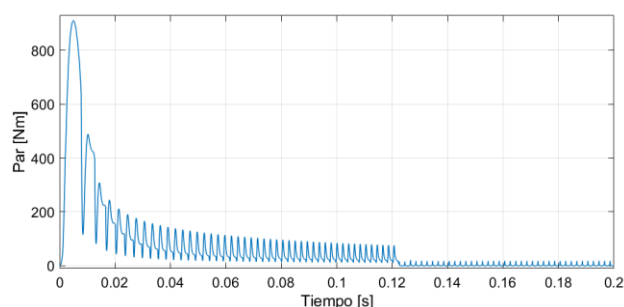


Figura 11. Par de salida del SRM trifásico.

La corriente inicial o de arranque, como es normal en todos los motores debido a la inercia del eje es muy alta y decrece hasta llegar a una corriente nominal, esto es cuando se ha alcanzado la velocidad deseada. En Figura 15 se muestra la salida del par electromagnético.

Como el par de salida es la suma de cada par generado por fase, se observa una sola curva de respuesta. Como se describe en la literatura, el par de salida presenta rizo, debido a la forma de conmutación y que además el par se genera por reluctancia y no por interacción de campos magnéticos.

### Conclusión

Con el PID se logra alcanzar una velocidad de referencia dada, sin tanto amortiguamiento y una mínima oscilación de salida, que lo convierte en un controlador eficiente para diversas aplicaciones reales con el SRM, en donde el par de salida no represente una fuerte restricción a ser lineal, ya que debido a la naturaleza de construcción de la máquina es muy difícil eliminar al 100% el rizo aun usando algoritmos muy complejos. Siguiendo la metodología para linealizar el modelo del SRM, se pudo realizar el control de un modelo no lineal que es más real, esto facilita para que este motor sea empleado en nuevas aplicaciones usando microcontroladores más baratos, lo que sería otra ventaja en comparación a algoritmos más complejos donde se requiere gran capacidad de procesamiento.

### Referencias

- B. Sarlioglu, 2015. More electric aircraft: eview, challenges, and opportunities for commercial transport aircraft. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 1(1), pp. 54-64.
- Feyz, M. R. & Ebrahimi, Y., 2009. Direct Torque Control of 5-Phase 10/8 Switched Reluctance Motors. *Iranian Journal of Electrical and Electronic Engineering*, 5(3), pp. 205-2014.
- García, A., Cusido, I., Rosero, J. A. & Romeral, J. A. O. a. L., 2008. Reliable electro-mechanical actuators in aircraft. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 23(8), pp. 19-25.
- Ho, C.-Y., Wang, J.-C. & Liaw, K.-W. H. a. C.-M., 2019. Development and operation control of a switched-reluctance motor. *IEEE Transaction on Power Electronics*, 34(1), pp. 526-537.
- Lin, J., Cheng, E., Zhang, Z. & Xue, X., 2009. xperimental investigation of in-wheel switched reluctance motor driving system for future electric vehicles. *IEEE 3rd international conference on power electronic systems and applications*, pp. 1-6.
- Mikail, R., Husain, I., Sozer, Y. & Sebastian, M. I. a. T., 2014. a fixed switching frequency predictive current control method for switched reluctance machines. *IEEE Trans. Ind. App.*, 50(6), p. 3717-3726.
- Omac, Z. y otros, 2018. Design, analysis, and control of in-wheel switched reluctance motor for electric vehicles. *Electrical Engineering*, 100(2), pp. 865-876.
- Rahman, K. M., Suresh, G., Rajarathnam, A. V. & M.Ehsani, B. F. a., 2000. Advantages of Switched Reluctance Motor Applications to EV and HEV: Design and Control Issues. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 36(1), pp. 111-121.
- Sahoo, S. K., Panda, S. K. & Xu, J. X., 2004. Iterative learning-based high performance current controller for switched reluctance motors. *IEEE Trans. Energy Convers*, 19(3), pp. 491-498.
- Tursini, M., Villani, M., Fabri, G. & Leonardo, L. D., 2017. A switched reluctance motor for aerospace application: Design, analysis and results. *Electric Power Systems Research*, Volumen 142, pp. 74-83.
- Ustkoyuncu, N., 2019. Application of an in wheel direct driver motor based on switched reluctance motor for low-power electric vehicles. *Sadhan*, 44(1).
- Xue, X. D. y otros, 2010. Optimal control method of motoring operation for SRM drives in electric vehicles. *IEEE Trans. Veh. Technol.*, p. 1191-1204.
- Zheng, Y., Sun, H., Dong, Y. & Lei, Z., 2008. A current control method of SRM based on RBF considering the mutual inductance with simultaneous two phase excitation. s.l., s.n., pp. 3569-3573.

# Impresión 3D en el desarrollo de proyectos de estudiantes para la industria manufacturera

Jorge Hernández Morales MI<sup>1</sup>, M.C. Roberto Avelino Rosas<sup>2</sup>, M. C. Gabriela Reyes Fernández<sup>3</sup>, M.C Rubén Téllez Hernández<sup>4</sup>

**Resumen**—El objetivo de este presente trabajo es hacer una metodología para desarrollar proyectos con la participación integral de alumnos- maestros y empresas con la ayuda de herramientas como CAD, CAM, CAE, Ingeniería Simultanea, ayudándose de la impresión 3D para la obtención de nuevos e innovadores prototipos en las empresas manufactureras ya que al diseñar se cubrirán las necesidades de los clientes finales, con ello se obtendrá experiencia, práctica para los alumnos que es lo que demandan las empresas para contratar los nuevos ingenieros. Así también se reducirá el periodo de proceso de producción de un producto y se lanzara menor tiempo al mercado, generando los acuerdos entre empresas-universidades, trasportando sus casos reales a las aulas para sus solución con la participación de maestros-alumnos, ganando experiencia y recomendando a los alumnos para trabajar en las empresas que se han llevado proyectos con gran éxito.

**Palabras clave**—CAD, CAM, CAE, Ingeniería Simultanea, Impresión 3D.

## Introducción

Todas las Universidades Tecnológicas trabajan por cuatrimestres pero en ciertos periodos tienen lo que se les llama materias integradoras en 3 cuatrimestre y 5 cuatrimestre donde se les enseña a desarrollar protocolos, proyectos para implementar esta temática en las diferentes materias que cursan para obtener una calificación aprobatoria, al estar desarrollando proyectos en las materias que lo solicite en el maestro se adquiere práctica, experiencia en cómo realizar un proyecto, monitoreo y finalización del mismo. Todo ello servirá para realizar la estadía en las diferentes empresas manufactureras que siempre les asignan un proyecto de alguna problemática que se está generando pérdidas siendo una oportunidad de mejora continua y así obtener una calificación aprobatoria.

Con esta nueva propuesta se puede empezar a trabajar proyectos alumnos-empresas desde el tercer cuatrimestre dándole seguimiento 4°, 5° cuatrimestre y culminarlo en el sexto cuatrimestre que es la estadía, con la ayuda de herramientas informáticas y la impresión 3D se puede trabajar sobre el diseño de nuevos productos en las empresas obteniendo más ventas, empleos, crecimiento, hasta llegar a expandirse.

La creación de prototipos no es muy común en las industrias manufactureras se tiene un miedo a invertir en cosas que se desconocen, casi nadie sale de su confort pero con el desarrollo de estudiantes, empresarios se puede empezar a trabajar y con la ayuda del CAD-CAM-CAE, ingeniería Simultanea, impresión 3D hará más fácil la implementación de nuevos prototipos minimizando su gasto de inversión siendo muy poco para producir un nuevo producto.

Todo esto ayudara al crecimiento de los estudiantes de ingeniería en la práctica, en el saber hacer se alcanzara desarrollando los proyectos en las industrias.

## Descripción del Método

### Antecedentes de Proyectos para la Industria Manufacturera

En el sistema tradicional los estudiantes de Técnico Superior Universitario (TSU), la mayoría empieza imaginando como sería el prototipo, preguntado a sus compañeros, buscando algo muy parecido a la idea que tienen los

<sup>1</sup> Jorge A. Hernández Morales MI es Profesor PTC de Ing. Industrial en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco Puebla, del estado de Puebla. [jorgehernandezmorales@hotmail.com](mailto:jorgehernandezmorales@hotmail.com). (autor corresponsal).

<sup>2</sup> El M.C. Roberto Avelino Rosas Profesor PTC en Ing. Industrial de la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, del Estado de Puebla. [had.gomez@hotmail.com](mailto:had.gomez@hotmail.com)

<sup>3</sup> La M.C. Gabriela Reyes Fernández es Profesora PTC en Ing. Industrial de la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, del Estado de Puebla. [lic\\_rara26@hotmail.com](mailto:lic_rara26@hotmail.com)

<sup>4</sup> Rubén Téllez Hernández MC es Profesor de Ing. En Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla, [ruben.tehe@hotmail.com](mailto:ruben.tehe@hotmail.com).

empresarios, asiendo esta investigación les quedan bastantes dudas, recurriendo a sus diferentes maestros de diferentes áreas para cuestionar, disipar dudas o tomar nuevas ideas de cómo pueden atacar el proyecto para realizar un prototipo que cubra las necesidades que requiere el cliente final y la empresa para empezar a sacar un nuevo producto al mercado en el menor tiempo posible.

En el modelo de las Universidades Tecnológicas casi todas trabajan de la misma manera, hay algunas diferencias como cada quien programa su calendario por mencionar una ventaja o desventaja para enseñar, en dar su cátedra como mejor crea conveniente para los alumnos.

Después de analizar el modelo UT, con la ayuda de alumnos y maestros de la carrera de Ingeniería Industrial se llegó al modelo tradicional que se está trabajando con la interacción de los proyectos con las empresas-alumnos para llevar a buen fin el prototipo, desarrollando los diferentes proyectos con que nos enriquecen a las universidades con el desarrollo tecnológico tanto como para alumnos y maestros a continuación ver la figura 1.

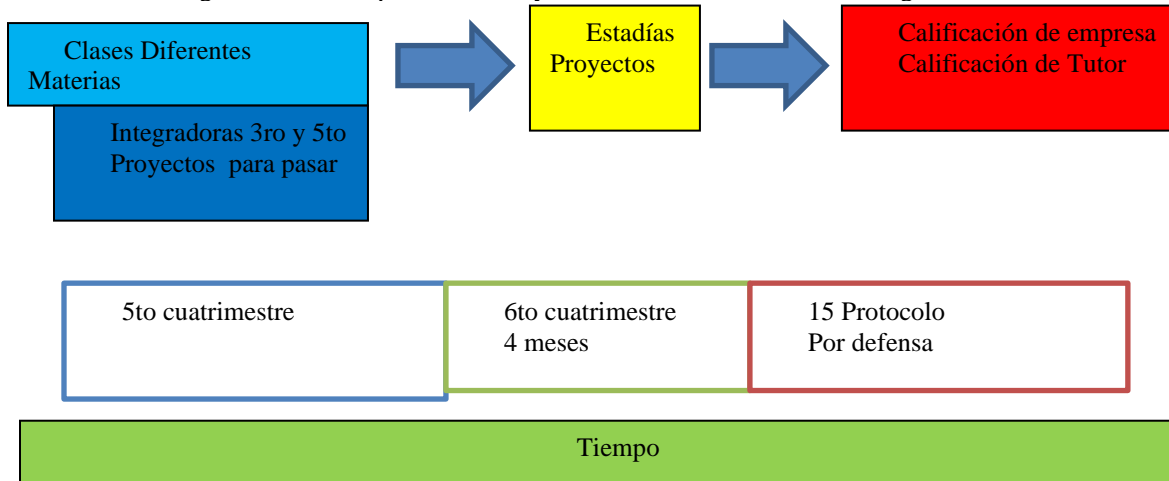


Figura 1 Modelo Tradicional para Proyectos de Estadía.

Como se puede observar este modelo es bastante bueno, ha servido para su propósito que es que los alumnos lleven la teoría-práctica de los salones, laboratorios a la industria poniendo sus conocimientos adquiridos en la realidad de cómo se trabaja en una empresa que genera empleos, gana dinero y puede perder grandes capitales por proyectos mal realizados, ejecutados por no a ser diferentes pruebas para validar cada uno de los objetivos del proyecto.

### Características para mejorar la calidad de los proyectos de los estudiantes

Haciendo algunas reuniones con los alumnos-maestros se tuvo diferentes ideas, comentarios, ventajas, desventajas, comentaron su sentir, cuáles eran los problemas que más se presentaban los alumnos al llegar a una empresa desconocida, empezar a interactuar con la actitud de las personas siendo un ambiente muy hostil para la mayoría de los alumnos también para los trabajadores que se sienten amenazados en su labor de como un estudiante me va a decir q hacer si no tiene experiencia además no sabe nada del proceso, romper esa barrera a veces es demasiado frustrante para poder realizar pruebas, prototipos, ideas innovadoras o simplemente para aprender cómo se trabaja el proceso en esa industria.

Todo lo anterior menciona nos llevó a comprender mejor las carencias por parte de nuestros estudiantes, como algunas fortalezas que se encontraron. Todo esto ayudo para dar el siguiente paso así como estructurar algunas preguntas de que estamos haciendo bien para mejorar, llevándonos al sector Industrial para cuestionar sobre los proyectos que se realizan en las diferentes empresas con nuestra materia prima. Si los proyectos realizados les han servido tanto alumnos como empresarios, el tiempo es suficiente para realizarlo, que áreas de oportunidad visualizan para los nuevos proyectos, como les gustaría que fueran desarrollados y que están dispuestos hacer para mejorar. Esto vino a fortalecer los comentarios de los alumnos, ya teniendo un panorama por ambas partes se pudo comparar las ideas y llegar a un comparativo de que se puede mejorar y fortalecer para minimizar todos los inconvenientes que surgen en los diferentes proyectos.

A continuación se mencionan el modelo propuesto de algunas mejoras más importantes para ambas partes aplicando sus experiencias en los proyectos realizados en clases y por parte de los empresarios en los diferentes proyectos demandantes de la industria manufacturera.

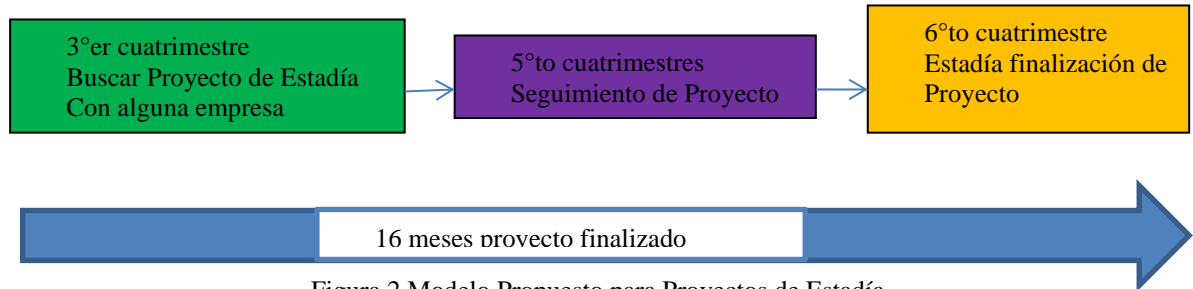


Figura 2 Modelo Propuesto para Proyectos de Estadía

Con este nuevo modelo propuesto por ambas partes donde se llegó al acuerdo de seguir esta ruta para pilotear a los estudiantes con un pensamiento diferente, mejorando la planeación, estrategias e implementación en cada uno de los proyectos propuestos por las empresas hacia los alumnos para la mejora continua de los procesos de producción y el crecimiento importantísimo en el saber hacer de los futuros ingenieros de como atacar los problemas a resolver en las diferentes áreas, el objetivo de la mejora, como llevar a cabo el desarrollo, capacitación del personal que labora en planta de la implementación del proyecto, con todos los inconvenientes que están inmersos para lograr el cumplimiento y satisfacción de todos los involucrados en un beneficio en común que es que la empresa crezca para tener mejor estabilidad laboral.

Al analizar la figura 2 podemos notar haciendo cuentas que tenemos un año con 4 meses para realizar un buen proyecto a largo plazo que este bien sustentado, justificado, con un objetivo muy claro para ir haciendo la implantación de las propuestas y corrigiendo las pocas variables que van saliendo en el camino del proyecto.

Como se puede observar en tercer cuatrimestre sería para analizar, observar, proponer el nuevo prototipo o proyecto a realizar, sustentarlo para hacer la propuesta a los empresarios, maestros de la factibilidad, viabilidad de esta idea que sería un área de oportunidad en el crecimiento de ambas partes.

En el 4to al 5to cuatrimestre sería poner en marcha el nuevo prototipo haciendo los ajustes necesarias en proceso ya que tienen que ser mínimos por la planeación del tercer cuatrimestre, habrá modificaciones porque nadie está exento de no tener alguna anomalía, ya que se trabaja con el factor humano con su actitud, eso es algo que nos se puede controlar al 100% pero se puede observar y modificar para el seguimiento de las nuevas propuestas y sus prototipos con el desarrollo, y con la participación de cada uno de los departamentos involucrados, con los alumnos participantes en este proyecto se tendrá un gran crecimiento.

En el 6to cuatrimestre sería la validación de todo el prototipo o proyecto según sea el caso donde se medirá la eficacia y eficiencia del mismo, así como satisfacción de los clientes finales con encuestas o algún método que arroje evidencia de que se va por buen camino o hay que hacer ajustes para llegar a la sensibilización de la sociedad. También se podrá observar y monitorear a los alumnos involucrados para enriquecer sus propuestas reforzando todas esas áreas de oportunidad, no dejando cabos sueltos en estos proyectos paso a paso en el crecimiento de los futuros profesionistas, contando con la satisfacción de las industria por cubrir su necesidad.

Con todo esto se obtendrá un gran prototipo, desarrollando proyectos a corto y largo plazo con alcances imaginables, con ganancias para el sector productivo que es el objetivo que todas las empresas buscan en ir creciendo día a día. Llevando de la mano el fortalecimiento de los alumnos de las diferentes universidades para obtener experiencia en la industria ya que es diferente la presión de las fábricas a las de escuelas, les dará más herramientas para enfrentas los nuevos retos cuando salgan al campo laborar, así obtener un título que los respalde como profesionistas que cuando salgan a ese reto de las industrias tendrán el saber hacer y no se quedaran callados porque dirán todo lo que saben y cómo hacerlo para mejorar haciendo más productiva a la empresa donde laboren.

### **Procedimientos para la mejora en nuevas ideas de crecimiento de productos.**

Hay muchas herramientas para enriquecer a las industrias manufactureras en la creación de nuevos prototipos ya que la mayoría de las empresas explota lo más que se puede sus productos que transforma para la sociedad, todo esto los va llevando a un estancamiento en el mercado de consumo, bajando las ventas, el crecimiento de los trabajadores y hasta el despido de los trabajadores siendo muy crítico la supervivencia de las diferentes empresas. Todo por no tener una visión de creación de nuevos rumbos, con nuevas ideas, productos que todo se puede resolver con la



innovación de prototipos diferentes a los producidos o con mejorar de producto que se fabrica y la fusión de dos productos para cubrir necesidades.

Conduciendo a grandes áreas de oportunidad con crecimiento en el mercado de la sociedad, capital para la innovación que va de la mano con la supervivencia, la estabilidad empresarial con estas técnicas se puede crecer usándolas de la mejor manera posible que a continuación se mencionan:

- Ingeniería simultánea.
- CAD-CAM-CAE.
- Impresión 3D.

Con la ayuda de ingeniería simultanea se puede trabajar varias personas al mismo tiempo con la ayuda del internet se puede crear una página web, un bloc, correo electrónico o incluso por Facebook donde se pueden estar subiendo las ideas de los prototipos como para hacer las críticas constructivas de un mejor producto, enriqueciendo la idea del nuevo producto, que nos servirá para descartar algún diseño innecesario. Todo con el fin de se esté trabajando en tiempo y forma real de los avances del proyectos, así todos sabrían cómo van, que sigue con el fin de adelantar que se necesita para trabajar cuando se llegue el turno para todos los involucrados y participar de operaciones con todos los departamentos en cada uno de los procesos por que cuenta mucho sus opiniones de todos ver figura 3.

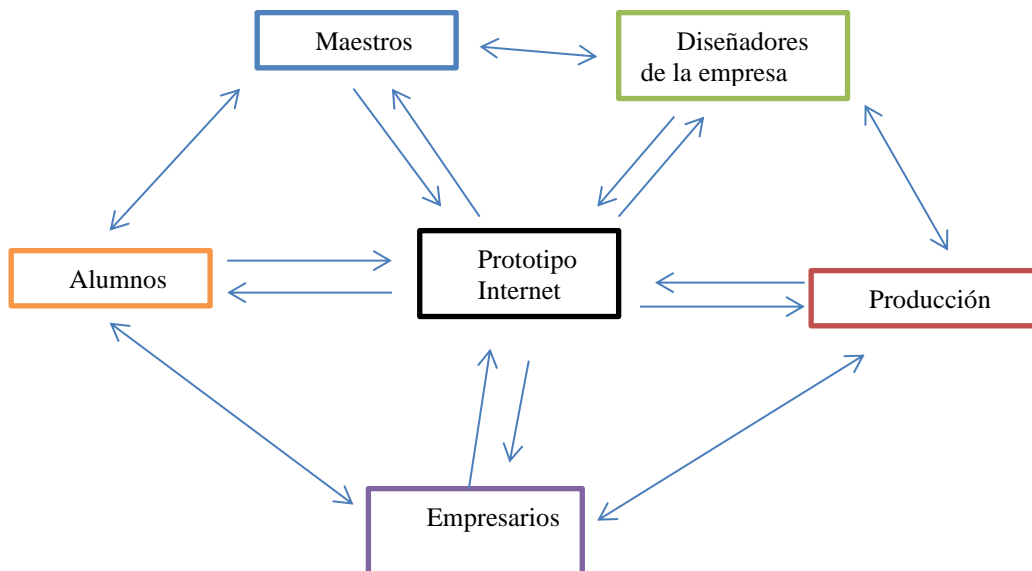


Figura 3 Intercambio de ideas por internet.

Con la ayuda CAD-CAM-CAE se podrán diseñar prototipos más rápidos con características de los clientes, alumnos, maestros, empresa para obtener un nuevo producto q satisfaga las necesidades requeridas para el mercado. Obteniendo croquis con medidas reales del nuevo producto en menor tiempo, con la satisfacción de que es un diseño donde participaron varias personas para un benéfico en común. Con la ayuda de las tres herramientas se dibujar se simulara el maquinado y se hará el análisis de elemento finito para ver el factor de seguridad del prototipo para saber las cargas o deformaciones que tendrá cuando se esté utilizado y no ocurra un accidente en uso del producto terminado ver figura 4



Figura 4 CAD-CAM-CAE.

Con la ayuda de la impresión 3D se ahorraría tiempo-esfuerzo-dinero en proceso de lanzamiento del producto al mercado ya que se imprimiría la pieza a escala del prototipo deseado o dependerá del área de impresión de la impresora con que se cuente, también se puede imprimir por partes y ensamblar las piezas hasta conseguir el tamaño real de producto, esto llevaría más tiempo de impresión, ver la figura 5.



Figura 5 Impresión 3D

Como podemos observar en la impresión nos da un objeto que se puede manipular del producto que se está diseñando de muy buena calidad, hasta se puede imprimir con articulaciones las piezas para poder visualizar productos que tengan partes que se necesiten mover realizando alguna función del aparato o equipo mostrándonos la funcionalidad, cubriendo las necesidades de los clientes finales como la de la empresa, maestros y alumnos que es el punto medular de este tipo de proyectos de impresión 3D.

### **Comentarios Finales**

#### *Resumen de resultados*

En este trabajo se investigó la satisfacción de los empresarios que se cubriera sus expectativas, peticiones para la elaboración de nuevos prototipos hacia el mercado con un ciclo corto en diseño-producción y salida a la venta, evitando así la parte más compleja que es el ajuste del proceso de producción porque ya no sería a prueba y error hasta que salga la primera pieza, después a corregir o comprar maquinaria siendo una pérdida de tiempo y dinero por el ciclo tan largo en producir las primeras piezas. El resultado de este análisis favorece ampliamente a la industria manufacturera, haciendo más rentable e innovando productos nuevos para satisfacer las demandantes necesidades de la sociedad.

Los alumnos desarrollan más sus capacidades, habilidades porque tendrán un ciclo completo de diseño-producción-calidad-ventas obteniendo el saber hacer, demostrando a la empresa su capacidad para desenvolverse en medio laboral y posicionándose en puesto de trabajo donde se hizo el proyecto que ese el objetivo final que se inserten al mercado laboral.

#### *Conclusiones*

Los resultados demuestran que se debe trabajar de la mano con las industrias-universidades para el desarrollo tecnológico, ayudado al crecimiento de las partes involucradas obteniendo nuevas perspectivas, cambios y desarrollo laboral para los nuevos ingenieros aplicando nuevas ideologías, filosofías, técnicas o todo tipo de herramientas

aprendidas en las aulas de las universidades tecnológicas, concluyendo que se debe integrar este tipo de trabajo colaborativo para los alumnos, empresarios para la formación de estudiantes.

#### *Recomendaciones*

Los maestros interesados en buscar desarrollo tecnológico, el saber hacer de los alumnos, busquen nuevas metodologías para reforzar esta propuesta en el aprendizaje, formación de los alumnos. Se recomienda que se integren es tipo de herramientas como la ingeniería concurrente, CAD-CAM-CAE, impresión 3D en la formación académica de los alumnos y con la ayuda de las estadías hacer vínculos con empresarios para obtener grandes proyectos de industria trasladándolos a las aulas para solucionarlos dando un panorama a los estudios de lo que los espera haya fuera.

#### **Referencias**

- 1.-Joseph E. Shingley "Diseño en Ingeniería Mecánica," *Mc Graw Hill*, sexta edición.
- 2.-Adams and Askenazy "Finite Element Analysis" Onword.
- 3.-Sergio Gómez Gonzáles "Solidworks práctico 1, MARCOMBO/," cuarta edición, 2014.
- 4.-Optimización de Procesos de Mecanizado, Hepresan Formación, UNITEC, España.

#### **Notas Biográficas**

El **M.C. Roberto Avelino Rosas** Este coautor es profesor de la carrera de Ing. Industrial de la Universidad tecnológica de Tecamachalco, Puebla, México. Terminó sus estudios de postgrado en Energías Renovables.

La **M.C. Gabriela Reyes Fernández** es profesora PTC A de la Universidad Tecnológica de Tecamachalco. Su maestría en Ingeniería Administración en la BUAP, Puebla. Proporciona servicios de tutor de tutores en el área de TSU e Ing. Industrial.

El **M.C. Rubén Téllez Hernández** es Académico PTC A en Ing. Industrial de la Universidad Tecnológica de Tecamachalco Pué. Ponente e Investigador de CICA, Ha publicado artículos en varias revistas.

# DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA SOBRE EL GUSANO ELOTERO (HELIOTHIS ZEA) RADIADO CON ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS DE BAJA ENERGÍA: UN ESTUDIO POR SIMULACIÓN

Pablo Hernández Nava<sup>1</sup>, Alejandro Rodríguez Ortega<sup>2</sup>,  
Francisco Marcelo Lara Viveros<sup>3</sup> y Susana Leticia Soto Fernández<sup>4</sup>

**Resumen**—En este trabajo se utiliza un modelo del gusano elotero, donde se identifica el cerebro, corazón, sistema nervioso y la piel del gusano elotero. A través de simulaciones y una antena microstrip, el modelo se coloca en una región de campo lejano para que los elementos que conforman al gusano sean radiados con energía electromagnética; usando frecuencias de 0.9, 2.4, 5 y 12 GHz. Observando que a mayor frecuencia el valor numérico del SAR se incrementa, indicando las secciones que son susceptibles de experimentar un incremento de temperatura. En particular, la piel es el órgano que exhibe una mayor absorción de energía respecto a los otros órganos analizados.

**Palabras clave**— Gusano elotero, antena microstrip, propiedades dieléctricas.

## Introducción

El gusano elotero (*Heliothis zea*) es el estado inmaduro del insecto *Helicoverpa zea*, su distribución es a nivel mundial y constituyen un problema serio en todo México. El gusano elotero presenta 4 estadios de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. En el estadio larvario suele restringirse a la mazorca, aunque en algunas ocasiones se alimentan del verticilo y de las espigas tiernas. Comienza a alimentarse poco después de que emerge del huevo y se concentra en el canal de los estigmas. Además de provocar daños directos a los granos, las larvas dan entrada a los patógenos que pudren la mazorca. Las larvas en desarrollo y las maduras presentan una coloración que varía mucho, desde café o rojo hasta verde o una combinación de todos éstos, llegando a medir hasta los 4 o 5 cm. Debido a que son caníbales, es raro que haya más de una larva en cada mazorca. Cuando están completamente desarrolladas, las larvas caen al suelo y forman pupas en celdillas de tierra a pocos centímetros bajo la superficie del suelo (Ortega, 1987). Históricamente, el manejo de estas larvas se basa en un control biológico y uno químico. En el primer caso, se liberan algunos de sus depredadores con el propósito de disminuir su población, aunque no se logra erradicarlas. El segundo método es un poco más eficiente, aunque su efectividad depende del periodo y dosis de aplicación; ya que el gusano elotero se hospeda dentro de las hojas del elote.

Recientemente, en la agricultura, se han propuesto técnicas alternas con señales eléctricas en el rango de las microondas para el: secado de granos, monitoreo de aves, humedad del suelo y control de plagas en diferentes tipos de granos (Kraszevsk, 2003) y (Nelson, 2004); donde utilizan alta energía (entre 200-1000 W), generando un incremento en la temperatura que daña a la planta. Idealmente, la inducción de calor debe ser únicamente sobre la plaga a tratar sin afectar al cultivo. Existen reportes con el uso de este principio donde se utilizan diferentes valores de frecuencia en insectos específicos del: arroz (Ahmed, 2011), sorgo (Barbosa, 2017) y trigo (Kaasova, 2002); pero no sobre la plaga del maíz.

Ante este panorama, en este trabajo se realiza un estudio a nivel simulación, de la distribución de energía electromagnética sobre el cuerpo y algunos órganos del gusano elotero. Para ello, se utilizan 4 valores de frecuencia que corresponden a valores usados en redes de comunicación comercial. El objetivo principal de este estudio es determinar a qué frecuencias se podría inducir un incremento en la temperatura del gusano y, con ello, lograr que la larva abandone su hábitat para que sus depredadores naturales la devoren.

<sup>1</sup> Pablo Hernández Nava es Profesor de Ingeniería en Ciencias Computacionales en la Universidad Politécnica de Francisco I Madero, Tepatepec, Hidalgo. [pahernandez@upfim.edu.mx](mailto:pahernandez@upfim.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Alejandro Rodríguez Ortega es Profesor de Ingeniería en Agrotecnología en la Universidad Politécnica de Francisco I Madero, Tepatepec, Hidalgo. [arodriguez@upfim.edu.mx](mailto:arodriguez@upfim.edu.mx)

<sup>3</sup> Francisco Marcelo Lara Viveros es Profesor de Ingeniería en Agrotecnología en la Universidad Politécnica de Francisco I Madero, Tepatepec, Hidalgo. [fm Lara@upfim.edu.mx](mailto:fm Lara@upfim.edu.mx)

<sup>4</sup> Susana Leticia Soto Fernández es Profesora de Ingeniería en Ciencias Computacionales en la Universidad Politécnica de Francisco I Madero, Tepatepec, Hidalgo. [ssoto@upfim.edu.mx](mailto:ssoto@upfim.edu.mx)

### Descripción del Método

#### Antenas Microstrip

Una antena microstrip es fácil de fabricar e integrar, y exhibe un patrón de radiación altamente directivo. Para su diseño se consideraron frecuencias de algunos servicios inalámbricos; que de acuerdo al cuadro nacional de atribución de frecuencias ([www.ift.org.mx](http://www.ift.org.mx)) se encuentra que: a) La banda de 900 MHz ofrece servicios de telefonía móvil. b) La banda de 2.4 GHz es de uso libre y en ella existen diversos servicios como Wi-Fi, Bluetooth, etc. c) La banda de 5 GHz también es de uso libre y está menos congestionada que la banda de 2.4 GHz. d) Finalmente, la banda de 12 GHz es usada principalmente para servicios de comunicación vía satélite. El diseño de las antenas microstrip se realiza utilizando las consideraciones expuestas en (C. Balanis, 2016). En la Tabla 1 se presentan las dimensiones necesarias para la elaboración de las antenas microstrip después de realizar un proceso de optimización, mientras que en la Figura 1 se muestra la frecuencia de resonancia de cada antena a través del parámetro  $S_{11}$ .

Tabla 1. Dimensiones físicas para las antenas microstrip.

| Frecuencia (GHz) | Ancho (mm) | Largo (mm) |
|------------------|------------|------------|
| 0.9              | 99         | 78.3       |
| 2.4              | 36         | 29         |
| 5                | 18.3       | 13.3       |
| 12               | 7.1        | 6.3        |

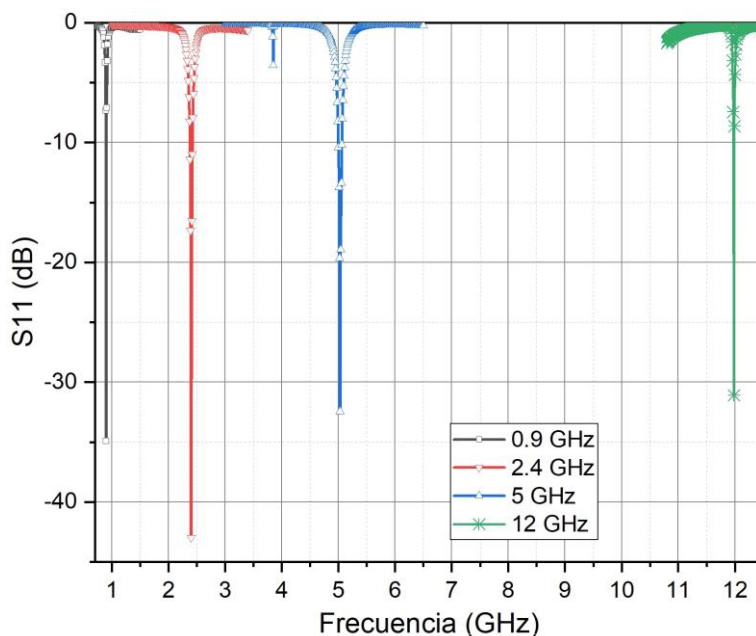


Figura 1. Respuesta en frecuencia de cada antena microstrip.

#### Modelo del gusano elotero

El desarrollo de un modelo para representar al gusano elotero se ilustra en la Figura 2 y concentra los 4 órganos bajo estudio: corazón, sistema nervioso, piel y cerebro. La disposición de cada órgano se basó en datos extraídos de reportes que refieren a otro tipo de insectos, como el gusano de seda, ya que no existe reporte alguno sobre el gusano elotero. Además, se consideró una geometría tipo toroide debido a que éste se enrosca cuando lo tocan.

Es bien sabido que las propiedades dieléctricas de un material definen su capacidad de absorber y disipar energía electromagnética, por ende, la forma en que se distribuye la temperatura cuando éste es sometido a un campo electromagnético. En la literatura no se encontró referencia sobre estos parámetros aplicados a los órganos

del gusano elotero. Por esta razón, para el desarrollo de las simulaciones se tomaron los valores reportados para los órganos del cuerpo humano; los cuales se presentan en la Tabla 2.

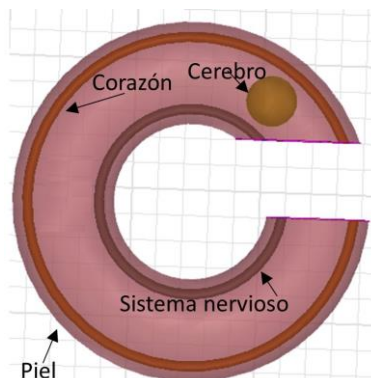


Figura 2. Distribución de los órganos en el gusano elotero.

Tabla 2. Constante dieléctrica para cada órgano del gusano elotero.

|                       | Cerebro        | Piel  | Corazón         | Sistema nervioso |
|-----------------------|----------------|-------|-----------------|------------------|
| Constante dieléctrica | 56-58          | 41-45 | 48-54           | 30-59            |
| Referencia            | (Brodie, 2015) |       | (Camelia, 1996) |                  |

*Arreglo para simulaciones*

Las simulaciones se realizaron con el software electromagnético HFSS 19.1 y obtener la distribución del coeficiente de absorción específico (SAR) sobre cada uno de los órganos propuestos. El SAR es una medida de la cantidad de energía de RF que es absorbida por el tejido vivo al utilizar algún equipo que emita este tipo de señales, midiendo sus valores en W/Kg; la absorción de energía genera un incremento en la temperatura del cuerpo bajo estudio y depende, entre otros valores, de la frecuencia de exposición. Se considera que el valor límite, al cual el SAR es seguro, está entre 1.5 y 2 W/Kg (Derat, 2014). La arquitectura implementada se expone en la Figura 3, donde se indica que la distancia entre la antena y el gusano corresponde a la región donde la onda electromagnética es radiante. Esta condición se le conoce como región de campo lejano y se determina por medio de  $R = (2D^2)/\lambda$ , (C. Balanis, 2016). Donde  $D$  representa el segmento más grande de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda a la frecuencia de diseño. En todos los casos la antena fue alimentada con una potencia de 1W.

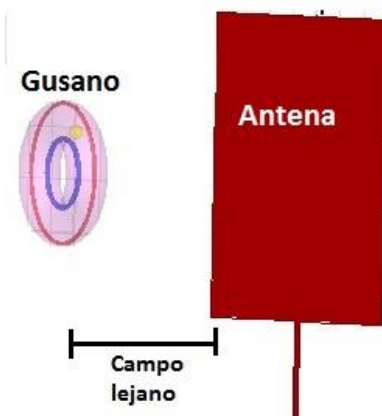


Figura 3. Arquitectura implementada para el desarrollo de las simulaciones.

*Resultados*

El análisis de los resultados, obtenidos en las simulaciones para los diferentes órganos, muestra que conforme se incrementa la frecuencia el gusano logra absorber más energía. La distribución de energía se representa

en la Figura 4 para el cerebro, la Figura 5 para el corazón, la Figura 6 para el sistema nervioso y la Figura 7 para la piel. A la izquierda de cada figura se ubica una escala numérica para asociar la gama de colores con la cantidad de energía absorbida. Siendo el color rojo la región más afectada y, en este sentido, los valores más altos corresponden a la piel del gusano; por lo que se considera que éste es el órgano que absorbe una mayor cantidad de energía por ser la sección externa. Por otra parte, a 12 GHz todos los órganos exhiben el valor más alto.

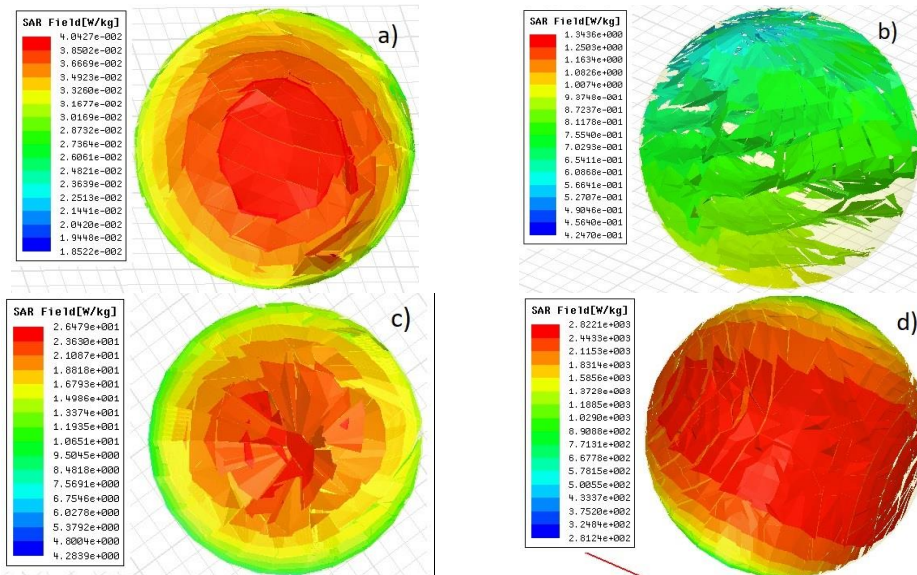


Figura 4. Distribución de energía (SAR) en el cerebro del gusano elotero: a) 900 MHz, b) 2.4 GHz, c) 5 GHz y d) 12 GHz.

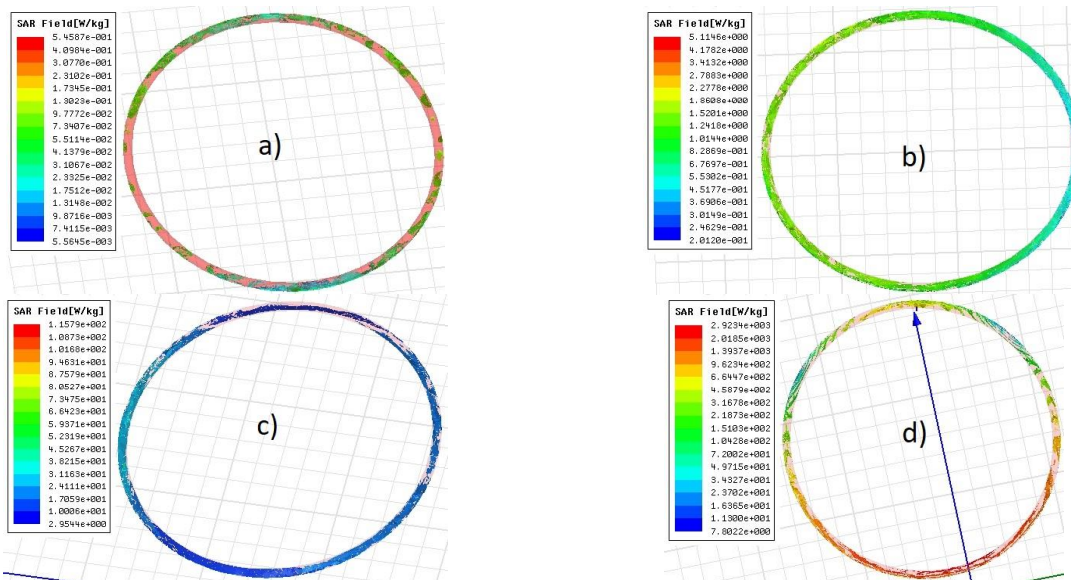


Figura 5. Distribución de energía (SAR) en el corazón del gusano elotero: a) 0.9 GHz, b) 2.4 GHz, c) 5 GHz y d) 12 GHz.

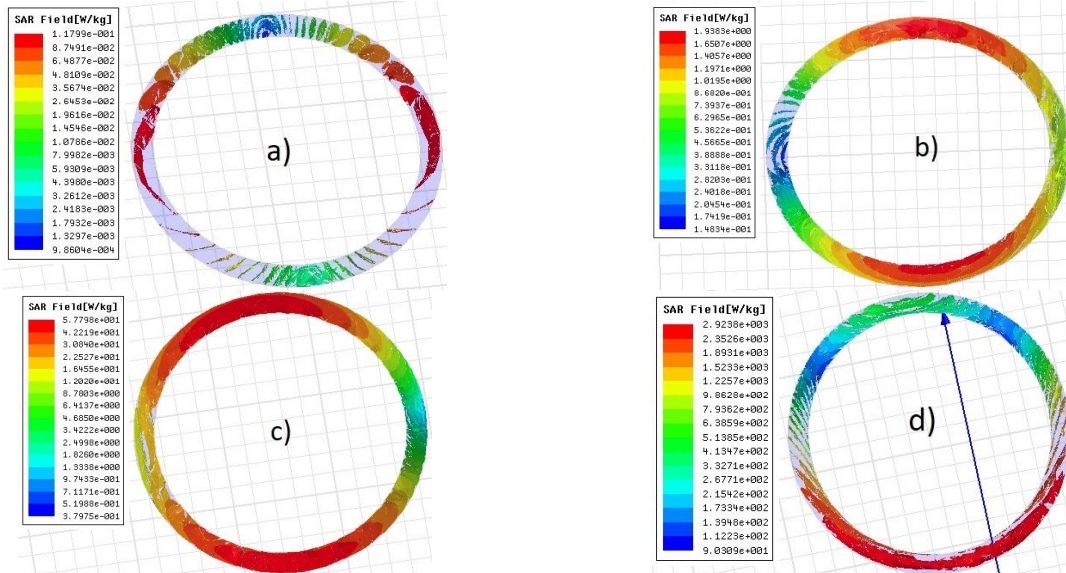


Figura 6. Distribución de energía (SAR) en el sistema nervioso del gusano elotero: a) 0.9 GHz, b) 2.4 GHz, c) 5 GHz y d) 12 GHz.

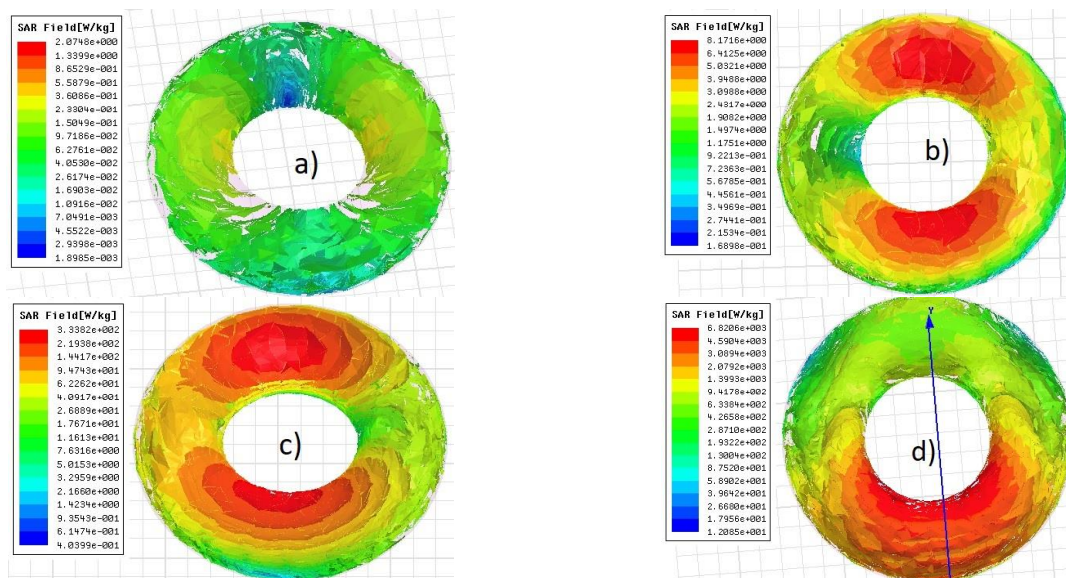


Figura 7. Distribución de energía (SAR) en la piel del gusano elotero: a) 0.9 GHz, b) 2.4 GHz, c) 5 GHz y d) 12 GHz.

En la Tabla 3 se concentra el valor numérico máximo de SAR obtenido a 12 GHz, a esta frecuencia las dimensiones de la antena disminuyen, por lo que el área de cobertura del patrón de radiación decrece significativamente. Este comportamiento es adecuado para fines prácticos, ya que se puede concentrar la energía en un área específica sin inducir energía a la planta que aloja al gusano. Por otra parte, los valores que exhiben el corazón, cerebro y sistema nervioso son similares; indicando que éstos se ven afectados en el mismo grado.

Tabla 3. SAR máximo a una frecuencia de 12 GHz.

|           | Cerebro | Piel | Corazón | Sistema nervioso |
|-----------|---------|------|---------|------------------|
| SAR (W/g) | 2.82    | 6.82 | 2.92    | 2.92             |



## Comentarios Finales

### Conclusiones

Se presentó un modelo para representar los principales órganos del gusano elotero, los cuales fueron expuestos a radiación electromagnética con frecuencias de 0.9, 2.4, 5 y 12 GHz. Se observó que al incrementarse la frecuencia el SAR aumenta, indicando qué órganos son más susceptibles a presentar un incremento de temperatura. La piel del gusano, por ser un órgano externo, absorbe más energía, mientras que los otros tres órganos exhiben valores similares. Por otra parte, las dimensiones de la antena microstrip disminuyen con el incremento de frecuencia y el patrón de radiación de la antena interactúa en un área menor permitiendo concentrar la energía en zonas específicas.

### Recomendaciones

Realizar simulaciones modificando la permitividad eléctrica de cada órgano para identificar si existe una variación considerable a lo expuesto en este trabajo. También, con el propósito de validar los resultados de estas simulaciones, es necesario implementar físicamente el experimento, obtener las propiedades dieléctricas del gusano elotero y realizar estudios de microscopía sobre sus órganos.

### Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo al proyecto 295814 y a la empresa ANSYS por el uso de una licencia temporal del programa HFSS 19.1.

## Referencias

- Ortega C. A. (1987). Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. México, D.F.: CIMMYT. 115
- Kraszevski, A.W. (2003). Microwave Techniques in Agriculture, *J. Microw. Power Electromagn. Energy*, 38(1), 13-35
- Nelson, S.O. (2004). Agricultural Applications of Dielectric Spectroscopy, *J. Microw. Power Electromagn. Energy*, 39(2), 75-85
- Ahmed, M., Malek, F., Ahmad R.B. & Aziz M.Z.A. (2011). Modeling and Analyzing the Dielectric Properties of *Rhyzopertha dominica* (F.), *IEEE Region 10 Conference TENCON 2011*, Bali, Indonesia.
- Barbosa, D. R. S., da Silva Fontes, L., Silva, P. R. R., Neves, J. A., de Melo, A. F., & Esteves Filho, A. B. (2017). Microwave radiation to control *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae in cowpea cultivars. *Aust. Entomol.*, 56, 70–74.
- Kaasova, J., Hubackova, B., Kadlec, O., Prihoda, J. & Z.Bubnik, J. (2002). Chemical and Biochemical Changes During Microwave Treatment of Wheat, *Czech J. Food Sci.*; 20(22), 74-78
- Balanis C. (2016). *Antenna Theory Analysis and Design*, 4<sup>th</sup> Ed., Wiley.
- Recuperado de <http://www.ift.org.mx/espectro-radioelectrico/cuadro-nacional-de-atribucion-de-frecuencias-cnaf>
- Brodie, G., Jacob M.V.n and Farrel P. (2015). *Microwave and Radio-Frequency Technologies in Agriculture*, Sciedo.
- Camelia Gabriel, (1996). *Compilation of the Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequencies*. Final report, King's College London.
- Derat B. (2014). Body SAR and EU, *MIC MRA International Workshop*, Tokyo, Japan.

# La educación continua como factor del desarrollo profesional de los alumnos de la facultad de ingeniería y negocios Tecate

MBA María Guadalupe Hernández Ontiveros<sup>1</sup>, MA Ma. Magdalena Hernández Ontiveros<sup>2</sup>,  
M.A. Angelica Reyes Mendoza<sup>3</sup>

**Resumen**— El impacto de los profesionistas en las empresas representa un factor primordial en el logro de los objetivos y nuevos retos, la importancia que un profesionista tenga un desarrollo pleno complementando su experiencia con capacitación constante permite el desarrollo de habilidades y conocimientos para la toma de decisiones frente a problemáticas que se pudieran presentar en una organización; la importancia de que los estudiantes egresados tengan una educación continua constante conlleva a la generación de la presente investigación la cual refleja la falta de acercamiento de los profesionistas egresados a las instituciones educativas para continuar con su desarrollo profesional así como la difusión de programas de educación continua que se adapten a las necesidades de los mismos.

**Palabras clave**— Educación continua, desarrollo, capacitación y empresa.

## Introducción

La demanda de profesionistas en las organizaciones es una acción constante dado a las necesidades de la misma con el fin de tener una ventaja competitiva y mantener una diferenciación ante las demás empresas competidoras, para ello la importancia que su personal se encuentre en un proceso de capacitación y desarrollo constante que les permitan lograr sus objetivos. Por su parte, los profesionistas tienen que estar preparados para la competencia entre otros profesionistas incrementando sus habilidades a través de la educación continua.

Para analizar la información es de vital importancia conocer el concepto de educación, para la UNICEF (2019), la educación es un derecho básico de todos los niños, niñas y adolescentes, que les proporciona habilidades y conocimientos necesarios para desarrollarse como adultos y además les da herramientas para conocer y ejercer sus otros derechos. Esas habilidades son de vital importancia en su desarrollo personal, para la Universidad Nacional Autónoma de México, (2019) la educación es uno de los factores que más influye en el avance y progreso de personas y sociedades. Además de proveer conocimientos, la educación enriquece la cultura, el espíritu, los valores y todo aquello que nos caracteriza como seres humanos.

Los conocimientos que se adquieren a través de la educación se convierten en experiencia en la vida personal y profesional de las personas, las cuales son aplicadas en el ámbito laboral.

Para las Naciones Unidas, (2019) la educación es la base para mejorar nuestra vida y el desarrollo sostenible. Además de mejorar la calidad de vida de las personas, el acceso a la educación inclusiva y equitativa puede ayudar abastecer a la población local con las herramientas necesarias para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas más grandes del mundo.

En este sentido para el Banco Mundial, (2019) la educación es un derecho humano, un importante motor del desarrollo y uno de los instrumentos más eficaces para reducir la pobreza y mejorar la salud, y lograr la igualdad de género, la paz y la estabilidad.

Analizando la educación como un desarrollo de acuerdo al Informe Nacional de Desarrollo Humano Guatemala, (2019) el desarrollo comprende la creación de un entorno en el que las personas puedan desarrollar su máximo potencial y llevar adelante una vida productiva y creativa de acuerdo con sus necesidades e intereses. Este entorno es creado a base de la educación y el aprendizaje de las personas en la vida cotidiana, en base a este aprendizaje Peña Acuña, (2012) determina que el desarrollo humano es un proceso de conocimiento de uno mismo. Esto conlleva un trabajo personal de búsqueda a lo largo de toda la vida, reflexión, innovación, relación con los demás.

Para Franco Peláez, (2006) el desarrollo humano puede definirse como el cumplimiento de una serie de etapas biológicas, psicológicas y sociales por las cuales tiene que pasar el ser humano, desde el momento de su concepción en el seno materno, hasta la muerte. Este proceso de aprendizaje y conocimiento conlleva al desarrollo profesional de

<sup>1</sup> La MBA. María Guadalupe Hernández Ontiveros es Profesora de tiempo completo, coordinadora de Servicio Social Profesional 1ra etapa y coordinadora de la educación continua de la Facultad de Ingeniería y Negocios, Tecate de la UABC. [ghernandez24@uabc.edu.mx](mailto:ghernandez24@uabc.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> La MA Ma. Magdalena Hernández Ontiveros es Profesora de Licenciatura en contaduría en la Universidad Autónoma de Baja California, México [lbeltran@tecnocac.mx](mailto:lbeltran@tecnocac.mx)

<sup>3</sup> M.A. Angélica Reyes Mendoza es Líder del CA Administración y Gestión de proyectos y Profesora investigadora de la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate, en la Universidad Autónoma de Baja California, México [angelita@uabc.edu.mx](mailto:angelita@uabc.edu.mx)

las personas, en donde la educación continua forma parte estructural del desarrollo profesional de los estudiantes y los egresados de las instituciones de educación superior como lo plantea Siliceo Aguilar (2004), donde la educación continua es la necesidad permanente de adquisición de conocimientos y de vivencias que actualicen y desarrollen a la persona en un ámbito personal y profesional, y segundo, la programación eficazmente planificada de eventos y actividades educativas que satisfagan las necesidades individuales y grupales.

Para la Universidad Autónoma de Baja California (2019), la educación continua pretende cubrir los intereses de capacitación a los diversos sectores de la sociedad tanto a nivel empresarial como de los estudiantes, egresados trabajadores, jóvenes niños y padres de familia, proporcionando una forma de capacitación para el mejor desempeño de sus actividades de vida que pueden ser de índole personal, profesional o académica.

### **Descripción del Método**

#### *Problema*

Uno de los principales problemas que afrontan los estudiantes al salir a la vida laboral es la falta de experiencia o en su caso la falta de competitividad de habilidades frente a otros profesionales para adquirir puestos que requieran toma de decisiones. La falta de acercamiento de los profesionales a las instituciones educativas que ofrezcan la educación continua se ha convertido en una problemática, así como la poca difusión de los programas de las universidades aleja más la posibilidad del desarrollo integral del profesional.

La falta de compromiso de las organizaciones por desarrollar talento aumenta el poco desarrollo y habilidades de las personas en las mismas, lo cual limita a saca el máximo potencial de los profesionistas que participan en la industria.

#### *Objetivo*

Dentro de esta investigación el objetivo principal es determinar la importancia de la Educación continua en el desarrollo profesional de los alumnos para ofrecer una ventaja competitiva en las organizaciones.

En los objetivos específicos se tiene que identificar los programas de educación continua que ofrece la facultad de ingeniería y negocios Tecate.

#### *Referencias bibliográficas*

Analizando la educación continua desde el punto de las instituciones educativas para Ibarra Mendivil , y otros,(2005) la educación continua constituye una herramienta estratégica para el desarrollo institucional al aprovechar las experiencias de los participantes y ofrecer un espacio de vinculación y experimentación educativa; retroalimenta, además, a los currículos universitarios al considerar las necesidades de formación, actualización, especialización, capacitación y superación profesional. Es por esta razón que las instituciones educativas deberán conocer las necesidades de los profesionistas en la industria. Para Urbina Soria, (1992) la Educación continua Universitaria es la actividad que se realiza en las instituciones de Educación superior, dirigida a los profesionales en ejercicio, su principal función es la de actualizar y complementar la formación teórico-práctico de los egresados para resolver los problemas que les plantea la práctica profesional en los escenarios de trabajo.

La formación profesional de las personas complementa la satisfacción de las necesidades del trabajo y contribuyen al logro de los objetivos de las organizaciones, para Bustamante Rojas, y otros, (2010) la educación continua forma parte de la educación formal extraescolar, está dirigida a adultos o enfocada a personas con o sin título profesional, permite la formación, actualización y capacitación en una modalidad educativa flexible. De tal manera que el desarrollo se pueda cumplir con la educación continua para Mesa editorial Merca2.0, (2019) La educación continua es un patrimonio personal. Invertir en él es preocuparse por un desarrollo integral que tendrá beneficios a largo plazo. Profesional que no se actualiza corre el riesgo de caer en la obsolescencia.

## Metodología

### *Cuestionario*

Tipo: Cualitativa. Es un estudio de caso.

### *Población*

Son alumnos de la Universidad Autónoma de Baja California de la Facultad de ingeniería y negocios Tecate de las distintas carreras que ofrece la institución y últimos semestres.

### *Muestra*

Se tomó como muestra a 44 alumnos de la facultad de ingeniería y negocios Tecate de las carreras de Licenciatura en Administración de Empresas, Licenciatura en Contaduría, Ingeniería Industrial y Derecho de los semestres de séptimo, octavo y noveno, los cuales se consideró que daría la información necesaria para sustentar y fundamentar la investigación.

### *Procedimiento*

El procedimiento para la obtención de datos se llevó a cabo a través de la aplicación de una encuesta con la cual se tiene el objetivo de evaluar la importancia de la educación continua en desarrollo profesional y en qué áreas es primordial recibir capacitación y actualización.

El cuestionario fue aplicado a alumnos que se encuentran cursando los semestres de séptimo, octavo y noveno de las carreras de Licenciatura en Administración de empresas, licenciatura en contaduría, ingeniería industrial y Derecho los cuales representan la muestra de la presente investigación que expresaron su opinión en relación a la educación continua.

## Comentarios Finales

### *Resumen de resultados*

Los resultados generales del método aplicado están relacionados a la importancia que tiene la educación continua en los estudiantes que están en la fuerza laboral y necesitan un desarrollo profesional independientemente a la formación de su carrera que les permita tener una ventaja competitiva ante más profesionistas, pero debido a la falta de comunicación por parte de los encuestados no cuentan con la información necesaria de los programas de educación continua que ofrece la institución de educación superior.

Los alumnos se encuentran consientes de la importancia de la educación extra para ofrecer un plus en sus actividades que desarrollan en el ámbito profesional, pero debido a diferentes factores tanto laborales como personales de los estudiantes, no se dan el tiempo para buscar información de los cursos de educación continua que ofrecen las instituciones de educación superior que les permita desarrollarse completamente por tal motivo el 30% de los encuestados desconocen los programas que se ofrece la facultad de ingeniería y negocios Tecate.

De acuerdo a los resultados el 25% de los alumnos encuestados considera que los planes de carrera que actualmente cursan no ayudan a cubrir los requerimientos necesarios que una empresa requiere para un puesto dado a la falta de experiencia; el 97% de los encuestados considera que la educación continua es importante para el desarrollo profesional que ellos esperan y poder ofrecer una ventaja competitiva en el ámbito profesional.

El 65% de los encuestados cuenta con un trabajo en el cual desarrollan sus habilidades como profesionistas, donde de acuerdo a los resultados el 25% consideran que los programas educativos no están orientados a las actividades que ellos desarrollan en el ámbito profesional.

El 100% de los estudiantes encuestados consideran realmente importante la actualización de conocimientos de acuerdo a su carrera. El 86% de los encuestados que trabajan mencionaron que sus empresas si ofrecen cursos de capacitación y actualización a sus empleados. Pero el 56% no está seguro si la empresa cuenta con un presupuesto para diplomados o seminarios.

### Conclusiones

Analizando la problemática de esta investigación es de vital importancia la flexibilidad de los programas de educación continua para los profesionistas que se encuentran en el ámbito laboral, los resultados de esta investigación es que los estudiantes están conscientes de la importancia de la educación continua como un factor para su desarrollo profesional.

Las áreas de oportunidades que tienen las instituciones educativas superiores, es el dar difusión a sus programas de educación continua, así como su acercamiento con las empresas para promover el desarrollo en los profesionistas.

Las empresas deberán de crear programas de entrenamiento y desarrollo que permitan a su personal ampliar sus habilidades en las actividades que realizan y con esto crear una ventaja competitiva ante las demás empresas y lograr objetivos y metas que se establezcan.

Los estudiantes deben ofrecer una ventaja diferenciadora al momento de solicitar un trabajo nuevo y eso se logrará ofreciendo un extra en sus conocimientos y habilidades las cuales se pueden adquirir a través de la educación continua.

La importancia de la comunicación entre los profesionistas con las instituciones educativas, así como con las organizaciones permitirá el fortalecimiento de los programas de educación continua que permita desarrollar profesionistas y lograr con ello el logro de los objetivos que las empresas se planteen.

### Recomendaciones

Se recomienda establecer un canal de comunicación entre la institución educativa con las empresas de la localidad en la cual les permita difundir los programas de educación continua, que permita a los profesionistas que se encuentren en el ámbito laboral incrementar sus habilidades y actualizar la información para con ello puedan desempeñar sus funciones óptimamente.

La institución educativa deberá crear un listado y programación de cursos o diplomados de acuerdo a las necesidades de las empresas que permitan desarrollar al personal de acuerdo a lo que necesita la industria. Las empresas deberán establecer presupuestos para este tipo de capacitación y desarrollo de su personal que le permita optimizar recursos e incrementar su productividad.

Los datos generales dan como resultados que los alumnos están conscientes de la importancia de seguir desarrollando sus habilidades aun estando en un trabajo o con una carrera titulados, ven en la educación continua una oportunidad para desarrollar las destrezas que le permita complementar sus conocimientos básicos con información actualizada, donde se pueda mostrar una ventaja competitiva y poder crecer en lo profesional.

Las empresas y las instituciones educativas deben fomentar los programas de educación continua y desarrollo para los empleados, así como los profesionistas, para estar a la vanguardia de información y tener personal preparado para tomar decisiones.

### Referencias

- Banco Mundial. (16 de 09 de 2019). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/education/overview>
- Bustamante Rojas, H., Castillo D'Imperio, O., Davidova Nizanova, T., González González, M., Herrera Márquez, A., Moreno Zagal, M., . . . Vila Omaña, M. (2010). *Lineamientos y estrategias para el fortalecimiento de la educación continúa*. México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior Dirección de Medios Editoriales.
- Franco Peláez, Z. R. (2006). *La evaluación ética en la educación para el desarrollo humano*. Colombia: Universidad de Caldas.
- Ibarra Mendivil, J. L., Mendoza Rojas, J., Acuña Monsalve, P., Rubio Oca, J., Silva Espinosa, M., & Torres Mejía, D. (2005). *Acciones de transformación de las universidades públicas Mexicanas 1994-2003*. México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.
- Informe Nacional de Desarrollo Humano Guatemala. (17 de 09 de 2019). *Informe Nacional de Desarrollo Humano Guatemala*. Obtenido de <https://desarrollohumano.org.gt/desarrollo-humano/concepto/>
- Mesa editorial Merca2.0. (28 de 09 de 2019). *Merca2.0*. Obtenido de LA IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN CONTINUA PARA EL EJECUTIVO MODERNO: <https://www.merca20.com/la-importancia-de-la-educacion-continua-para-el-ejecutivo-moderno/>
- Naciones Unidas. (16 de 09 de 2019). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Peña Acuña, B. (2012). *Desarrollo Humano*. España: Vision Libros.
- Siliceo Aguilar, A. (2004). *Capacitación y desarrollo de personal*. México: Limusa.

UNICEF. (14 de 09 de 2019). *UNICEF México*. Obtenido de <https://www.unicef.org/mexico/educaci%C3%B3n-y-aprendizaje>  
Universidad Autónoma de Baja California. (15 de 09 de 2019). *Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate*. Obtenido de Educación Continua:  
[http://fintecate.uabc.edu.mx/web/fin/educacion-continua?p\\_p\\_id=33&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_r\\_p\\_564233524\\_tag=becas](http://fintecate.uabc.edu.mx/web/fin/educacion-continua?p_p_id=33&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_tag=becas)  
Universidad Nacional Autónoma de México. (14 de 09 de 2019). *Plan Educativo Nacional*. Obtenido de  
[http://www.planeducativonacional.unam.mx/CAP\\_00/Text/00\\_05a.html](http://www.planeducativonacional.unam.mx/CAP_00/Text/00_05a.html)  
Urbina Soria, J. (1992). *El Psicólogo: Formación, ejercicio profesional y prospectiva*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

### Notas Biográficas

La **MBA. María Guadalupe Hernández Ontiveros**, es Licenciada en Administración con especialidad en Mercadotecnia, egresada del Instituto Tecnológico de Tijuana en el estado de Baja California, obtuvo el grado de Maestra en Administración y Negocios con concentración en Mercadotecnia en el Centro de Enseñanza Técnica y Superior, en el 2011, maestro de tiempo completo y coordinadora de Servicio Social Comunitario y de la educación continua en la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate, en la Universidad Autónoma de Baja California, México. [gbernandez24@uabc.edu.mx](mailto:gbernandez24@uabc.edu.mx)

La **M.A. Ma. Magdalena Hernández Ontiveros** es licenciada en Contaduría egresada de la Universidad Autónoma de Baja California y obtuvo el grado de Maestra en Administración en la Universidad Autónoma de Baja California, actualmente es maestra por asignatura en la Facultad de ingeniería y negocios Tecate de la Universidad Autónoma de Baja California, México,

La **M.A. Angélica Reyes Mendoza** es Licenciada en Administración de Empresas, egresada de la Facultad de Ingeniería y Negocios de San Quintín en el 2007 con distinción al Mérito Escolar, Obtuvo grado de Maestra en Administración, en la Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales en el 2011, actualmente sub directora de la Facultad de Ingeniería y Negocios, cuenta con Certificación ANFECA, Perfil PRODEP, es profesor investigador y cuenta con varias publicaciones de artículos, es Líder del CA "Administración y Gestión de Proyectos" en la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate, en la Universidad Autónoma de Baja California, México, [angelita@uabc.edu.mx](mailto:angelita@uabc.edu.mx).

## Apéndice

### Cuestionario utilizado en la investigación

#### Datos Generales

Carrera que cursa: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Semestre: \_\_\_\_\_

**Indicaciones. Marque con una X la (s) respuesta (s) que considere indicada (s) según sea el caso:**

| Pregunta  | Completamente de Acuerdo | De acuerdo | Neutral | En desacuerdo | Completamente en desacuerdo |
|---|--------------------------|------------|---------|---------------|-----------------------------|
| 1. Consideras que los planes de estudios que cursas hasta la fecha actual te ayudaran a las cubrir las expectativas de las empresas para un puesto? |                          |            |         |               |                             |
| 2. ¿Consideras que la educación Continua es importante para el desarrollo profesional?  |                          |            |         |               |                             |
| 3. ¿Conoce los programas de Educación continua que ofrece la Facultad de ingeniería y negocios Tecate?  |                          |            |         |               |                             |

4.- ¿Cuáles áreas de capacitación y actualización podrían interesarle a usted?

- ( ) Recursos Humanos
- ( ) Ingeniería
- ( ) Finanzas
- ( ) Desarrollo de habilidades a nivel gerencial
- ( ) Mantenimiento Industrial

Otros: \_\_\_\_\_

5. ¿Actualmente trabaja? (Si su respuesta es Negativa favor de pasar a la pregunta 11)

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

| Pregunta  | Completamente de Acuerdo | De acuerdo | Neutral | En desacuerdo | Completamente en desacuerdo |
|---|--------------------------|------------|---------|---------------|-----------------------------|
| 6. Los planes y programas educativos de tu carrera están orientados a las actividades que tu desarrollas en tu trabajo?           |                          |            |         |               |                             |
| 7. Considero importante, el actualizarme de información en relación a mi carrera.   |                          |            |         |               |                             |
| 8.- La empresa en la que usted labora ofrece cursos de capacitación y actualización a sus empleados:                              |                          |            |         |               |                             |
| 9. Considera necesario que el personal de su empresa participe en cursos de capacitación y actualización en las diferentes áreas: |                          |            |         |               |                             |

9.- Indique por orden prioritario del 1 al 5 a qué nivel ocupacional capacitaría:

- ( ) Gerentes                      ( ) Supervisores              ( ) Personal Directo
- ( ) Administrativos              ( ) Técnicos                      ( ) Otros

10.- Cuenta la empresa con presupuesto asignado para (Diplomado o Seminario):

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

11. De estas dos opciones cual elegirías para capacitarte en los próximos meses:

Diplomado. \_\_\_\_\_ Seminario. \_\_\_\_\_

# IMPORTANCIA DEL MONITOREO DE TRÁFICO DE AUTOMÓVILES USANDO SENSORES INTELIGENTES Y AUTONOMÍA

Mtra. Faride Hernández Pérez<sup>1</sup>, Ing. Zaida Yaret Mendoza Hernández<sup>2</sup>,  
Dr. Marco Antonio González Silva<sup>3</sup> y Ana Eunice Chávez Cruz<sup>4</sup>

**Resumen**—En diversas ciudades del mundo uno de los problemas que enfrentan los ciudadanos en sus traslados cotidianos es el alto índice de tráfico vehicular, que se traduce en horas poco productivas. El crecimiento poblacional y demanda de servicios en las grandes ciudades se ha incrementado a lo largo de estos últimos años, por lo que surge la necesidad de movilidad de personas y mercancías en el menor tiempo posible. En este artículo se hace un análisis de la importancia de implementar sistemas de semáforos inteligentes como una solución para mejorar el flujo de tránsito vehicular en ciertas vialidades. Gracias al monitoreo en tiempo real de la densidad de autos que existe en ciertos puntos es posible crear estrategias que ayuden a planificar espacios inteligentes con fines de propiciar mejor circulación y estructurar a futuro ciudades inteligentes orientadas a la Industria 4.0

**Palabras clave**— automatización, monitoreo, sensores, tránsito, vehículos.

## Introducción

El crecimiento acelerado en diversas ciudades del mundo se enfrenta a grandes retos, uno de ellos es el control de tráfico de vehículos en las calles. Según Aguilar 2004, las condiciones de vialidad de una ciudad reflejan su planeación y su organización urbana, dichos conceptos son de los más complejos y significativos, y son una de las principales inquietudes de los administradores de las ciudades el poder lograr el control óptimo de sus vialidades. Pensar en una solución orientada en la Industria 4.0 con tecnologías inteligentes e innovaciones representa un avance significativo en la calidad de vida de los usuarios. La innovación que se menciona, se refiere a semáforos inteligentes utilizando la plataforma SCOOT que se centran en la técnica de optimización de compensación de ciclo dividido, es decir, responde automáticamente a las fluctuaciones de tráfico.

El gran crecimiento de la población sugiere que el consumo y uso de los medios de transporte se incremente. Hoy en día realizar una trayectoria que implica poca distancia suele requerir largos lapsos de tiempo, mucho más elevados del que debiera ser. Este problema es en gran parte por la congestión vial, una mala planeación de las vialidades y por falta de sincronización de los semáforos en los cruces.

Actualmente para mitigar en cierta forma estas cuestiones existen los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), Hinosojosa 2011, que permiten optimizar el flujo vehicular. Un SIT contiene técnicas computacionales con control estadístico, modelos de predicción y líneas de espera. Sin embargo, estas herramientas que existen en la actualidad presentan algunas carencias, por ello se piensa que el diseño e implementación de semáforos inteligentes es suma importancia para trabajar la información en tiempo real y de manera autónoma. De esta manera el uso de tecnologías computacionales podrá ser la solución, optimizando los niveles de servicio del flujo vehicular.

En este trabajo se analizó la importancia de colocar semáforos inteligentes en un área de la Ciudad de Pachuca, Hidalgo, que ha ido en crecimiento. En esta zona, que se describe más adelante, se ha visto sectorizado por una mala planeación urbana, el trazo de las vialidades no ha sido acorde con el crecimiento de la ciudad, generando así un congestionamiento de las vialidades, así que se analizará la importancia de una implementación de semáforos inteligentes en ciertas avenidas y cruces de la ciudad.

<sup>1</sup> La Mtra. Faride Hernández Pérez es investigadora de la UPMH. Sus líneas de investigación se basan desarrollo móvil, bases de datos, desarrollo web y sistemas embebidos. [fahernandez@upmh.edu.mx](mailto:fahernandez@upmh.edu.mx)

<sup>2</sup> La Ing. Zaida Yaret Mendoza Hernández es egresada del P.E. de ITI en la UPMH. Actualmente colabora en el área de Logística y Transporte de la UPMH en diversos proyectos. [zmendoza@upmh.edu.mx](mailto:zmendoza@upmh.edu.mx)

<sup>3</sup> El Dr. Marco Antonio González Silva es Profesor Investigador de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, responsable de la Academia Cisco Networking. [maagonzalez@upmh.edu.mx](mailto:maagonzalez@upmh.edu.mx)

<sup>4</sup> La C. Ana Eunice Chávez Cruz es estudiante del P.E. de ITI en la UPMH. [Ana.eunice.chz@gmail.com](mailto:Ana.eunice.chz@gmail.com)



## Planteamiento del problema

La mala planeación urbana en las vialidades de Pachuca, Hgo., resulta deficiente para el tránsito vehicular y este genera diversos problemas económicos y ambientales. Realizar una trayectoria que implica poca distancia implica contradictoriamente un tiempo de viaje más elevado del que debiera ser, lo que da una pérdida en costos económicos muy alto por la pérdida de horas hombre, ya que estas pueden ser productivas en otras actividades. Los tiempos muertos, donde los motores de los vehículos se encuentran funcionando y arrojando sustancias que podrían ser de diésel, gasolina, gas o cualquier otro hidrocarburo, se traducen en misiones de monóxido de carbono CO y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, entre otros contaminantes.

Pachuca, Hgo., ha tenido un gran crecimiento debido a la cercanía de la Ciudad de México, el crecimiento urbano comenzó a invadir otros municipios, ocupando zonas agrícolas y ejidales, creando la zona metropolitana de Pachuca surgiendo la necesidad de movilidad de las personas de un extremo al otro de la ciudad usando las mismas vialidades. Existen diferentes soluciones, un reordenamiento urbano, construcción de ejes viales, reorganizar el transporte público, usar tecnologías en los motores que los hagan menos contaminantes, son diversas soluciones, pero a su vez resultan costosas o difíciles de implementar.

### Semáforos inteligentes

En México los semáforos están programados para que cada color tenga un tiempo constante durante todo el día, sin importar la cantidad de automóviles que transitan a determinada hora por lo que no están sincronizados, Prado 2019. De acuerdo con Secretaría de Movilidad (SEMOVI), en la capital del país existen 30184 semáforos ubicados en 3069 intersecciones, de las cuáles tan sólo 10350 están automatizadas, es decir sólo 14984 semáforos son inteligentes. Cerca de 20719 confluencias presentan fallas ya que los cuatro semáforos que la componen tienen más de 14 años de antigüedad por lo que requieren ser operadas manualmente por agentes de tránsito.

Existen tres tipos de semáforos que son: La primera y la más económica son semáforos pre-programados, son aquellos semáforos que no cuentan con sensores, son programados después de un sondeo.

Otro sistema son semáforos accionados por el tránsito, cuenta con cámaras y sensores vehiculares, sus tiempos pueden variar ya que miden la cola de espera, son utilizados en todos los países desarrollados.

Semáforos adaptativos, pertenecen al sistema inteligente de semaforización y tiene como característica principal poder solucionar una crisis vehicular. (López, 2019)

### Sistemas autónomos

Los Sistemas Autónomos son un grupo de redes o dispositivos (routers) controlados por una sola autoridad administrativa con propósitos de ruteo, pueden tener su propia política de definición de trayectorias de Internet, es decir que es independiente del resto, que trabaja bajo sus propias reglas resolviendo sus propios problemas. Los Sistemas Autónomos se comunican entre sí mediante routers, estos intercambian información para tener actualizadas sus tablas de ruteo mediante el protocolo BGP o EGP e intercambian el tráfico de Internet que va de una red a la otra (Banafa, 2017).

A los sistemas autónomos se le dan un número que lo identifica como único este es un número entero de 16 bits lo que permitía un número máximo de 65536 asignaciones de sistemas autónomos. El primero es SA stub y se conecta únicamente con un sistema autónomo, el segundo es SA de tránsito donde se conecta con varios sistemas autónomos y además permite que se comuniquen entre ellos y por último SA multihomed este se conecta con varios sistemas autónomos, pero no soporta el tráfico de tránsito entre ellos. Los sistemas autónomos se caracterizan por la capacidad de actuar con independencia del control humano directo, mientras que los sistemas automatizados no.

### Metodología

Se realizó un sondeo vehicular (Figura 1) sobre una de las vías más transitadas de la ciudad de Pachuca, Boulevard Luis Donaldo Colosio, en el tramo del Centro Hidalguense de Estudios Superiores (CENHIES) dónde se encuentran aproximadamente 10 semáforos (Figura 2). Se encontró que, en un tramo de aproximadamente un kilómetro, existen seis intersecciones con sus respectivos semáforos, los cuales no se encuentran sincronizados, generando tiempos de espera, que varían dependiendo la hora del día y del día en que se tome la lectura.



Figura 1. Monitoreo de la Viabilidad.

+



Figura 2. Viabilidad experimental, donde se encuentran las seis intersecciones.

De la misma manera se hizo el sondeo vehicular en la zona de Tulipanes donde se encuentran 6 semáforos (Figura 3.) existiendo cinco intercepciones con sus respectivos semáforos, y en la zona Cruce se encuentran 4 semáforos (Figura 4.), que cuenta con tres intersecciones donde nos percatamos que los semáforos no se encuentran sincronizados.



Figura 3. Viabilidad experimental, donde se encuentran

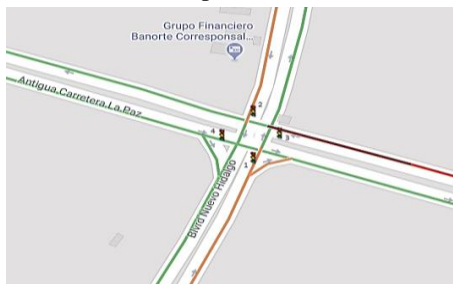


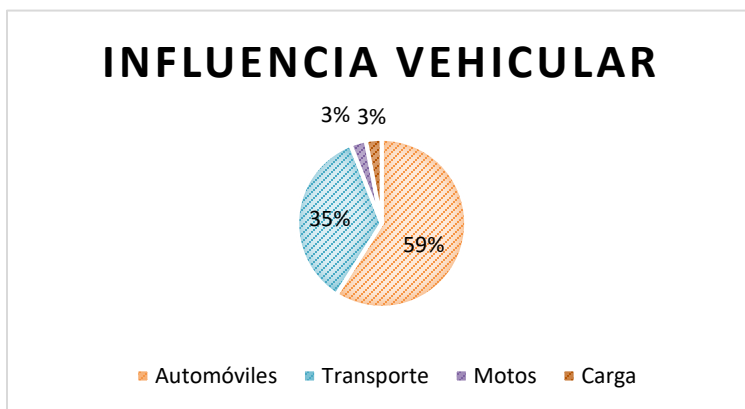
Figura 4. Viabilidad experimental, donde se encuentran las tres intersecciones.

| Zona      | Semáforo | Tiempo en verde | Tiempo en rojo |
|-----------|----------|-----------------|----------------|
| Cenhies   | 1        | 65 s            | 35 s           |
|           | 2        | 65 s            | 35 s           |
|           | 3        | 65 s            | 35 s           |
|           | 4        | 50 s            | 20 s           |
|           | 5        | 35 s            | 65 s           |
|           | 6        | 50 s            | 20 s           |
|           | 7        | 65 s            | 35 s           |
|           | 8        | 65 s            | 35 s           |
|           | 9        | 65 s            | 35 s           |
|           | 10       | 35 s            | 65 s           |
| Tulipanes | 1        | 30 s            | 110 s          |
|           | 2        | 30 s            | 110 s          |
|           | 3        | 25 s            | 115 s          |
|           | 4        | 25 s            | 115 s          |
|           | 5        | 30 s            | 110 s          |
|           | 6        | 30 s            | 110 s          |
| Crucero   | 1        | 45 s            | 90 s           |
|           | 2        | 20 s            | 115 s          |
|           | 3        | 35 s            | 100 s          |
|           | 4        | 35 s            | 100 s          |

Cuadro 1. Tabla comparativa de los semáforos

El cuadro 1. Muestra los tiempos de cada semáforo, donde un automóvil tarda aproximadamente 2 minutos con 30 segundos en el tramo de análisis experimental, y así se procedió al análisis de los datos.

Del sondeo de tránsito medido, se tiene un total de 11206 vehículos en un día normal de labores siendo los automóviles más transitados con un 59%, en los autobuses y combis se tiene un 35%, mientras para camiones de carga y motos de un 4% (Gráfica 1).



Gráfica 1.- Influencia vehicular por tipo de transporte

### Comentarios Finales

#### Conclusiones

Los semáforos demuestran la importancia del uso de los semáforos porque gracias a ellos se tiene un mejor control en el tránsito, implementar sistemas de semáforos inteligentes da como solución mejorar el flujo vehicular en ciertas vialidades principales, los resultados extraídos verifican la importancia de realizar un sistema para el buen

funcionamiento de semáforos inteligentes en zonas donde se tiene alta concentración vehicular en las ciudades ya que son rutas que conectan zonas importantes.

### Referencias

- Banafa, A. (16 de 07 de 2017). Sistemas Autónomos. Obtenido de ecured: [https://www.ecured.cu/Sistemas\\_Autonomos](https://www.ecured.cu/Sistemas_Autonomos)
- Hinojosa, C. (11 de 04 de 2011). Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). Obtenido de tecnocarreteras: <https://www.tecnocarreteras.es/2011/04/11/que-son-los-sistemas-inteligentes-de-transporte-its/>
- López, N. (08 de 01 de 2019). Así funcionan los semáforos inteligentes que evitan atascos. Obtenido de Autobild.es.: <https://www.autobild.es/noticias/asi-funcionan-los-semaforos-inteligentes-que-evitan-atascos-294085>
- Prado, E. (19 de 01 de 2019). ¿Cómo funcionan los semáforos en México? Obtenido de rastreator.mx: <https://www.rastreator.mx/seguros-de-auto/articulos-destacados/semaforos-cdmx>

### Notas Bibliográficas

La Mtra **Faride Hernández Pérez** es profesora investigadora de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, en México. Ha trabajado en diversos proyectos de automatización y autonomía con aplicaciones móviles para la SEP y la industria.

La **Ing. Zaida Yaret Mendoza Hernández** es egresada del P.E. de ITI en la UPMH. Actualmente colabora en el área de Logística y Transporte de la UPMH en diversos proyectos.

El **Dr. Marco Antonio González Silva** es profesor investigador de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, en México. Terminó sus estudios de doctorado en el Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas IIMAS, UNAM.

La **C. Ana Eunice Chávez Cruz** es estudiante del P.E. de ITI en la UPMH. Está vinculada a la academia de Cisco Networking donde colabora como asistente.

# Actividad biológica *in vitro* del extracto acuoso de *Argemone mexicana* L. en un hongo fitopatógeno postcosecha: *Monilinia fructicola* (Winter) Honey

Ing. Iridiam Hernández Soto<sup>1</sup>, Dr. Alfredo Madariaga Navarrete<sup>1</sup>, Dr. Rafael Germán Campos Montiel<sup>1</sup>, Dr. Rubén Jiménez Alvarado<sup>1</sup>, Dr. Javier Piloni Martini<sup>1</sup> y Dra. Alma Delia Hernández Fuentes<sup>1</sup>

**Resumen—** *Monilinia fructicola* es un hongo fitopatógeno poscosecha que afecta principalmente a frutos, induce pérdidas poscosecha hasta de un 80%. El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antifúngica del extracto acuoso de *Argemone mexicana* L. conocida comúnmente como chicalote contra *M. fructicola* en dos variables: inhibición en el crecimiento de micelio e inhibición en la esporulación, se probaron distintas concentraciones: 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 ppm, a lo largo de 7 días, utilizando un método para cada variable, dilución del extracto en agar y conteo de esporas en cámara de Neubauer respectivamente. La concentración de 8000 ppm presentó un porcentaje de inhibición en el crecimiento de (45.00±0.03%, Tukey P ≤ 0.05) mientras que para inhibición en la esporulación el porcentaje fue del 99%. Este resultado sugiere el uso potencial antifúngico del extracto acuoso para detener la esporulación de este hongo fitopatógeno.

**Palabras clave—**Química verde, biofungicida, esporas, hongos fitopatógenos

## Introducción

Las enfermedades de las plantas causadas por hongos fitopatógenos son responsables de las principales pérdidas económicas debido a la reducción del rendimiento del cultivo, pero también como resultado de la disminución de la calidad y seguridad del producto; Los fungicidas químicos han sido el principal método de combate, pero representan un riesgo para la salud humana debido a la contaminación de los alimentos y la acumulación de residuos tóxicos en el medio ambiente (Pergomet et al.,2018). *Monilinia fructicola* es un hongo que infecta floraciones, ramitas y frutas en el campo, pero los daños prevalentes ocurren en la etapa posterior a la cosecha durante el almacenamiento, envío y comercialización, lo que induce pérdidas de rendimiento de hasta el 80% en condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (Usall et al., 2015). Hasta los últimos días, las aplicaciones de fungicidas son necesarias en los huertos, pero diferentes factores, es decir, el surgimiento de la resistencia a los fungicidas y la relativa eficacia de la descomposición en el campo, las infecciones latentes y la capacidad fúngica para desarrollarse a bajas temperaturas limitan drásticamente su rendimiento (Miessner y Stammler, 2010). Para evitar el uso de fungicidas químicos, los científicos de todo el mundo se han esforzado por buscar nuevas alternativas que sean amigables con el medio ambiente. Los compuestos derivados de plantas, especialmente los de las hierbas silvestres que son biodegradables, parecen ser alternativas viables a los fungicidas sintéticos (Pei et al.,2019). *Argemone mexicana* es una planta perteneciente a la familia Papaveraceae, se conoce comúnmente como chicalote. La planta crece entre 0.3 y 1.2 metros, es abundante en México y ahora se ha encontrado en India, Estados Unidos, Bangladesh y Etiopía, se sabe que presenta algunas actividades biológicas importantes como antimicrobianas, larvicidas, nematocidas entre otras (Khan y Bhadauria,2018), además produce más de 25 alcaloides que juegan un papel defensivo en esta planta (Xool-Tamayo et al.,2017) lo que resulta ser relevante en esta

<sup>1</sup> La Ing. Iridiam Hernández Soto es estudiante de la Maestría en Ciencia de los Alimentos en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de bravo, Hidalgo. [iridiamsoto@gmail.com](mailto:iridiamsoto@gmail.com)

<sup>1</sup> El Dr. Alfredo Madariaga Navarrete es Profesor Investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. [alfredomadariaga60@gmail.com](mailto:alfredomadariaga60@gmail.com)

<sup>1</sup> El Dr. Rafael Germán Campos Montiel es Profesor Investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. [ragcamposm@gmail.com](mailto:ragcamposm@gmail.com)

<sup>1</sup> El Dr. Rubén Jiménez Alvarado es Profesor Investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. [rjalvarado@gmail.com](mailto:rjalvarado@gmail.com)

<sup>1</sup> El Dr. Javier Piloni Martini es Profesor Investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. [chipiloni@hotmail.com](mailto:chipiloni@hotmail.com)

<sup>1</sup> La Dra. Alma Delia Hernández Fuentes es Profesora Investigadora del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. [almadhf@yahoo.com.mx](mailto:almadhf@yahoo.com.mx) (autor correspondiente)

investigación. En este experimento se evaluó la actividad antifúngica del extracto acuoso de *Argemone mexicana* L. contra *Monilinia fruticola* hongo fitopatógeno que causa daños importantes en frutos.

### Materiales y Métodos

#### *Preparación del extracto acuoso de Argemone mexicana L.*

Se realizó la colecta de la planta en el municipio de Cuautepec de Hinojosa, Hidalgo, el cual se localiza a 20° 09'00" N 98°00" O. La planta se puso a secar bajo sombra, el extracto se obtuvo de las hojas secas por medio de maceración en agua durante 15 días. Posteriormente se concentró por medio de un rotavapor (Buchi modelo R-215) (Contreras-Arredondo et al.2011).

#### *Efecto antifúngico del extracto vegetal*

##### *Variable I: Inhibición en el crecimiento radical*

Para evaluar el efecto antifúngico del extracto de hojas de chicalote contra el hongo *M. fruticola* se realizaron los ensayos con cinco concentraciones, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm y 8000 ppm al igual que un testigo que consistió en medio PDA, los ensayos se llevaron a cabo en placas Petri y se aplicó el método dilución del extracto en agar que consiste en realizar una mezcla homogénea entre el medio y el extracto, una vez que la mezcla gelificó se colocaron en el centro de las cajas explantes de hongo de 5 mm de radio y 7 días de resiembra. Las cajas se incubaron a 28 °C por 7 días. Los resultados se expresaron en porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo de acuerdo a lo reportado por Hernández Soto et al. 2018.

##### *Variable II: Inhibición en la esporulación*

Una vez observado el crecimiento radial se contó el número de esporas (Figura 1.) para cada tratamiento, se agregaron 15 mL de agua destilada estéril a cada placa Petri para la recolección de esporas; con un portaobjetos se raspó el micelio, la solución se depositó en un tubo de ensayo de 50 mL. Después, 100 µL de la solución filtrada se colocó en un vial estéril, se adicionaron 900 µL de agua destilada estéril, se transfirieron 50 µL de esta dilución de esporas en cada campo de la cámara de Neubauer (Marienfeld 0.0025 mm x 0.10 mm de profundidad), y se observaron en un microscopio (Olympus CX31, lente número 100X) (Moo-Koh et al.,2014). El porcentaje de inhibición se determinó mediante la fórmula  $(T - Tr / T) * 100$ , donde: T: testigo y Tr: tratamiento (Baque et al.,2017).

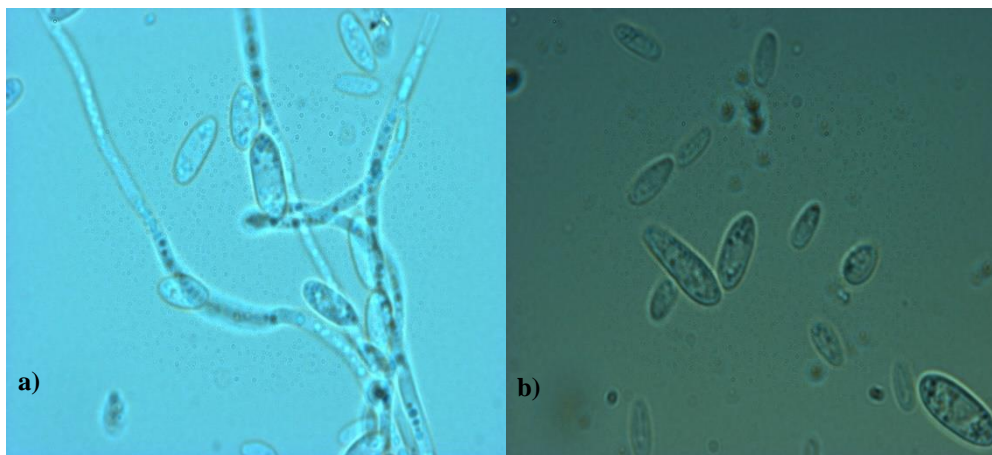


Figura 1. Morfología microscopia de *M. fruticola* a) hifas y b) esporas.

*Análisis de resultados*

Se utilizó un diseño completamente al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se utilizó una prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.I

**Resultados y discusión**

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1). El extracto acuoso a 8000 ppm presentó un porcentaje de inhibición relativamente bajo ( $45.00 \pm 0.03$  %) al día uno mientras que al día siete el porcentaje fue de ( $16.26 \pm 0.23$ %) con respecto al testigo (Figura 2). En la inhibición en la esporulación a 8000 ppm los resultados muestran un elevado efecto antifúngico (99%) (Tabla 2) que puede deberse a la presencia de compuestos fenólicos como los taninos, actualmente, los taninos son generalmente reconocidos como notables compuestos antimicrobianos. Amplios análisis han revelado que los taninos tienen actividad antimicrobiana contra múltiples géneros de microorganismos, incluidos hongos. El modo de acción antimicrobiana se debe potencialmente a la inactivación de las proteínas de transporte de la envoltura celular. Reducen en gran medida las actividades enzimáticas fúngicas de las celulasas y las pectinasas que conducen a la reducción de la intensidad de la enfermedad (Falcão y Araújo,2018; Garg,2017). Zhu et al,2019 evaluaron la actividad antifúngica de ácido tánico en concentraciones de 200–600  $\mu\text{g/mL}$  contra *Penicillium digitatum*, la concentración de 600  $\mu\text{g/mL}$  inhibió el 87.6%, la estructura hifal tratada con ácido tánico mostró una hifa aplanada, colapsada y arrugada de *P. digitatum*. Este hallazgo demuestra que el ácido tánico tiene rasgos fitotóxicos

Los resultados se presentan con una desviación estándar de tres repeticiones. Las diferentes letras indican

| Hongo fitopatógeno          | Tratamiento (ppm) | % de Inhibición          |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                             |                   | Día 1                    | Día 2                   | Día 3                   | Día 4                   | Día 5                   | Día 6                   | Día 7                   |
| <i>Monilinia fructicola</i> | 500               | 21.00±0.02 <sup>c</sup>  | 20.08±0.03 <sup>d</sup> | 12.10±0.12 <sup>d</sup> | 9.88±0.04 <sup>e</sup>  | 9.90±0.04 <sup>d</sup>  | 8.61±0.01 <sup>d</sup>  | 5.28±0.10 <sup>d</sup>  |
|                             | 1000              | 22.60±0.05 <sup>bc</sup> | 21.00±0.04 <sup>c</sup> | 18.00±0.06 <sup>d</sup> | 14.18±0.01 <sup>d</sup> | 12.46±0.03 <sup>c</sup> | 12.18±0.04 <sup>c</sup> | 9.05±0.35 <sup>c</sup>  |
|                             | 2000              | 24.80±0.01 <sup>bc</sup> | 22.05±0.02 <sup>c</sup> | 21.11±0.02 <sup>c</sup> | 20.96±0.33 <sup>c</sup> | 17.56±0.03 <sup>b</sup> | 16.00±0.04 <sup>b</sup> | 9.13±0.35 <sup>c</sup>  |
|                             | 4000              | 37.62±0.01 <sup>ab</sup> | 26.00±0.01 <sup>b</sup> | 25.14±0.04 <sup>b</sup> | 25.26±0.01 <sup>b</sup> | 18.58±0.01 <sup>a</sup> | 17.54±0.02 <sup>a</sup> | 15.05±0.35 <sup>b</sup> |
|                             | 8000              | 45.00±0.03 <sup>a</sup>  | 30.14±0.03 <sup>a</sup> | 29.00±0.04 <sup>a</sup> | 26.80±0.07 <sup>a</sup> | 18.77±0.02 <sup>a</sup> | 18.57±0.10 <sup>a</sup> | 16.26±0.23 <sup>a</sup> |

diferencias significativas (Tukey  $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos para *Monilinia fructicola*.

Tabla 1. Porcentaje de inhibición del crecimiento de *M. fructicola* con extracto acuoso de *A. mexicana* L.

| Hongo fitopatógeno         | Tratamiento (ppm) | % de Inhibición de números de esporas |
|----------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| <i>Monilinia fruticola</i> | 500               | 92 <sup>d</sup>                       |
|                            | 1000              | 92 <sup>d</sup>                       |
|                            | 2000              | 93 <sup>c</sup>                       |

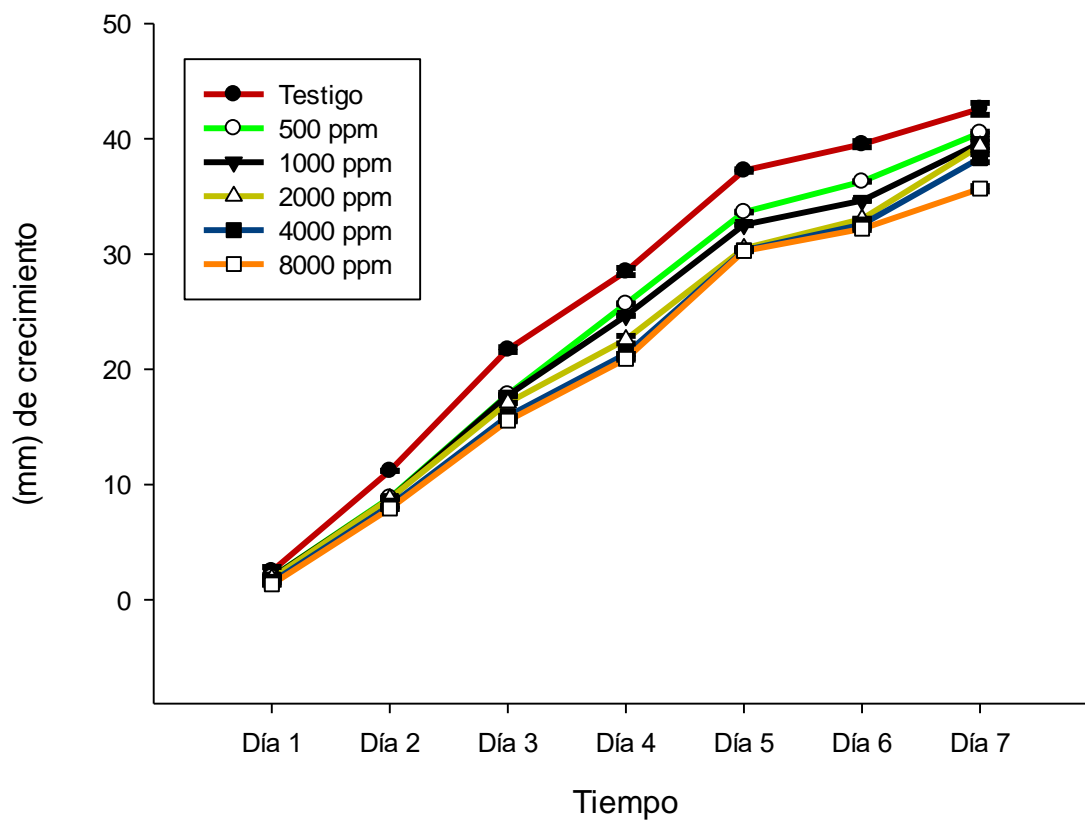


Figura 2. Crecimiento de *M. fruticola* con el extracto acuoso a distintas concentraciones incluido el testigo a lo largo del tiempo.



## Conclusiones

El extracto acuoso en distintas concentraciones muestra una baja actividad biológica para inhibir el crecimiento micelial, aunque podría ser considerada como una alternativa ecológica para la etapa preventiva en el control de *M. fructicola*. La inhibición en la esporulación exhibida por el extracto acuoso puede deberse a la presencia de algunos metabolitos secundarios. Por tanto, se considera relevante evaluar la composición química de *A. mexicana* L. para determinar que compuestos le atribuyen la actividad antifúngica.

## Referencias

- Baque, F. J. N., Miranda, S. B., Vásquez, F. M. F. F., Chévez, M. M., Mosquera, J. A. N., & Llaguno, S. N. S. Potencial antifúngico de *Citrus sinensis* y *Citrus nobilis* sobre el crecimiento de *Rhizopus stolonifer* y *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya. *Revista Ciencia y Tecnología*, 10(1), 41-46, 2017.
- Contreras-Arredondo, M. E., Hernández-Castillo, F. D., Sánchez-Arizpe, A., Gallegos-Morales, G., & de Rodríguez, D. J. Actividad Fungicida de extractos de *Cowania plicata* contra *Fusarium oxysporum* y de *Pistacia lentiscus* L. contra *Colletotrichum coccodes*. *Revista Agraria-Nueva Epoca-Año VIII· Vol*, 8(1), 2011.
- Falcão, L., & Araújo, M. Vegetable tannins used in the manufacture of historic leathers. *Molecules*, 23(5), 1081,2018.
- Garg, N. Technology for the Production of Agricultural Wines. In *Science and Technology of Fruit Wine Production* (pp. 463-486),2017.
- Hernández- Soto I., Prieto-Méndez J., Aquino Torres E., Madariaga Navarrete A., Reyes Santamaría M. I., Pacheco Trejo J. Evaluation of the effect of the methanolic extract of *Argemone ochroleuca* for environmentally friendly control of *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, Vol. (33), 2018.
- Khan, A. M., & Bhadauria, S. Analysis of medicinally important phytochemicals from *Argemone mexicana*. *Journal of King Saud University-Science*, 2018.
- Miessner, S., & Stammler, G. *Monilinia laxa*, *M. fructigena* and *M. fructicola*: Risk estimation of resistance to QoI fungicides and identification of species with cytochrome b gene sequences. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 117(4), 162-167,2010.
- Moo-Koh, F. A., Cristóbal Alejo, J., Reyes-Ramírez, A., Tun-Suárez, J. M., Sandoval-Luna, R., & Ramírez-Pool, J. A. Actividad *in vitro* del extracto acuoso del *Bonellia flammea* contra hongos fitopatógenos. *Agrociencia*, 48(8), 833-845, 2014.
- Pei, Q., Li, Y., Ge, X., & Tian, P. Multipath effects of berberine on peach brown rot fungus *Monilinia fructicola*. *Crop protection*, 116, 92-100, 2019.
- Pergomet, J., Di Liberto, M., Derita, M., Bracca, A., Kaufman, T. Activity of thepterophyllins 2 and 4 against postharvest fruit pathogenic fungi. Comparison with a synthetic analog and related intermediates. *Fitoterapia* 125, 98–105, 2018.
- Usall, J., Casals, C., Sisquella, M., Palou, L., & De Cal, A. Alternative technologies to control postharvest diseases of stone fruits. *Stewart Postharvest Review*, 11(4), 2015.
- Xool-Tamayo, J. F., Monforte-González, M., Rubio-Piña, J., Mirón-López, G., & Vázquez-Flota, F. Early developmental onset of alkaloid biosynthesis in Mexican poppy (*Argemone mexicana* L) Papaveraceae. *Phytochemistry letters*, 20, 300-305, 2017.
- Zhu, C., Lei, M., Andargie, M., Zeng, J., & Li, J. Antifungal activity and mechanism of action of tannic acid against *Penicillium digitatum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 107, 46-50, 2019.

# ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE GARRAFONES DE AGUA PARA LA VALIDACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL INSTRUMENTO Y EL MÉTODO DE MEDICIÓN

M. en C. Orlando F. Hernández Toriz<sup>1</sup>, M.I.A. Salvador Tlapale Hernández<sup>2</sup>,  
M. en C. Ma. Guadalupe Cervantes Castillo<sup>3</sup>, M. en C. Julia Gabriela Nieva Paredes <sup>4</sup>y M. en C. Ricardo Ramos Aguilar<sup>5</sup>

**Resumen**—En este artículo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en la empresa Envases Universales S.A. de C.V., ya que con frecuencia al realizar una medición a cierta variable se está tentado a creer ciegamente en los números que se generan, sin detenerse a cuestionar su calidad, y sin preguntarse cuál es el posible error que ese número trae consigo. Esta creencia no es correcta, puesto que si las mediciones tienen un error grande, los datos obtenidos son engañosos y las decisiones que de ahí se deriven pueden ser incorrectas. Por ejemplo, uno de los efectos más inmediatos de las malas mediciones es que puede ocurrir que un artículo considerado no que cumple la especificación sea en realidad bueno, o que uno considerado sea en realidad defectuoso. La importancia de que la inyección de garrafones está apegada a la especificación, permite ahorro de material prima, además si el medidor de altura está dando una medición correcta considerando la incertidumbre de su certificado de calibración y que los analistas realizan la medición de los garrafones apegados a su metodología, el estudio de R&R permitirá hacer las observaciones pertinentes.

**Palabras clave**—Validación, calidad, medición, metodología, instrumento.

## Introducción

El problema que se identifica en el área de calidad, es la variación que se encuentra fuera del rango de especificación que requiere el cliente, este problema causa pérdida de materia prima, y para evaluar el problema se hace estudio de R&R para ello se procede a formar un grupo de inspectores para hacer la medición de diez envases de garrafón. Se busca poder determinar si la variación se debe a la forma como se está midiendo con el gage o a la metodología, siendo importante conocer si el instrumento es preciso con respecto a su media, exacto con respecto a la variación, y conocer, la resolución del mismo para ello se hace un estudio de R&R para poder responder a estas preguntas.

## Descripción del Método

La variabilidad observada en el producto se debe a la variabilidad de las mediciones y no a la variabilidad propia del producto. Sin embargo, las mediciones se pueden pensar a su vez como el resultado de un proceso, el cual es influido por causas del mismo tipo que afectan al proceso de producción. Un punto de partida clave es entender que cualquier proceso de medición se genera un error. Por lo tanto, lo que se observa no es exactamente la realidad, más bien es la realidad más un error de medición. Esto se traduce en que la variación total observada en unos datos es el resultado de la variación propia del producto más el error del proceso de medición.

---

<sup>1</sup> M. en C. Orlando F. Hernández Toriz.-Profesor Investigador de la UTT

<sup>2</sup> M.I.A. Salvador Tlapale Hernández.- Profesor Investigador de la UTT

<sup>3</sup> M. en C. Ma. Guadalupe Cervantes Castillo.- Profesor Investigador de la UTT

<sup>4</sup> M. en C. Julia Gabriela Nieva Paredes .- Profesor Investigador de la UTT

<sup>5</sup> M. en C. Ricardo Ramos Aguilar.- Profesor por asignatura de la UTT

En términos matemáticos esta idea queda representada como sigue:

$$\sigma^2_{\text{total}} = \sigma^2_{\text{prod}} + \sigma^2_{\text{error}}$$

La Repetibilidad (VE) Es estimada por  $5.15\sigma$ , y estima la dispersión que cubre un 99% de las variaciones en las mediciones debido a los dispositivos.

La Reproducibilidad (VO) Es estimada  $5.15\sigma$ , y estima la dispersión que cubren 99% de las variaciones en las mediciones debido a los operadores.

El estudios R&R comprenden un intervalo que contiene 99% ( $5.15\sigma$ ) de la distribución de la variación de las mediciones.

#### Procedimiento

Aunque la cantidad de partes, evaluadores o intentos de medición puede variar, se considera como cantidad optima 10 partes, 4 inspectores y 3 intentos. Las lecturas se obtienen eligiendo en forma aleatoria la secuencia de partes de cada intento.

1. Seleccionar cuatro inspectores para conducir el estudio acerca del instrumento de medición de interés.
2. Seleccionar aleatoriamente 10 garrafones serán medidos tres veces para cada inspector.
3. Etiquetar cada parte y aleatoria el orden en la cual las partes o piezas se dan a los operadores

Los resultados de las mediciones fueron los siguientes:

| FDH           |        |        |        | LELG          |        |        |        |
|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| No. DE PARTES | 1      | 2      | 3      | No. DE PARTES | 1      | 2      | 3      |
| 1             | 488.76 | 488.79 | 488.79 | 1             | 489.37 | 489.37 | 489.39 |
| 2             | 489.43 | 489.43 | 489.31 | 2             | 490.01 | 489.02 | 489.93 |
| 3             | 489.45 | 489.4  | 489.47 | 3             | 489.96 | 489.95 | 489.03 |
| 4             | 488.93 | 488.92 | 489.02 | 4             | 489.42 | 489.5  | 489.5  |
| 5             | 488.55 | 488.59 | 488.49 | 5             | 489.16 | 489.22 | 489.16 |
| 6             | 489.02 | 489.15 | 489.12 | 6             | 489.65 | 489.56 | 489.67 |
| 7             | 489.14 | 489.21 | 489.21 | 7             | 489.71 | 489.7  | 489.6  |
| 8             | 488.92 | 489.01 | 488.96 | 8             | 489.5  | 489.53 | 489.52 |
| 9             | 488.95 | 488.93 | 489.03 | 9             | 489.55 | 489.56 | 489.6  |
| 10            | 489.51 | 489.54 | 489.45 | 10            | 490.01 | 490.96 | 490.03 |
| OSM           |        |        |        | PJN           |        |        |        |
| No. DE PARTES | 1      | 2      | 3      | No. DE PARTES | 1      | 2      | 3      |
| 1             | 488.8  | 488.73 | 488.76 | 1             | 488.7  | 488.68 | 488.91 |
| 2             | 489.39 | 489.4  | 489.37 | 2             | 489.36 | 489.39 | 489.41 |
| 3             | 489.54 | 489.4  | 489.45 | 3             | 489.39 | 489.35 | 489.37 |
| 4             | 489.03 | 488.95 | 489.02 | 4             | 488.99 | 489.06 | 489.03 |
| 5             | 488.42 | 488.47 | 488.5  | 5             | 488.63 | 488.66 | 489.73 |
| 6             | 489.03 | 488.95 | 488.97 | 6             | 489.03 | 489.02 | 489    |
| 7             | 489.2  | 489.2  | 489.26 | 7             | 489.14 | 489.23 | 489.45 |
| 8             | 489.04 | 488.98 | 489.11 | 8             | 489.92 | 488.9  | 489.05 |
| 9             | 489.04 | 489.06 | 488.9  | 9             | 488.9  | 488.93 | 488.88 |
| 10            | 489.41 | 489.46 | 489.49 | 10            | 489.49 | 489.52 | 489.49 |

El análisis de los datos

La variación del equipo (repetibilidad)

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{parte-parte}^2 + \sigma_{R\&R}^2$$

$$\sigma_{R\&R}^2 = \sigma_{repet (EQUIPO)}^2 + \sigma_{reprod (OPERADORES)}^2$$

$$\bar{R} = \frac{\bar{R}FDH + \bar{R}LELG + \bar{R}OSM + \bar{R}PJN}{4} = \frac{0.09 + 0.248 + 0.091 + 0.193}{4} = 0.155$$

$$VE = 3.05 \times \bar{R} = 3.05 \times 0.155 = 0.47$$

Variación de los operadores (reproducibilidad)

$$VO = \sqrt{(K2 \times \bar{X}dif)^2 - \left(\frac{VE}{nt}\right)^2} = \sqrt{(2.30 \times 0.560)^2 - \left(\frac{0.474}{(10)(4)}\right)^2} = 1.289$$

La Repetibilidad y la Reproducibilidad (R&R), se obtiene por medio de la raíz de la desviación estándar al cuadrado de la variación del equipo más de la variación del operador, como se observa en la ecuación.

$$R\&R = \sqrt{(\sigma_{VE})^2 + (\sigma_{VO})^2} = \sqrt{(0.092)^2 + (0.250)^2} = 1.373$$

Estudio de estabilidad con la pieza patrón

Con este estudio se monitorea la estabilidad del instrumento de medición en cuanto a su media (exactitud) y variabilidad (precisión)

Para obtener estos resultados el índice de precisión/ tolerancia (P/T) se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\bar{R}}{d_2} \times \alpha = \frac{0.155}{3.08} \times 5.15 = 0.259$$

$$\frac{P}{T} = \frac{\sigma_{inst}}{ES - EI} \times 100 = \frac{0.259}{492.1 - 486.1} \times 100 = 4.3$$

El medidor de alturas es preciso y es exacto, pero esta conclusión se debe de tomar con reserva debido el estudio solo considera un operador y una pieza (pieza patrón).

Exactitud

Este estudio considera la pieza patrón y para este estudio la pieza patrón es de 489 cm

$$\%Exactitud = \frac{Exactitud}{Tolerancia} \times 100 = \frac{|489.120 - 489|}{492.1 - 486.1} \times 100 = 2\%$$

La exactitud o sesgo es muy poco por lo tanto se tiene un buen medidor de alturas lo que es excelente desde el punto de vista práctico.

Porcentaje de tolerancias

$$\%ToleranciaVE = \frac{VE * 100}{Tolerancia} = \frac{0.47 * 100}{492.1 - 486.1} = 7.83\%$$

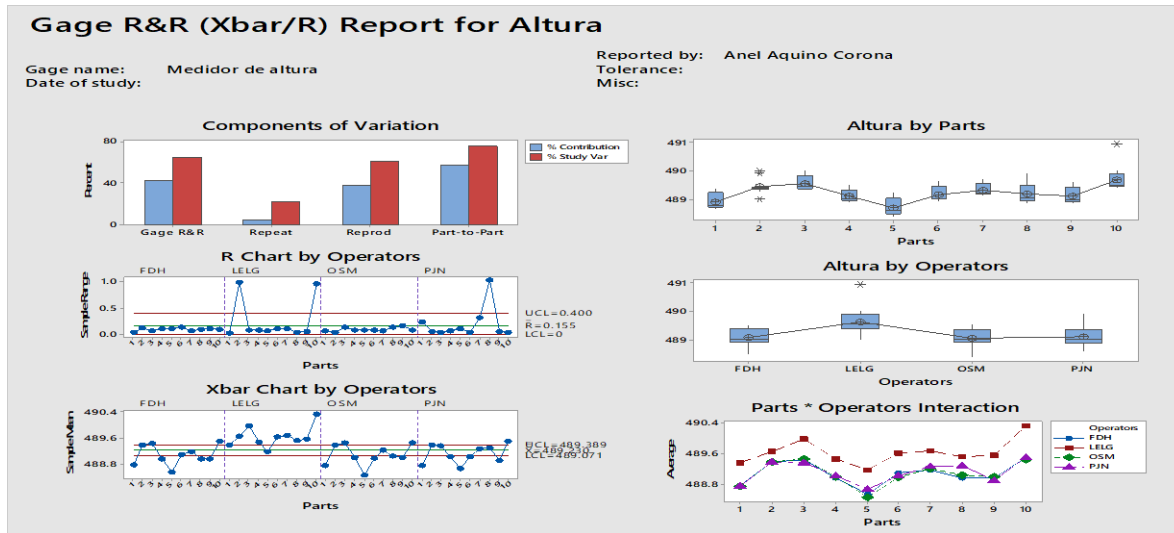
$$\%ToleranciaVO = \frac{VO * 100}{Tolerancia} = \frac{1.289 * 100}{492.1 - 486.1} = 21.48\%$$

$$\%ToleranciaR\&R = \frac{R\&R * 100}{Tolerancia} = \frac{1.373 * 100}{492.1 - 486.1} = 22.88\%$$

Numero de categorías distintas

$$n_c = \sqrt{2} \frac{\sigma_{parte}}{\sigma_{R\&R}} = \sqrt{2} \frac{0.29}{0.267} = 1.53$$

La resolución del sistema de medición no es no alcanza a distinguir un número de grupos distintos de piezas.



1. La carta de control R representa variación debida a la Repetibilidad, a la que contribuye LELG y PJJ dada reportan algunas mediciones extremas
2. La carta control X-barra representa a la reproducibilidad, se ve como LELG, reporta mediciones mucho más altas que su otros compañeros haciendo que aumente el valor de la Reproducibilidad
3. La grafica de las mediciones por parte, permite ver la consistencia de las piezas o partes sin considerar a los operadores.
4. La grafica por operador, muestra la dispersión y localización de cada operador sin considerar las piezas o partes, se nota una leve LELG reportar mediciones más altas, y los otros tres siendo consistentes
5. La grafica de interacción operador por parte, muestra si el desempeño de los operadores depende de la pieza que se mide, en la gráfica se puede ver como LELG afecta la interacción entre las partes

Conclusión

- 1) Se debe evaluar seriamente la posibilidad de mejorar el proceso.
- 2) Se observa que la Reproducibilidad contribuye más al error de medición (21.48%).
- 3) En primera instancia se debe buscar capacitar e los inspectores en la metodología de la medición, posiblemente sea necesario un adaptador para que el medidos de alturas se pueda manipular de mejor manera.

Referencias bibliográficas

- Cuéllar Fuentes Jesús, *Manual de Lean Six Sigma 2015*, Cuéllar Associates. México 2015
- Triola Mario F., *Actualización Tecnológica Estadística, decima primera edición*, Pearson Educación, México 2013.
- Gutiérrez Pulido Humberto, de la Vara Salazar Román, *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 3era.Mc Graw Hill Edición*, México 2013.
- Escalante Vázquez Edgardo, *Seis Sigma Metodología y Técnica, 2ª Edicion Limusa 2014*

# APLICACIONES DE LA TEORÍA DEL CAOS

Roberto Hernández Tovar<sup>1</sup>, Ma. Del Carmen Domínguez Reyes<sup>2</sup>, Jesús López Sánchez<sup>3</sup>,  
Teodoro Melchor Ceballos<sup>4</sup>

**Resumen**—El trabajo de investigación presentado en este documento, tiene el objetivo de divulgar las ideas que consta la teoría del caos la cual se presenta en muchos de los fenómenos dinámicos que ocurren frecuentemente en la naturaleza, esta teoría es relativamente nueva porque surgió por los años sesenta y su popularidad va en aumento tomando cada vez más auge en varias disciplinas, por lo que muchos investigadores la están aplicando en muchas áreas de la ciencia, por eso es importante su desarrollo.

**Palabras clave**—Caos, sistemas, causa, efecto.

## Introducción

Desde los albores de la humanidad el ser humano ha contemplado el mundo que le rodea y siempre se ha maravillado de todo lo que ocurre en la naturaleza, lo cual ha tratado de comprender el porqué de estos hechos, es decir, de develar los misterios que entraña los fenómenos de la naturaleza, con el paso de los años o mejor dicho por el paso de los siglos la humanidad ha estado acumulado progresivamente una serie de conocimientos con los cuales ha explicado varios de los acontecimientos que ocurren en nuestro mundo, pero desafortunadamente muchos de estos eventos todavía no han sido explicados satisfactoriamente o son explicados parcialmente.

En los últimos años ha surgido un concepto nuevo llamado “Teoría del Caos” la cual puede ser aplicable a varios eventos o fenómenos que ocurren en la naturaleza los cuales se comportan como si no tuvieran un orden coherente, por lo tanto, para poder ser explicados deben de ser analizarlos, clasificados, comprendidos aplicando esta teoría para poder estimar una predicción y anticipar acontecimientos o efectos futuros, esto denota la teoría del caos.

## Objetivo

Divulgar la importancia de la teoría del caos para su mejor comprensión y aplicación en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología.

## Pregunta de Investigación

¿Se puede aplicar la teoría del caos a eventos específicos que ocurren en la naturaleza para poder hacer una predicción de dicho acontecimiento?

## Justificación

Este trabajo es importante, porque en estos tiempos donde toda la ciencia y la tecnología van en un proceso progresivo y a pasos agigantados, necesitan de la aplicación de nuevos y novedosos conocimientos que se están fortaleciendo a la par de este desarrollo y uno de estos conocimientos es la teoría del caos la cual está aportando mucho a este progreso.

## Desarrollo Metodológico

El presente trabajo pretende primero, indicar de cómo surgió la idea o el concepto de la teoría del caos; a continuación explicar que se pretende hacer con la teoría del caos y posteriormente tratarlo de verlo de otro punto de vista, poder así aplicarlo a eventos que ocurren en la naturaleza y algunas disciplinas de la ciencia, de manera concisa y precisa, para poder darlo a conocer por diversos medios a los alumnos, estudiantes de ingeniería a nivel superior, comenzando por una serie de conferencias que favorezcan la divulgación del presente trabajo, donde además se ejemplifique el empleo de las matemáticas consideradas abstractas, en acontecimientos que ocurren naturalmente en nuestro mundo.

<sup>1</sup> **Roberto Hernández Tovar** Profesor de Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla y del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Estado de México, México. [robertohovar@gmail.com](mailto:robertohovar@gmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> **Ma. Del Carmen Domínguez Reyes** Profesora de Ingeniería en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Estado de México, México. [ing.quimica@gmail.com](mailto:ing.quimica@gmail.com)

<sup>3</sup> **Jesús López Sánchez** Profesor de Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Estado de México, México. [lsjesus1492@gmail.com](mailto:lsjesus1492@gmail.com)

<sup>4</sup> **Teodoro Melchor Ceballos** Profesor de Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Estado de México, México. [ceballos1492@yahoo.com.mx](mailto:ceballos1492@yahoo.com.mx)

## Marco Teórico

Comenzó primeramente con el ingeniero en comunicaciones Francés Benoit Mandelbrot en la compañía IBM realizando algunos cálculos de forma recursiva produciendo así figuras que posteriormente les llamo fractales, los cuales tienen ciertas curiosidades como, por ejemplo, que no tienen una longitud definida, es decir, se repite la misma figura en cualquier escala en el que se les observa.

El mismo Mandelbrot usando este conocimiento de los fractales, analizó que la longitud de las líneas costeras no tenía una medida exacta, por ejemplo, si se utiliza una escala en kilómetros la medida obtenida ya no es igual si se media en metros y mucho menos en centímetros.

La teoría del caos se aplicó primeramente al medio ambiente con el meteorólogo norteamericano Edward Lorenz, el cual uso estos conceptos que Mandelbrot utilizó para los fractales; él quería poder construir un modelo matemático que pudiera predecir el estado del tiempo en la atmósfera con mucha más precisión ya que siempre se ha considerado un sistema caótico gaseoso y muy difícil de predecir. Aplicando varios conocimientos físicos, principalmente teoría de dinámica de fluidos, obtuvo un sistema de tres ecuaciones diferenciales.

Al aplicar estas ecuaciones en un computador, la correspondiente iteración que se hizo miles de millones de veces a este sistema de ecuaciones, resultó la formación de una curva de espiral doble que se repite formando una figura muy peculiar parecida a una mariposa; pero este comportamiento no encajaba en los estados estables de la época, pero esta curva tenía la característica de seguir recorridos en forma de espiral sin pasar por el mismo punto y sin detenerse. A esto se le denominó atractor que, en el campo de las matemáticas de los sistemas dinámicos, define el diccionario "como un conjunto de valores numéricos hacia la cual un sistema tiende a evolucionar, en una amplia variedad de condiciones iniciales del sistema".

En los sistemas dinámicos de la vida real su principal característica de estos comportamientos es que dependen mucho de las condiciones iniciales en el cual empieza el proceso y por consecuencia se obtendrá un posible resultado. Si se aplica otro tipo de condiciones iniciales muy similares a los primeros llegaremos a obtener otro resultado muy diferente al que llegamos con las condiciones iniciales anteriores, esa característica le permite a la teoría del caos que pueda incursionar en varias áreas del conocimiento humano.

Así como sucedió con los fractales cuando entraron en escena muchos en el mundo científico consideraban a estas figuras que eran curiosidades matemáticas que no servían para nada, pero con el paso del tiempo y el desarrollo tecnológico de las computadoras; muchos de los investigadores empezaron a aplicarlas en sus disciplinas respectivas y resultó que se podían obtener resultados convincentes, lo cual ocurrió lo mismo con la teoría del caos, sin embargo está resulto una muy buena herramienta que se está aplicando en una infinidad de campos tanto de la ciencia como de la tecnología.

Existen muchos ejemplos en la naturaleza de esta teoría del caos, como por ejemplo los sistemas dinámicos que se comportan de forma aperiódica y sin una estabilidad aparente, que muchos científicos pueden afirmar que son fenómenos al azar porque son impredecibles, esto está relacionado con que si se tiene una causa se produce un efecto, como por ejemplo si colocamos un animal en un lugar específico abierto no sabemos hacia dónde va a caminar, podemos citar muchos más ejemplos.

## Comentarios Finales

Como vemos las Matemáticas que se consideran más abstracta pueden ser aplicadas de forma directa a sistemas dinámicos que se consideran caóticos e inestables y que ocurren frecuentemente en la naturaleza. Este concepto abre un amplio camino de oportunidades para poder contribuir con nuestro granito de arena al progreso de la humanidad con ayuda de las computadoras actuales las cuales realizan los cálculos correspondientes mucho más rápido, por eso es muy importante ampliar este tipo de conocimiento de vanguardia.

## Referencias

Carlos Julio Restrepo Saavedra. (2011). "Teoría del caos". Editorial Académica Española.

Carlos M. Madrid Casado (2011). "La mariposa y el tornado: Teoría del caos y cambio climático". Editorial RBA coleccionables.

Robert P. Murphy (2012). "La Teoría del caos". Unión Editorial, S.A.



## Debilidades y fortalezas de la literacidad digital en los estudiantes de nuevo ingreso de la licenciatura en trabajo social

Mtro. Omar Hernández Vidal<sup>1</sup>, Dra. Bertha Esmeralda Sangabriel García<sup>2</sup>,  
Mtro. Miguel Ángel Cruz Treviño<sup>3</sup> y Mtra. Silvia Popo García<sup>4</sup>

**Resumen**— El objetivo de este trabajo es dar a conocer las fortalezas y debilidades tecnológicas en literacidad digital que presentan los alumnos de nuevo ingreso en la licenciatura de trabajo social de la región Poza Rica Tuxpan de la Universidad Veracruzana. Y así fortalecer su formación académica a partir del empleo de herramientas digitales que les permiten la búsqueda y producción efectiva de información especializada de su campo disciplinar. Desde la experiencia educativa de literacidad digital se homogenizan los saberes digitales de los estudiantes independientemente del contexto social, educativo y cultural del que proceden; esta consiste en los conocimientos, habilidades y actitudes dirigidas a la búsqueda efectiva de contenido digital, mediante el uso de palabras clave, consultas en bases de datos especializadas, realización de búsquedas avanzadas y en el uso de estrategias de búsqueda. La investigación se efectuó con una metodología cuantitativa, se realizó una muestra no representativa y se aplicó una encuesta de preguntas cerradas de opción múltiple a alumnos de primer periodo.

**Palabras clave**— literacidad digital, debilidades y fortalezas tecnológicas, estudiantes de nuevo ingreso, trabajo social

### Introducción

La Facultad de Trabajo Social se ubica en Área de Humanidades de la Región Poza Rica-Tuxpan, en la ciudad de Poza Rica, Veracruz. En la licenciatura de Trabajo Social los alumnos de nuevo ingreso cursan durante su primer periodo la experiencia educativa que lleva por nombre Literacidad Digital implementada por la Universidad Veracruzana desde 2015 en todas las áreas básicas de la licenciaturas que oferta. Dicha experiencia tiene su origen en la experiencia educativa Computación Básica; pero con un carácter de mayor amplitud por las competencias que se busca desarrollar en los estudiantes. La asignatura tiene un valor de seis créditos del plan de estudios de trabajo social. Cada año se ofertan 80 lugares en el examen de ingreso en Trabajo Social, una constante de los alumnos que ingresan es que provienen principalmente de la región del Totonacapan.

El Totonacapan se encuentra en la parte norte Veracruz; limita al norte con la región Huasteca Baja, al sur con la región del Nautla, al oeste con los Estados de Hidalgo y Puebla y al este con el Golfo de México y ocupa una extensión de 4,359.44 Km. La conforman los siguientes municipios: Cazones de Herrera, Coahuilán, Coatzintla, Coxquihui, Coyutla, Chumatlán, Espinal, Filomeno Mata, Gutiérrez Zamora, Mecatlán, Papantla, Poza Rica de Hidalgo, Tecolutla, Tihuatlán y Zozocolco de Hidalgo

La región presenta índices de marginación alta y muy alta, de sus quince municipios, siete presentan un nivel alto de marginación siendo los siguientes: Coahuilán, Coxquihui, Coyutla, Chumatlán, Filomeno Mata, Mecatlán y Zozocolco. “El nivel de escolaridad en la región es de 6.4 en promedio registrándose una alta participación en educación básica y media superior, no obstante baja en el nivel superior” (Programas Regionales Veracruzanos:2013,5). En relación a la calidad de vida, en la vivienda se aprecia según el Coneval (Consejo Nacional de Evaluación) “un grado de hacinamiento elevado de un 54.04%, el 48.08% de las viviendas no disponen del servicio de agua y el 40.15% carecen de drenaje. En lo que refiere a equipamiento “ocho de cada diez viviendas no disponen de computadora, nueve de cada diez no tienen acceso a internet, y siete de cada diez no disponen de telefonía fija” (2010:14). En la era de la información estas carencias representan severas limitaciones calidad de vida y desarrollo humano

Según la Encuesta de Panorama Educativo de México, realizada por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación del 2015, en el nivel medio superior durante el ciclo 2009-2010 su tasa era de 62.0 y en el periodo de 2014-2015 fue de 67.3 teniendo un incremento de 5.3. La tasa de eficiencia terminal en enseñanza media superior

<sup>1</sup> Mtro. Omar Hernández Vidal es Técnico Académico de la Facultad de Trabajo Social en la Universidad Veracruzana, Poza Rica, Veracruz. [omahernandez@uv.mx](mailto:omahernandez@uv.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> La Dra. Bertha Esmeralda Sangabriel García es Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Trabajo Social en la Universidad Veracruzana, Poza Rica, Veracruz [bsangabriel@uv.mx](mailto:bsangabriel@uv.mx)

<sup>3</sup> El Mtro. Miguel Ángel Cruz Treviño es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Trabajo Social en la Universidad Veracruzana, Poza Rica, Veracruz [migacruz@uv.mx](mailto:migacruz@uv.mx)

<sup>4</sup> La Mtra. Silvia Popo García es Profesora por asignatura de la Facultad de Trabajo Social en la Universidad Veracruzana, Poza Rica, Veracruz. [silgarcia@uv.mx](mailto:silgarcia@uv.mx)

por entidad en el año de 2016 en Veracruz alcanzo entre el 70 y 80%. Mientras que a nivel nacional el estado de Tamaulipas fue el que tuvo una tasa del 92% y en cambio Guanajuato fue la entidad que ocupó el porcentaje más bajo con el 59.5%. Con relación a los resultados de baja calidad educativa, la encuesta muestra que el nivel medio superior siete de cada diez jóvenes no resuelve problemas básicos de matemáticas y que tres de cada diez no comprende textos sencillos.

Asimismo encontramos que en el año 2012 en Panorama Educativo de México, en el periodo de 2011-2012 en el estado de Veracruz había 279, 838 alumnos en el nivel medio superior, con un total de docentes de 18 929, ubicados en un total de 1676 escuelas (INEE 2012). En el ciclo 2012-2013, la tasa de crecimiento media anual, en edad típica de educación media superior, fue de -0.7 mientras que la tasa a nivel nacional es de -0.1. Es decir, a nivel estado la entidad veracruzana está por debajo de la tasa a nivel nacional. Este mismo estudio reveló que en el nivel superior había ocho alumnos por computadora para usos educativos y con conexión a internet. Mientras que el porcentaje de escuelas educativas media superior con hasta ocho alumnos por computadora para uso educativo fue de 20.8 (panorama educativo 2012).

### Descripción del Método

La metodología seguida para realizar esta investigación fue de corte cuantitativo a partir de la cual se buscó conocer la debilidades y fortalezas que presentan los estudiantes de nuevo ingreso en la licenciatura en Trabajo Social, el alcance del estudio es correlacional. Se elaboró un cuestionario de opción múltiple que captó el nivel de conocimiento y habilidades que poseen los alumnos de nuevo ingreso.

La muestra de la investigación es no representativa, se aplicó un instrumento a 30 alumnos de nuevo ingreso que cursan la experiencia de literacidad digital. Después de la aplicación del cuestionario se procesó la información y se realizaron las frecuencias y las gráficas correspondientes, así como su análisis.

### Comentarios Finales

#### *Resumen de resultados*

Del 100% de los alumnos encuestados el 73% es del sexo femenino y el 27% masculino. Con relación a su edad se apreció que el 37% tiene 18 años, el 30% 19, el 13% 20, el 10% 17 y otro 10% 21. Observándose de esta manera que el rango de edad representativo de los estudiantes es entre los 18 y 19 años, ya que en este se concentra el 67%. La mayoría de los estudiantes, proceden de los municipios circunvecinos; aunque en los últimos años, se ha incrementado la solicitud del examen de ingreso por jóvenes que radican en la ciudad de Poza Rica, Veracruz. Del 100% de los encuestados, apreciamos que el 34% es nativo de Poza Rica; el 33% del municipio de Papantla, uno de los más grandes en extensión territorial del norte de la entidad de Veracruz; el 13% de Coatzintla, el 6% Tihuatlán, otro 6% de Venustiano Carranza, 2% de Castillo de Teayo, y el 6% restante del Hidalgo y de la ciudad de México. Dichos porcentajes revelan que el 60% de los alumnos que ingresan provienen de localidades que se ubican en la región del Totonacapan, por lo que regularmente cambiaran su lugar de residencia a la ciudad de Poza Rica, Veracruz. La mayoría de los y las jóvenes se instalan en pensiones y pocos rentan alguna vivienda en grupo; por lo que observamos que mayoría de los encuestados dispone de servicio de internet.

El 70% de los alumnos, egresaron de bachillerato; un 27% del bachillerato tecnológico entre los que se ubicaron los CETIS, CBTIS, CECYTES, CETAC, Cetmar y el 3% restante del profesional técnico es decir CONALEP. Antes del ingreso a la universidad, del 100% de los encuestados solo el 87% tenía teléfono móvil. Actualmente, el 100% tiene celular porque el porcentaje que carecía del mismo, sus progenitores les dieron uno de regalo como reconocimiento a su nueva etapa de vida como universitarios. Cabe señalar que los encuestados señalaron que nunca había tenido un celular.

La encuesta reveló que las instituciones que cuentan con mayor cantidad de equipos de cómputo son los bachilleratos tecnológicos, además de que poseen una mejor infraestructura de red de calidad regular, según los estudiantes, mientras que la mayoría de los bachilleratos generales no cuenta con infraestructura suficiente para atender las demandas de los estudiantes.

Los nuevos universitarios señalan que en sus instituciones de procedencia, solo el 70% contaba con servicio de internet, mientras que el 30% restante señaló que su escuela carecía del mismo. El 63% de los encuestados adquiere sus dispositivos a crédito y el 37% a contado. Los teléfonos se adquieren a crédito en alguna tienda comercial y son pagados de forma mensual o quincenal. Después de un año de cursar la licenciatura, es que los padres compran una computadora a sus hijos, que regularmente es compartida con sus mismos hermanos

Del 100% de los encuestados, el 83% tiene en su hogar o pensión internet, mientras que el 17% carece del mismo. Lo que podemos apreciar que disponen de internet para el uso de su celular pero a veces no de computadora motivo por el que las competencias que aprende en clase, no las practican de forma cotidiana. Cabe señalar que en ocasiones el número de computadoras no cubre la demanda de los estudiantes, entonces algunos llevan a clase su computadora personal; este mismo problema se presenta en ocasiones en las experiencias educativas de estadística descriptiva e inferencial y bases de datos para las ciencias sociales.

Del 100% de los encuestados, el 58.3% señalo que el servicio de internet en su escuela era regular, el 20.8% considero que bueno y el 20.8 % malo, como lo vemos en la figura 1.

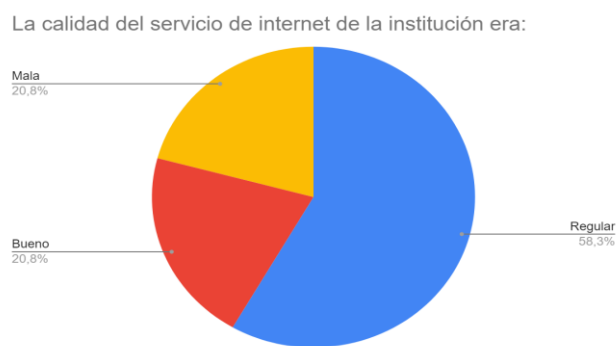


Figura 1. Calidad del servicio de internet de la institución de procedencia

Hay localidades en que el servicio de internet es tan malo que prácticamente es imposible comunicarse porque la señal es muy débil o simplemente no llega debido a la infraestructura del proveedor de internet. Por ejemplo, hay alumnos que señalan que para realizar alguna llamada buscan el punto más alto de la comunidad para captar la señal como un cerro o una loma.

Actualmente del 100% de los alumnos encuestados, el 65% tiene computadora portátil y el 35% señalo que no dispone de este equipo. Cabe señalar, que cuando los alumnos viven con sus familias en la ciudad de Poza Rica, es decir que no provienen de los municipios circunvecinos, regularmente la computadora es de uso familiar porque la comparten con sus hermanos. La computadora es una herramienta de trabajo importante porque jóvenes la requieren para ejercitarse en el desarrollo de sus competencias y a veces las computadoras del centro de cómputo resultan insuficientes. Como docentes se ha apreciado que hay estudiantes, que culminan la carrera, sin que su familia les haya proporcionado una computadora. Motivo por el cual en ocasiones, los jóvenes cuando se encuentran en la etapa de la elaboración de su trabajo recepcional en modalidad de tesis obtienen prestada una y además se ajustan al horario del centro de cómputo cuando en este lugar no se imparten las experiencias de paquetes, literacidad digital y estadística entre otras. Es muy importante la mención de este punto ya que sí un usuario no dispone de un dispositivo electrónico para consultar información y realizar trabajos escolares de forma cotidiana no pueden hacer la práctica del uso de los saberes digitales y entre ellos la literacidad digital. En la figura 2 apreciamos a un grupo de alumnos en la experiencia educativa de literacidad.



Figura 2. Alumnos en literacidad digital

En literacidad se identificó que los jóvenes de recién ingreso utilizan los buscadores de google, bing y yahoo para la realización de sus tareas académicas; el 70% señalo utilizarlo siempre, el 26.7% frecuentemente y el 3% no los utiliza. Como se observa en la figura 3.

Uso de buscadores en Internet

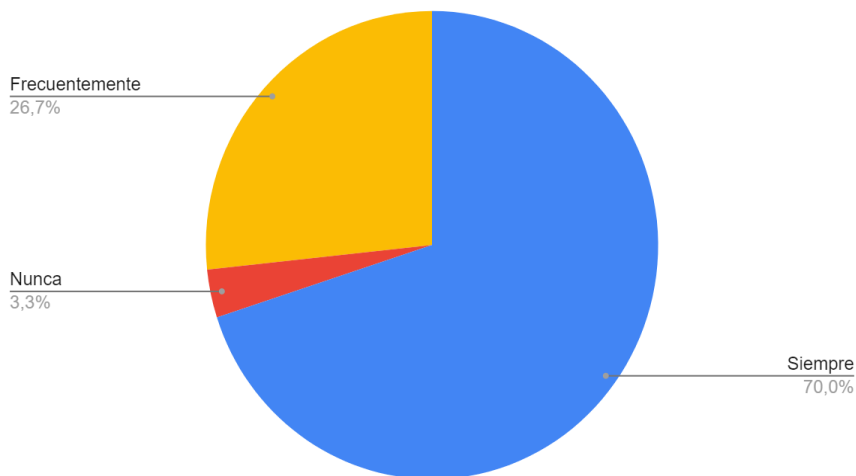


Figura 3. Uso de buscadores en internet

Al cuestionar si conocían y hacían un uso regular de los buscadores especializados o bases de datos académicos, el 33.3 % respondió que los utilizaba frecuentemente, el 30.3% contestó que siempre los usaba, el 23.3% señalo que algunas veces, el 6.7% casi nunca y otro porcentaje igual al anterior dijo que nunca. Como se aprecia en la figura 4.

Uso de buscadores especializados o bases de datos académicos

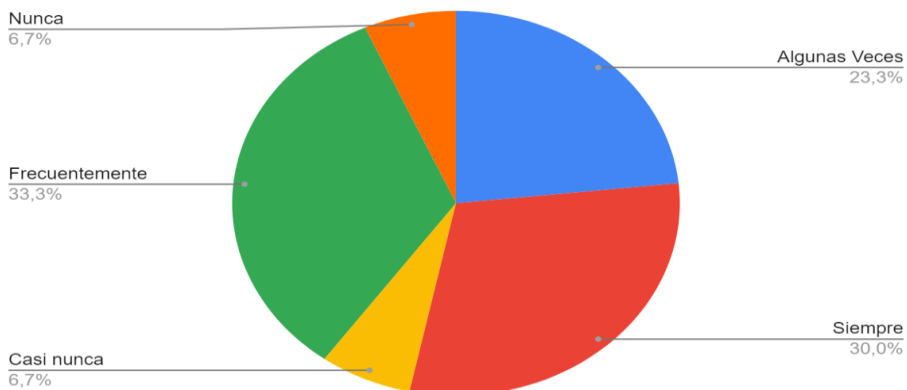


Figura 4. Uso de buscadores especializado

En el tema de operadores de búsqueda, el 50% de los encuestados señaló que nunca los utiliza, otro 23% que solo algunas veces, un 16.7% contestó que casi nunca los usa, un 6.7% respondió que frecuentemente los aplicaba, y el 3.3% que nunca los había empleado, por lo tanto desconocen el uso de operadores booleanos lógicos tales como OR, AND y NOT, que permiten hacer búsquedas de información más precisas tomando en cuenta las palabras como se escriben es decir que no haya variación. El instrumento aplicado reveló que los estudiantes no disponen del conocimiento de los elementos que les permitan identificar si la información a la que acceden es veraz, por las fuentes de las que procede. El 62.1% señaló que algunas veces lograban reconocerla, el 24.1% respondió que frecuentemente, el 10.3% que siempre y el 3.4% dijo que casi nunca. Con el transcurso de las clases, los alumnos comienzan a identificar los elementos para reconocer y descartar las fuentes no confiables. La contrastación de información, es otro elemento de la literacidad al preguntar a los encuestados, si comparaban la información con el objetivo de identificar diversos tipos, la mayoría de los encuestados representados por el 34% respondió que algunas veces, el 24.1% señaló que frecuentemente, el 20.1% contestó que casi nunca, el 13.8% que siempre, y el 6.9% dijo que nunca. A partir de los resultados obtenidos se aprecia que los alumnos generalmente suspenden su búsqueda cuando obtienen una primera información, esta actitud con el paso del tiempo la dejarán de lado porque aprenderán que quedarse con un dato en un primer momento no es suficiente para formarse académica y profesionalmente,

Con respecto a examinar los puntos de vista de los diferentes autores de la información buscada, el 40% de los encuestados señalo que algunas veces realizaba esta actividad, el 30% respondió que frecuentemente, el 20% contestó que casi nunca y el 10% dijo que nunca. A partir de los porcentajes señalados se deduce que los estudiantes no realizan una búsqueda profunda de datos. Al preguntarles si identificaban los argumentos importantes de la información que les permitiera analizar y evaluar la construcción de conclusiones sólidas el 46.7% de los estudiantes señalo que algunas veces, el 23% respondió que frecuentemente, el 16.7% dijo que casi nunca; 13.3% que siempre. El nivel de lectura de los alumnos y revisión y selección de fuentes de información es bajo al momento del ingreso a la universidad, debido a las deficiencias que traen desde su formación en el nivel medio superior referente a la búsqueda de datos.

En relación al uso de emoticones y símbolos, el 26.7% frecuentemente evita su uso, el 26.7% los utiliza algunas veces; el 23.3% señalo que siempre los evade, el 16.7% casi nunca recurre a ellos y el 6.7% que nunca los utiliza. Al preguntarles si evitaban utilizar exclusivamente mayúsculas y colores de letra no convencionales, el 36.7%, respondió que frecuentemente, el 33.3% que siempre, el 20% señalo que casi siempre y el 10% casi nunca las utilizaba. Referente al uso de cuidado de la ortografía, el 46.7% contestó que cuidaba su proceso de escritura, el 40% respondió que frecuentemente, el 13.3% contestó que algunas veces. Apreciándose que más del 50% de los alumnos no tiene un cuidado sigiloso al momento de escribir, por lo tanto, desconocen que hay una herramienta llamada Revisar Documento que cumple la función de corrector ortográfico.

Del 100% de los estudiantes encuestados, el 96.7% señalo que no conocía la información sobre los derechos libres de autor y solo un 3.3% respondió afirmativamente, el hecho que se desconozca que hay información libre de derecho de autor que consiste en utilizar recursos de internet como documentos, imágenes, música, videos que pueden utilizar en sus trabajos sin que haya repercusiones legales por parte de los autores originales. Acerca de si en sus dispositivos electrónicos tenían instalados antivirus, el 33.3% contestó que siempre, el 26.7% expreso que frecuentemente, el 20% manifestó que algunas veces; el 16.7% dijo que nunca, y el 3.3% que casi nunca, es importante tener una educación de seguridad informática ya que esta nos evita perder información valiosa por un virus informático. Sobre el respaldo de su información periódicamente, el 40% de los encuestados respondió que frecuentemente realizaban respaldo, el 26.7% que algunas veces, el 16.7% que siempre, el 10% señalo que casi nunca y el 6.7% que nunca. El respaldar la información debe considerarse como un hábito debido a que pueda haber fallas en los dispositivos electrónicos que se usan para procesar la información, motivo por el que es sustancial hacer respaldo cotidianamente en caso de un suceso de pérdida de información. Asimismo en la elaboración de sus contraseñas el 56.7% de los encuestados siempre hacen uso de números, letras y caracteres especiales, mientras que el 26.7% señalo que frecuentemente, y el 16.7% que algunas veces, esto es importante para evitar la suplantación de identidad y evitar la pérdida de información y de las cuentas de los proveedores de servicios tales como correo electrónico, redes sociales, dispositivos electrónicos.

### *Conclusiones*

Es importante que las instituciones educativas cuenten con una adecuada infraestructura tecnológica para los estudiantes desde su educación básica hasta su ingreso a la Universidad, así harían uso de la literacidad digital correctamente; pero no solo se trata de infraestructura, si no de los contenidos de los programas de estudio que se imparten en las escuelas de todos los niveles educativos donde se hace uso de la Tecnología para la búsqueda de información y presentarla correctamente.

Las deficiencias con las que ingresan los estudiantes a la Universidad en el tema de Literacidad Digital tienen su origen diversos factores tales como la poca inversión en infraestructura tecnológica de las escuelas, la preparación académica de los docentes, los contenidos de los programas de estudio; las dificultades que enfrentan las familias para adquirir un dispositivo para su hijo a causa de la situación económica y sus bajos ingresos monetarios. El hecho de que algunos alumnos no dispongan de un dispositivo electrónico para hacer sus actividades escolares y hacer uso de la práctica de la literacidad digital, los coloca en una situación de desventaja en relación a otros compañeros que si tienen equipos.

### *Recomendaciones*

Se recomienda que al momento de ingresar a la universidad se imparta un curso de inducción en el uso de las TIC's y Literacidad Digital, para que puedan hacer la búsqueda de información y presentarla correctamente para que realicen sus actividades escolares. Asimismo, se sugiere cultivar en los alumnos una cultura de protección de información y de cuidado de la su identidad personal.

### **Referencias**

Aguilar Trejo, J. L., Ramírez Martinell, A., & López González, R. (2014). LITERACIDAD DIGITAL ACADÉMICA DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: UN ESTUDIO DE CASO. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 123-146.

CONEVAL "Estadísticas de pobreza", 2010.

INEE Panorama Educativo de México. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación Básica y Media Superior. 2012

SEFIPLAN "Programa región totonacapan" en Programas regionales Veracruzanos, 2013

# MULTIMEDIA INTERACTIVO DEL CANAL DE POTASIO ACTIVADO POR CALCIO EN NEURONAS DE HIPOCAMPO

cBiol. Karen Hernández Villalva<sup>1</sup>, MC. Jessica Quintero Pérez<sup>2</sup>,  
MC. Marleni Reyes Monreal<sup>3</sup> y Dra. María Eugenia Pérez Bonilla<sup>1</sup>

## Resumen

Las neuronas del sistema nervioso central generan patrones de potenciales de acción (PA) de frecuencia variable: silentes, tónicos, en ráfagas, etc. Estos patrones son producidos por canales iónicos especializados, uno de ellos es el canal de potasio dependiente de calcio (KCa). Los canales iónicos se abren en la hiperpolarización e incluso la modifican. Su activación disminuye la frecuencia de disparo (adaptación). Un incremento en su conductancia frena el disparo de PA. En este trabajo se presenta un programa de cómputo interactivo para introducir al estudiante en el tema. Cuenta con lecciones clasificadas en tres secciones: (1) Características estructurales de los canales de potasio, (2) Características estructurales y funcionales de los canales KCa y (3) Características estructurales y funcionales de los canales de alta conductancia (BK). El multimedia fue desarrollado en Visual Basic 6 para Windows® 10. Cada lección presenta un modelo infográfico, implementado en PowerPoint®, con recuadro descriptivo. El programa es una herramienta de apoyo didáctico en el área biológica y afines.

**Palabras clave:** Canales BK, canales de potasio activados por calcio, enseñanza interactiva.

## Introducción

Las neuronas se comunican mediante señales eléctricas conocidas como potenciales de acción (PA). Una neurona puede generar diferentes tipos de descargas: desde silentes, tónicas, disparo en ráfagas, trenes de PA; y pueden variar de un patrón a otro. Estos patrones de PA constituyen un código de lenguaje neuronal, de ahí la importancia de estudiar y comprender cómo se generan y cómo cambian. Por ejemplo, las neuronas piramidales del hipocampo, relacionadas con el aprendizaje y la memoria, reciben decenas de miles de entradas sinápticas excitadoras e inhibitorias en sus dendritas. Las dendritas apicales y basales de estas neuronas expresan una gran variedad de canales de sodio, potasio y calcio dependientes de voltaje y canales con mayor complejidad, como los dependientes de voltaje; pero además dependientes de calcio, como los canales de potasio dependientes de calcio (KCa) (Hoffman, 1997; Magee et al. 1998; Johnston, 2000; Chen, 2006). Sus propiedades estructurales, electrofisiológicas y su distribución en el axón, soma y dendritas les confiere características funcionales que se reflejan en los patrones de PA (Cabezas-Fernández, 2003; Chen, 2006). Los potenciales de acción suelen ir seguidos de una hiperpolarización pronunciada, debida a la corriente de potasio dependiente de  $Ca^{2+}$ . La modulación de la hiperpolarización ocasiona que las neuronas puedan presentar un amplio rango de frecuencias de disparo (Sah, 2002; Shah, 2006). En las neuronas piramidales del hipocampo CA1, una espiga o un tren de PA es seguido de una hiperpolarización (posthiperpolarización: AHP). En la AHP se distinguen tres partes: (1) rápida (fAHP), (2) media (mAHP) y (3) lenta (sAHP). Cada parte con escalas de tiempo diferentes: fAHP, en escalas de 1 ms; mAHP, en escalas de 4 ms; sAHP, en escalas de 100 ms. Las corrientes que subyacen a estos potenciales hiperpolarizados son: la corriente BK, la IK y SK, respectivamente.

Los canales KCa se activan en respuesta al influjo de calcio, a través de canales de calcio dependientes del voltaje que se abren durante el potencial de acción (Storm, 1990; Bekkers, 2000; Sah, 2002; Shah, 2006). Se ha encontrado la coexistencia de canales KCa con canales de  $Ca^{2+}$  dependientes de voltaje (CaV).

Otra fuente de calcio para activar los canales KCa es el sistema IP3 (inositol trifosfato). En este sistema, los canales de calcio sensibles a reanodina en la membrana del retículo endoplásmico (RE) se abren ante la llegada de un segundo mensajero, para liberar calcio del RE al citoplasma; a una concentración determinada, el KCa se activa. La concentración de  $Ca^{2+}$  en el citoplasma está regulada por bombas: SERCA, localizadas en la membrana del RE, para su recaptura y las bombas PMCA localizadas en la membrana celular para sacar el calcio de la célula.

<sup>1</sup> La cBiol. Karen Hernández Villalva es alumna de la Fac. Ciencias Biológicas BUAP. Puebla, México. [khervill@gmail.com](mailto:khervill@gmail.com)

<sup>2</sup> La MC Jessica Quintero Pérez es doctoranda de la Fac. de Medicina de la Universidad de Alcalá. Madrid, España. [jessquin09@hotmail.com](mailto:jessquin09@hotmail.com)

<sup>3</sup> La MC Marleni Reyes Monreal es Profesora Investigadora de la Escuela de Artes Plásticas (ARPA) BUAP. Puebla, México. [marleni.reyes@correo.buap.mx](mailto:marleni.reyes@correo.buap.mx)

<sup>1</sup> La Dra. María Eugenia Pérez Bonilla es Profesora Investigadora de la Fac. de Ciencias Biológicas BUAP. Puebla, México. [bonillaeugenia@gmail.com](mailto:bonillaeugenia@gmail.com) (autor correspondiente).

Los canales KCa forman parte de la familia de canales de  $K^+$ . En el SNC se han identificado los canales de potasio activados por  $Ca^{2+}$  (KCa), producto de los genes llamados KCNM y KCNN. Se han identificado tres amplias familias de canales de potasio activados por calcio, de acuerdo a la conductancia unitaria de los respectivos canales iónicos, la sensibilidad a la concentración de calcio libre citosólico, la cinética, la dependencia de voltaje y la farmacología: (1) de alta conductancia (BK), de mediana conductancia (IK) y (3) de baja conductancia (SK) (Kazcmarek, 2017). Los canales BK tienen una gran conductancia unitaria (más de 100 pS), son dependientes de voltaje, sensibles a caribdotoxina, iberiotoxina (Ibtx), paxalina y tetraetilamonio (TEA), y son los responsables de la repolarización rápida de la membrana que sigue a un potencial de acción. Debido a su sensibilidad al voltaje se activan en las neuronas al cambiar el potencial de membrana (en la hiperpolarización) durante los PA; esto cambia el patrón de disparo de PA.

### ***Estructura conformacional y dinámica del canal***

Respecto a su estructura, los canales BK presentan cuatro subunidades alfa ( $\alpha$ ), cada una con 7 segmentos transmembranales y 4 segmentos intracelulares en el extremo carboxilo terminal (COOH). En esta porción se localiza el sitio de unión con el  $Ca^{2+}$ . Se destaca que algunos canales BK tienen una subunidad auxiliar beta ( $\beta$ ), que modula su acción. Hasta el momento, se han reportado y clonado cuatro tipos de subunidades beta:  $\beta 1$ ,  $\beta 2/3$  y  $\beta 4$  (Brenner et al. 2000; Dworetzky et al. 1994; Knaus et al. 1994; Meera et al. 2000; Tseng-Crank et al. 1996). Estas subunidades modifican sustancialmente la biofísica del canal.

Actualmente los canales KCa han sido involucrados en trastornos neurológicos como como el Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, la epilepsia, ataxia episódica y enfermedades neurodegenerativas. Razones que resaltan la importancia de que los alumnos conozcan la estructura y función de este canal. Con el objetivo de contar con material didáctico multimedia de apoyo para la enseñanza-aprendizaje del tema en materias como biofísica, neurofisiología y neurociencias se propuso la elaboración del multimedia. En este trabajo, se presenta el diseño y desarrollo del programa sobre el comportamiento del canal iónico de potasio activado por calcio, de utilidad en las licenciaturas de ciencias biomédicas, biológicas y afines.

### **Descripción del Método**

#### ***Referencias científicas e integración de antología***

Se realizó la búsqueda de artículos científicos relacionados con el tema y se integró una antología electrónica con 80 archivos PDF de los artículos seleccionados. A partir de ellos, se obtuvieron 60 imágenes de base para editar y elabora imágenes propias, utilizando el programa PowerPoint®, material almacenado en formato PNG.

#### ***Desarrollo del programa***

Se diseñó y desarrolló un software sobre la dinámica de los canales de potasio dependiente de calcio, que consta de diversos modelos infográficos. El leccionario incluye la anatomía del hipocampo, la clasificación estructural de los canales de  $K^+$ , familias de los canales de potasio, clasificación estructural de los canales de potasio dependientes de calcio (KCa), familias KCa y sus características principales, regulación de las funciones receptoras de la neurona piramidal por canales KCa, corrientes activadas por canales KCa, estructura del canal iónico BK, estructura molecular de la subunidad BK, canal BK asociado a subunidades  $\beta$ , activación por canales de calcio-voltaje dependientes (CaV), asociación canal BK-CaV, asociación de canales BK a canales  $Ca^{2+}$  tipo-N y L y activación del canal en respuesta al IP3. Se programó en lenguaje Visual Basic®, versión 6.0, para ambiente Windows®.

### **Resultados**

En este trabajo se presenta el multimedia interactivo “Canales KCa”. Es un programa de cómputo ejecutable en ambiente Windows 10. La pantalla de inicio se muestra en la figura 1. Presenta dos botones uno para acceder a las lecciones y otro para salir del programa.



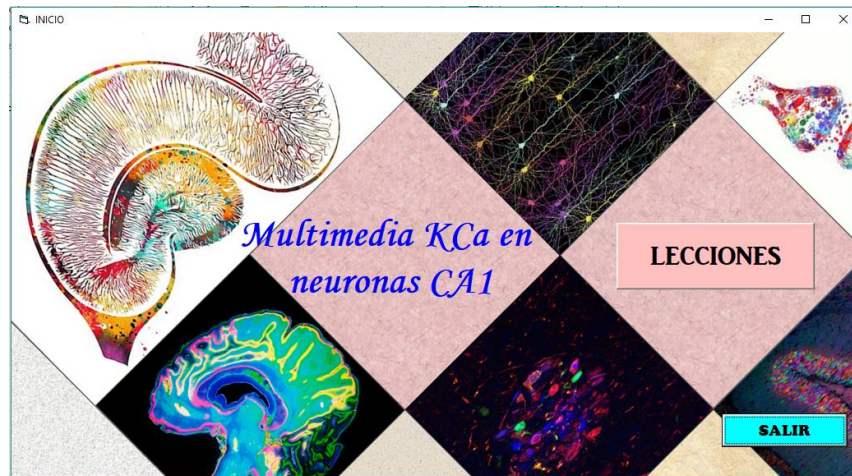


Figura 1. Portada del programa. La pantalla de inicio muestra una interfaz para acceder directamente al leccionario. El usuario puede salir del programa desde el inicio.

### Menú principal

El programa cuenta con catorce secciones que permiten al usuario contar con material de estudio sintetizado, actualizado y panorámico sobre el tema. El contenido del menú está clasificado en tres módulos: (1) características estructurales de los canales de  $K^+$ , (2) características estructurales y funcionales de los canales KCa y (3) características de los canales BK y su asociación con canales CaV y con el sistema IP3 (Figura 2).

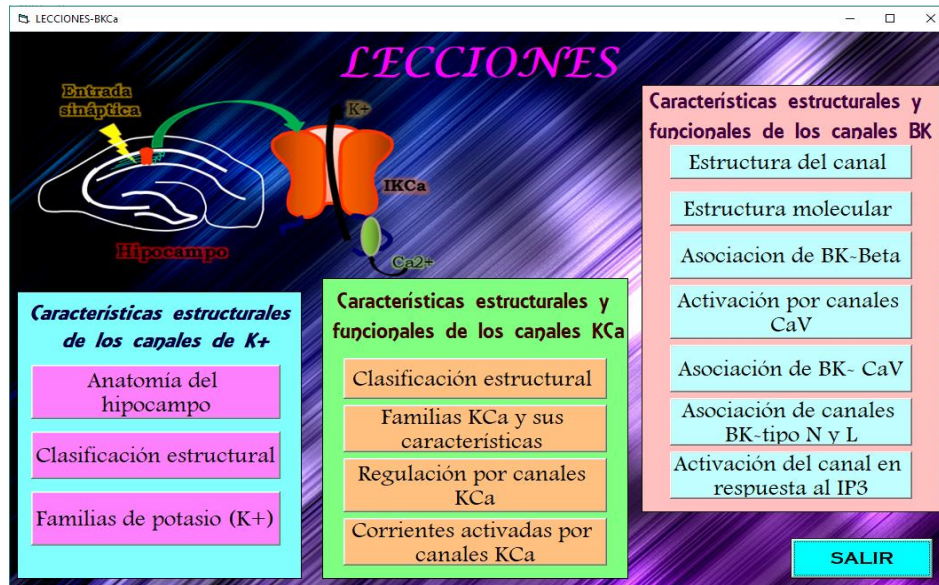


Figura 2. Pantalla del menú principal. En el menú principal se desglosan los subtemas de cada módulo. En total consta de catorce subtemas que permiten al usuario adquirir los conocimientos requeridos para la comprensión de fisiología de los canales de potasio dependientes de calcio.

### Submenús

Cada una de las lecciones consta de cinco elementos: título, modelos visuales integrativos, descripción del modelo, botón para regresar al menú principal y botón de salida. A continuación se muestran algunos ejemplos de las lecciones incluidas en el programa

### Clasificación estructural de los canales de K<sup>+</sup> y canales BK asociados a subunidades beta

Aquí se describe cómo los canales de K<sup>+</sup> son clasificados según el número de segmentos transmembranales (TM): seis segmentos transmembranales y un poro (6-TM-1P), 4-TM-2P, 2-TM-1P. Incluye un modelo de la estructura molecular de un canal con 6-TM-1P y otro de 6-TM-2P (La figura 3A).

En la figura 3B, se muestra un modelo de la estructura molecular de un canal BK, que corresponde a 7-TM-1P y se ilustran las subunidades β2 y β4. En la parte citoplasmática se encuentra el dominio donde se une el Ca<sup>2+</sup>. Al unirse, la estructura de la proteína sufre un cambio conformacional y se abre el canal.

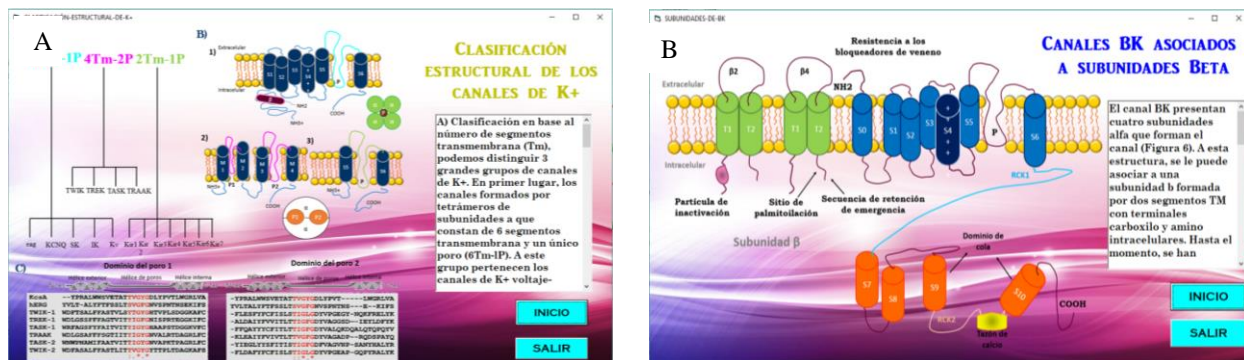


Figura 3. Ejemplos de lecciones. (A) Clasificación de los canales de K<sup>+</sup>. (B) Asociación de los canales BK con subunidades β.

### Asociación de canales BK a canales de calcio tipo N, L y CaV

En neuronas del hipocampo se ha descrito la presencia de canales BK en el axón. En la terminal nerviosa los canales BK se encuentran junto a canales de calcio tipo-L y tipo-N, como se muestra en la lección presentada en la figura 4A. En este caso se representan las terminales sinápticas con BK y calcio tipo-L y tipo-N. En la parte inferior, se presenta la respuesta electrofisiológica y cómo los bloqueadores respectivos (Ibtx y ChTX) reducen la respuesta.

En la figura 4B, se ilustra la interacción entre el canal BK y un canal de Ca<sup>2+</sup> dependiente de voltaje. En el músculo liso de los vasos sanguíneos, se tiene como hipótesis que en la despolarización se abre el canal de calcio, el aumento de este ión en el citoplasma ocasiona la contracción del músculo liso y en consecuencia una disminución del diámetro del vaso con un aumento en la presión arterial. Sin embargo, este mismo calcio activa el canal BK y sale potasio de la célula repolarizando el potencial de membrana y cerrando al canal de calcio, se produce una retroalimentación negativa. Se estima que este proceso de retroalimentación negativa está presente en las neuronas.

### Activación del canal por IP3

En diferentes células se ha encontrado la asociación de canales BK con el complejo IP3. Por ejemplo, en células embrionarias de riñón (HEK293), en células musculares lisas y en células de glioma. En las neuronas de hipocampo se encuentra el canal BK en las dendritas proximales y el sistema IP3 podría ser una fuente de Ca<sup>2+</sup> para activarlo. En la figura 5 se muestra la lección de la asociación de BK/IP3. En la membrana celular existen receptores al primer mensajero que está asociado al sistema de proteínas G. Un segundo mensajero activa los canales de calcio que se localizan en la membrana del RE. La salida del Ca<sup>2+</sup> del RE incrementa su concentración en el citoplasma y se activa el canal BK. Las bombas SERCA y PMCA disminuyen su concentración y regulan la actividad del canal BK. El cambio de concentración de Ca<sup>2+</sup> citoplasmático inducido por el canal de Ca<sup>2+</sup> del RE y las bombas provoca una oscilación de Ca<sup>2+</sup>.

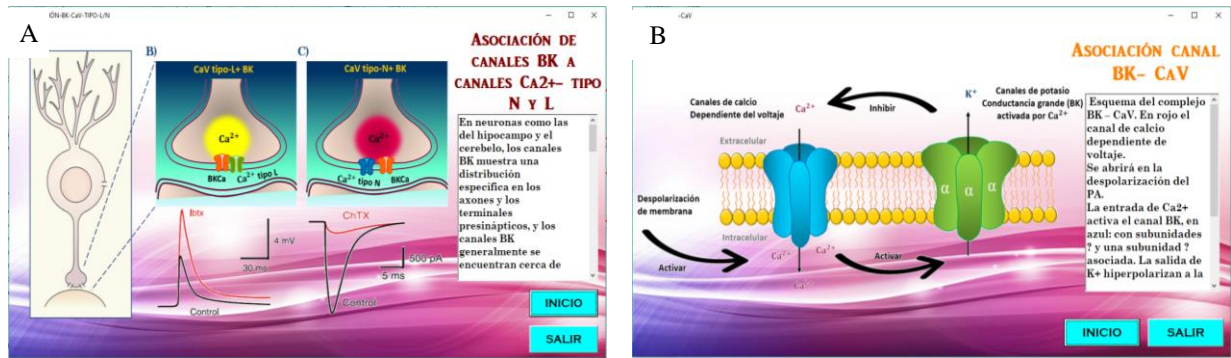


Figura 4. Asociación de canales BK con canales CaV.

- (A) Lección que ilustra el complejo BK-CaV tipo-N y tipo-L en la terminal sináptica de una neurona de hipocampo.
- (B) Ilustración del mecanismo de retroalimentación negativa en el complejo BK-CaV.

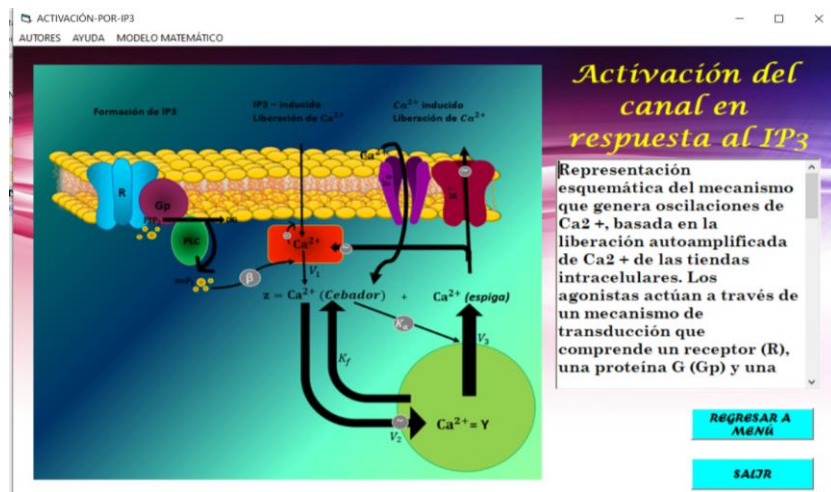


Figura 5. Asociación del canal BK con el sistema IP3.

El aumento de Ca<sup>2+</sup> citoplasmático activa el canal BK. Un primer mensajero se une al receptor metabotrópico; se activa la cascada de proteínas G y un segundo mensajero activa los canales de Ca<sup>2+</sup> del RE, se libera Ca<sup>2+</sup> al citosol y se activa el canal BK.

### Comentarios finales

#### Conclusión

En este trabajo, se implementó un programa de cómputo interactivo para la enseñanza-aprendizaje de la estructura y función del canal de potasio activado por calcio tipo BK en neuronas del hipocampo. El usuario puede navegar libremente, sin un orden pre-establecido. En cada lección encontrará modelos visuales que le mostrarán la asociación del canal BK con los canales de calcio dependientes de voltaje y con el sistema IP3. El multimedia es ejecutable en ambiente Windows® y no es necesario ningún conocimiento especial de computación. Para el mayor aprovechamiento de este material didáctico, se propone el apoyo docente.

## Referencias

- Bekkers, J.M. "Distribution of slow AHP channels on hippocampal CA1 pyramidal neurons". *Am J Physiol Renal Physiol.* 83(3), 1756-1959, 2000.
- Berkefeld, H., Fakler, B., Schulte, U. "Ca<sup>2+</sup>-activated K channels: from protein complexes to function". *Rev Physiol.* 90, 1437–1459, 2010.
- Brenner, R., Jegla, T. J., Wickenden, A., Liu, Y., Aldrich, R. W. "Cloning and functional characterization of novel large conductance calcium-activated potassium channel  $\beta$  subunits, hkcmb3 and hkcmb4". *J Biol Chem.* 275(9), 6453–6461, 2000.
- Cabezas-Fernández, C., Martín-Montiel, E.D., Buño-Buceta, W. "Mecanismos celulares reguladores de la excitabilidad celular: implicaciones funcionales y en epilepsia". *Rev Neurol.* 36(8), 738-743, 2003.
- Chen, X., Johnston, D. "Voltage-gated ion channels in dendrites of hippocampal pyramidal neurons". *Eur J Physiol.* 453(3), 397–401, 2006.
- Dworetzky, S. I., Trojnecki, J. T., Gribkoff, V. K. "Cloning and expression of a human large-conductance calcium-activated potassium channel". *Brain Res Mol Brain Res.* 27(1), 189-93, 1994.
- Hoffman, D. A., Magee, J. C., Colbert, C. M., Johnston, D. "K<sup>+</sup> channel regulation of signal propagation in dendrites of hippocampal pyramidal neurons". *Nature.* 387(6636), 869-875, 1997.
- Johnston, D., Hoffman, D.A., Magee, J.C., Poolos, N.P., Watanabe, S., Colbert, C.M. y Migliore, M. "Topical review dendritic potassium channels in hippocampal pyramidal neurons". *J physiol.* 525(1), 75-81, 2000.
- Kaczmarek, L.K., Aldrich, R.W., Chandy, K.G., Grissmer, S., Wei, A.D., Wulff, H. "International union of basic and clinical pharmacology. C. nomenclature and properties of calcium-activated and sodium-activated potassium channels". *Rev. Pharmacol.* 69, 1–11, 2017.
- Knaus, H. G., Folander, K., Garcia-Calvo, M., Garcia, M. L., Kaczorowski, G. J., Smith, M., Swanson, R. "Primary sequence and immunological characterization of p-subunit of high conductance Ca<sup>2+</sup>-activated K<sup>+</sup> channel from smooth muscle". *J Biol Chem.* 269(25), 17274-17278, 1994.
- Magee, J. C. "Dendritic hyperpolarization-activated currents modify the integrative properties of hippocampal CA1 pyramidal neurons". *J Neurosci.* 18(19), 7613–7624, 1998.
- Meera, P., Wallner, M., Toro, L. "A neuronal  $\beta$  subunit (kcnmb4) makes the large conductance, voltage- and Ca<sup>2+</sup>-activated K<sup>+</sup> channel resistant to charybdotoxin and iberiotoxin". *Proc Natl Acad Sci USA.* 97(10), 5562-5567, 2000.
- Sah, P., Louise-Faber, ES. "Channels underlying neuronal calcium-activated potassium currents". *Prog Neurobiol.* 66, 345–353, 2002.
- Shah, M. M., Javadzadeh-Tabatabaie, M., Benton, D. C. H, Ganellin, C. R., Haylett, D. G. "Enhancement of hippocampal pyramidal cell excitability by the novel selective slow-afterhyperpolarization channel blocker 3- (triphenylmethylaminomethyl) pyridine (ucl2077)". *Mol Pharmacol.* 70(5), 1494–1502, 2006.
- Storm, J. F. "Potassium currents in hippocampal pyramidal cells". *Prog Brain Res.* 83, 161–187, 1990.
- Tseng-Crank, J., Godinot, N., Johansen, T. E., Ahring, P. K., Strobaek, D., Mertz, R., Foster, C. D., Olesen, S. P., Reinhart, P.H. "Cloning, expression, and distribution of a Ca<sup>2+</sup> activated K<sup>+</sup> channel  $\beta$ -subunit from human brain". *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93(17), 9200–9205, 1996.

# DESARROLLO DE MÓDULO DIDÁCTICO PARA VISUALIZACIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS MEDIANTE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

Mtro. Miguel Angel Herrera Aguilar<sup>1</sup>, Mtra. Irma Hernández Morales<sup>2</sup>,  
Mtro. José Miguel Córdova López<sup>3</sup> y Mtro. Pedro Báez Moratilla<sup>4</sup>

**Resumen**— El estudio de vibraciones mecánicas es de suma importancia en formación de técnicos e ingenieros en mantenimiento industrial y otras áreas afines porque las vibraciones son una de las principales causas de fallas en las maquinas rotativas en el ámbito industrial. Sin embargo, la mayoría de las vibraciones mecánicas no pueden ser observadas a simple vista y solo pueden ser monitoreadas con un equipo especializado llamado vibrómetro que mide parámetros como aceleración, velocidad y desplazamiento. Por lo anterior, en la Universidad Tecnológica de Oriental se construye un módulo de visualización de vibraciones mecánicas representadas mediante una Interfaz Hombre-Máquina creada con el software LabVIEW, usando como tarjeta de adquisición de datos un módulo Arduino Mega y como transductor un acelerómetro ADXL335. Este módulo permitirá a los alumnos visualizar en tiempo real las vibraciones mecánicas, comprender los conceptos del análisis vibratorio y servir como material didáctico en las asignaturas del programa educativo.

**Palabras clave**— Modulo didáctico, vibraciones mecánicas, maquinas rotativas, interfaz hombre-máquina.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad dentro de los programas de estudio de las ingenieras en mantenimiento industrial y otras similares se ha incluido una asignatura llamada mantenimiento predictivo, en el cual se utilizan el monitoreo y análisis de vibraciones mecánicas con el fin de establecer cuál es el estado de salud mecánica de las máquinas y en particular de sus elementos más críticos para poder prevenir fallas mayores, además de analizar las vibraciones y compararlas con el nivel de vibración según las normas internacionales de vibraciones mecánicas a través de graficas de severidad. (Penkova Vassileva, 2007)

Estas vibraciones mecánicas tienen características de una onda como frecuencia, amplitud, periodo, entre otras, sin embargo, estas características casi nunca son fácilmente observables por ser mecánicas (en caso de ser ondas eléctricas se podrían observar con un osciloscopio). Así, en el ambiente educativo, el estudio las vibraciones mecánicas casi siempre es exclusivamente teórico y comúnmente cuando se realizan prácticas relacionadas a este tema, es mediante el análisis de vibraciones mediante un vibrómetro que solo mide aceleración, velocidad y desplazamiento sin embargo aun con estos parámetros no es posible visualizar la forma de onda. Por esta razón se plantea la necesidad de construir un módulo para el estudio de vibraciones mecánicas que en una primera fase fue exclusivamente mecánico; la segunda fase de desarrollo incluye una Interfaz Hombre-Máquina (HMI por sus siglas en inglés) que contiene un transductor ADXL335 y una placa Arduino como tarjeta de adquisición de datos y el software LabVIEW para ser analizados y visualizados mediante una PC.

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

### *Método*

El diseño industrial es reconocido como un componente esencial de aquellos productos que cumplen bien su función y son confiables, seguros y bien contruidos, así los procesos de manufactura utilizados en la fabricación del módulo son de dos tipos, mecánico y electrónico. El proceso de manufactura mecánica se desarrolló primero con boceto en AutoCAD donde se observan las dimensiones requeridas del módulo para una mejor visualización como se observa en la Figura 1, después se construyó el modulo con estructura metálica, se montó el motor y su sistema de arranque, además de que se colocó el eje que transmitirá el movimiento rotatorio hacia las piezas donde se medirán las vibraciones mecánicas como se describirá posteriormente.

Después se realizó la programación en el software LabVIEW, con este programa se podrán observar las vibraciones mecánicas en forma de onda, con todas sus características como amplitud y frecuencia.

<sup>1</sup> El Mtro. Miguel Angel Herrera Aguilar es profesor de tiempo completo del programa educativo Ing. en Mantenimiento Industrial de la Universidad Tecnológica de Oriental, Puebla. [miguel\\_herera@utdeoriental.edu.mx](mailto:miguel_herera@utdeoriental.edu.mx)

<sup>2</sup> La Mtra. Irma Hernández Morales es profesora de tiempo completo del programa educativo T.S.U. en Tecnologías de la Información de la Universidad Tecnológica de Oriental, Puebla. [irma.hernandez@utdeoriental.edu.mx](mailto:irma.hernandez@utdeoriental.edu.mx)

<sup>3</sup> El Mtro. José Miguel Córdova López es profesor de tiempo completo del programa educativo T.S.U. en Mantenimiento Industrial de la Universidad Tecnológica de Oriental, Puebla. [miguel\\_herera@utdeoriental.edu.mx](mailto:miguel_herera@utdeoriental.edu.mx)

<sup>4</sup> El Mtro. Pedro Báez Moratilla es profesor de tiempo completo del programa educativo T.S.U. e Ing. en Agricultura Sustentable y protegida de la Universidad Tecnológica de Oriental, Puebla. [pedro.baez@utdeoriental.edu.mx](mailto:pedro.baez@utdeoriental.edu.mx)

*Materiales*

La estructura mecánica del Módulo Didáctico está diseñada mediante software AutoCAD mostrado en la Fig. 1., por lo que las piezas mecánicas debieron ser manufacturadas de acuerdo a ese diseño, sin embargo, algunas de las piezas fueron reemplazadas por materiales de desecho disponibles y en buen estado.

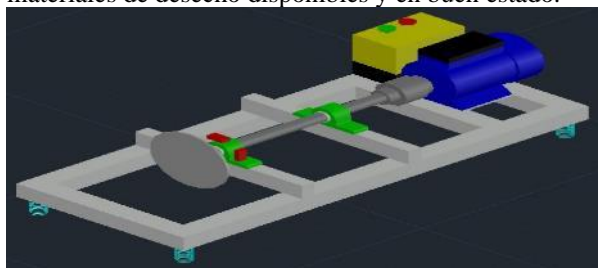


Fig. 1. Diseño mecánico en AutoCAD

Los materiales que se Requirieron para la construcción del módulo didáctico serán descritos a continuación en el Tabla 1., es de hacer notar que algunos de ellos fueron reutilizados.

| MATERIALES |          |                                      |  |
|------------|----------|--------------------------------------|--|
| No.        | Cantidad | Descripción                          | Observaciones  |
| 1          | 1        | Motor monofásico de ½ HP, a 3450 RPM | Es el elemento motriz del modulo   |
| 2          | 1        | Cople flexible                       | Transmite el movimiento del motor hacia el eje                                       |
| 3          | 1        | Eje de acero inoxidable (50cm)       | Esta soportado por rodamientos   |
| 4          | 1        | Botonera Paro-Arranque               | Sistema de control que enciende el modulo  |
| 5          | 2        | Chumacera con rodamientos de 1”      | Soporta el eje   |
| 6          | 4        | Resortes de válvula                  | Absorbe las fuerzas de inercia provocadas por aceleraciones rotativas. (Vibraciones) |
| 7          | 3m       | PTR 1/2”                             | Perfil Tubular Rectangular   |
| 8          | 1        | Disco de freno ABS de motocicleta    | Parte rotatoria  |
| 9          | 1        | Placa Arduino MEGA                   | Microprocesador  |
| 10         | 50       | Cables Dupont Macho-Hembra           | Conductores  |
| 11         | 1        | Sensor Acelerómetro ADXL335          | Sensor para sistema de transducción  |

Tabla 1. Materiales

*Equipo y herramienta*

El equipo y herramienta utilizado para la construcción de la parte mecánica del módulo didáctico se describe en la Tabla 2.

| No. | Descripción  | Observaciones |
|-----|--|---------------|
| 1   | Planta para soldadura de electrodo revestido y electrodos. |               |
| 2   | Cortadora circular   |               |
| 3   | Pulidora eléctrica   |               |
| 4   | Prensa manual  |               |
| 5   | Juego de llaves  |               |

Tabla 2. Equipo y herramienta.

*Estructura Mecánica*

La parte mecánica está constituida por el banco de pruebas conformado por un motor monofásico marca ULTRA CRAFF con los siguientes datos de placa: 60 HZ, 0.5HP, 120 V, 3450 RPM y 5 A. Además dos chumaceras marca KDF con cajera #P205 con sus respectivos rodamientos modelo UC205-16 con graseras incluidas, un eje de acero inoxidable de 40 cm, un cople flexible y un disco de ABS con agujeros para simular desbalance y tres tornillos de ¼ para ajustar el disco y 4 pernos de 5/8” con sus respectivos anillos para la fijación en las chumaceras del banco de pruebas y 4 pernos 5/16 para el anclaje del motor en la base del banco, dos tornillos de ¼ para fijar la botonera, una botonera, una extensión.

Para realizar este módulo se utilizaron 3m de PTR de 1¼”, se cortaron 2 tramos de 80cm y 5 tramos 33cm para posteriormente unir con soldadura las piezas de PTR formando una base rectangular. Para la colocación de las bases de las chumaceras se midió el eje de acero inoxidable lo cual tiene como resultado 41cm, desde donde está la

base del motor se midió a una distancia de 33cm ahí se colocó la primera base de la chumacera junto con ella, la otra base se colocó a una distancia de 54cm, esto se puede observar en la Fig. 2. En seguida se montó el motor en la base superior de la estructura, ya colocado el motor, se ensambló el eje de acero inoxidable con las chumaceras, al final del eje.

Posteriormente se maquinó una base para el disco de ABS, una vez ensamblado cada una de las piezas se ensambló al eje un cople flexible con reducción hacia el eje del motor. Se coloca a un lado del motor una botonera de paro arranque ya una vez conectado el motor y la botonera se realizaron las pruebas de alineamiento. Al final del proceso de elaboración se concluyó con la colocación de los sensores en la primera chumacera.



Fig. 2. Detalle de modulo

### Circuito Transductor

En la parte electrónica se usa un Acelerómetro ADXL335 que tendrá la función de transductor que se encargará de medir las vibraciones y proveer la señal eléctrica que será transmitida a una placa Arduino MEGA se servirá como tarjeta de adquisición de datos y una PC para visualizar las vibraciones por medio de una interfaz hombre-máquina a través del software LabVIEW. (Estupiñán, San Martín, & Solaligue, 2006) A continuación, se muestra el diagrama de conexiones de la placa Arduino con el sensor ADXL335.

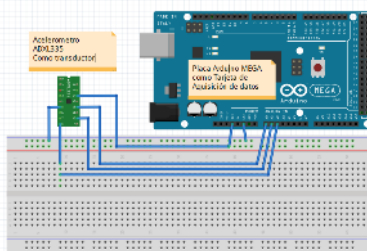


Fig. 3. Diagrama de conexiones placa Arduino MEGA con el Acelerómetro ADXL335

### Diagrama de programación de la Interfaz Hombre-Maquina

La programación de la Interfaz Hombre-Máquina se realizó mediante el software LabVIEW (2015), el programa tiene tres variables de entrada, a saber, Puerto USB, Tarjeta Arduino y la razón de Baudios. La variable USB indica el puerto al cual está conectada la tarjeta Arduino, este puerto puede ser seleccionado a través del panel frontal y manipulado por el usuario. La variable tarjeta trabaja solo con la tarjeta Arduino MEGA. La variable de Baudios, se trabaja con una tasa de 115200 que al imprimir los datos en tiempo real y usar la PC para analizar estos datos no sobrecarga la memoria de la tarjeta Arduino. Además de las tres entradas anteriores, se introduce el número de muestras que tomará el sensor y serán transmitidas a la tarjeta de adquisición de datos, regularmente será una potencia de dos ( $2^n$ ). Las entradas analógicas utilizada para adquirir los datos provenientes del acelerómetro ADXL335 serán las marcadas con los pines A0, A1 y A2 para los ejes X, Y Z respectivamente. Todo el diagrama de bloques de programación se muestra en la Fig. 4

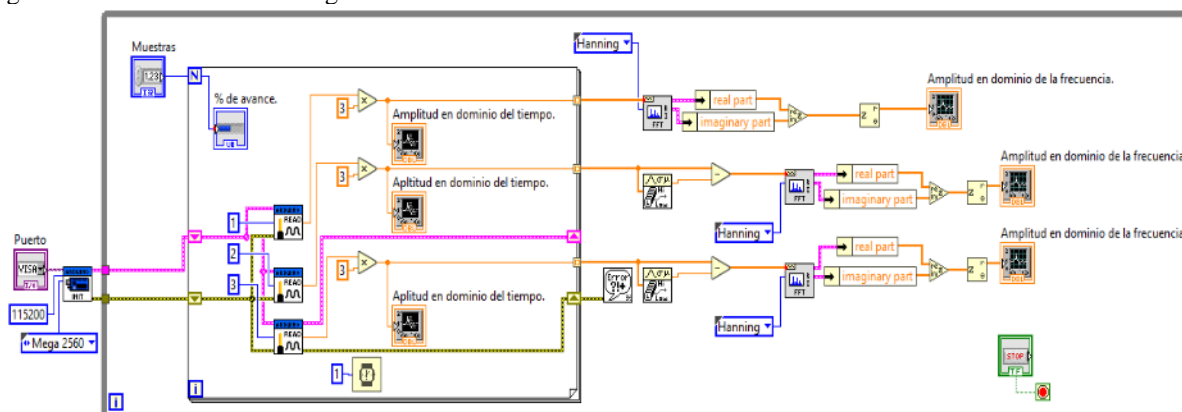


Fig. 4 Diagrama de Bloques de Programación

Una vez adquiridos los datos e introducidos a las entradas analógicas son procesados por un bloque de programa llamado Lector de Pin Analógico (Analog Read Pin) para después visualizar los datos en tres gráficos, en este caso se graficará la Amplitud de onda en dominio del tiempo. Además de visualizarse en los gráficos de dominio del tiempo el dato es trasladado a un bloque de programación llamado Transformada Rápida de Fourier (FFT por sus siglas en inglés Fast Fourier Transform) para tratar la señal y convertirla para graficar la Amplitud ahora en el dominio de la frecuencia. (White, 2010). Los resultados de la Transformada Rápida de Fourier se visualizan en otras graficas ahora en dominio de la frecuencia.

*Interfaz Hombre – Maquina*

La interfaz hombre maquina será a través de un Monitor (De preferencia Touch-screen) donde se podrá controlar a través de un teclado o mouse el número de muestras (este número debe ser múltiplo de 2 para tener una mejor eficiencia de la Transformada Rápida de Fourier), el tipo de placa Arduino, el puerto USB y además tendrá un boto de Paro. En esta interfaz se mostrarán 6 gráficos de forma de onda (waveform graph) en los que se muestran la Amplitud en el dominio del Tiempo (en los ejes X, Y y Z) y la Amplitud en el dominio de la frecuencia (también en los ejes Y y Z) como se muestra en la Fig. 5.

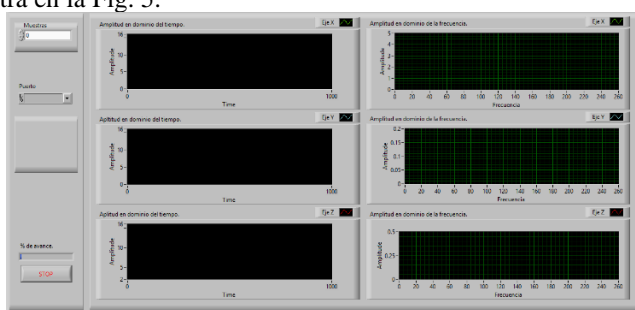


Fig. 5. Interfaz Hombre-Maquina

*Toma de datos*

Las vibraciones mecánicas en este módulo se medirán a través de un sensor Acelerómetro ADXL335 el cual mide las amplitudes en tres ejes perpendicularmente opuestos (X, Y y Z); este sensor tiene un bajo consumo de corriente (alrededor de 320µA) y se alimentará con una tensión de 3V. El voltaje analógico de salida es proporcional a la aceleración dinámica resultante de la vibración.

Los datos de aceleración podrán ser medidos en tres lugares diferentes de suma importancia, a saber, el cople, la chumacera 1 y la chumacera 2, esto es porque las vibraciones mecánicas suelen ocurrir cuando se desbalancen o desalinean esas partes de la transición mecánica. Además, comúnmente las vibraciones mecánicas suelen ser la suma de dos o más fuentes de vibración. Estas fuentes de “vibración de bajo nivel pueden ser importantes, si son una indicación de un problema que está creciendo, como una falta en un rodamiento” (White, 2010).

*Interpretación de datos*

La grafica en el dominio del tiempo muestra la amplitud de la vibración en un periodo de tiempo. El eje vertical representa la amplitud y el eje vertical representa en tiempo. Cada punto (dato) representa la suma de todas las amplitudes de las vibraciones que ocurren en cada punto del tiempo.

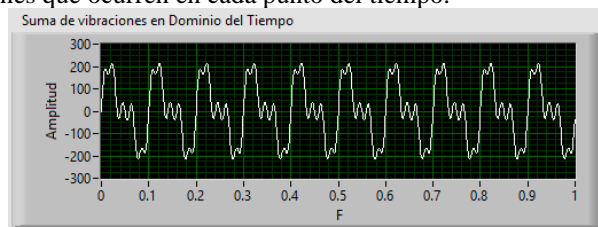


Fig. 6 Dominio del tiempo

Sin embargo, este tipo de grafica muestra las vibraciones aleatorias y los pulsos que no ocurren a una frecuencia regular, por ejemplo, la vibración aleatoria causada por un desbalanceo en la carga.



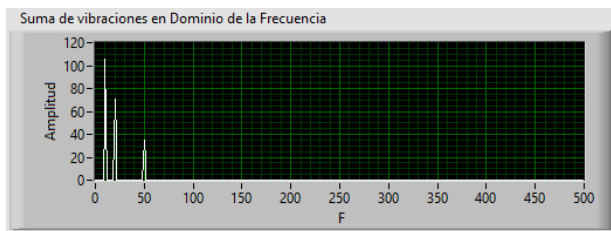


Fig. 7. Dominio de la frecuencia

La grafica en el dominio de la frecuencia muestra como ocurren las frecuencias individuales, en el eje vertical se representa la amplitud y en el eje horizontal se representa la frecuencia. Los puntos en esta gráfica representan la amplitud en una frecuencia específica que es “... un indicativo de la causa que produce la vibración mientras que la amplitud indica la gravedad de la falla.” (Olarte C., Botero A., & Cañón Z., 2010)

La grafica en el dominio de la frecuencia se usará para visualizar las vibraciones debidas a fuentes individuales de vibración, sin embargo, no es una herramienta para detectar vibraciones aleatorias debidas a golpes, arranques o paros repentinos. La forma de onda en el dominio del tiempo ayuda establecer condiciones de defecto, de acuerdo a su amplitud y su frecuencia, además se pueden ver claramente ondas producidas por los impactos, frotación y holgura, además de ayudar en el diagnóstico de desalineación, desbalanceo. (Reliabilityweb, 2019)

*Análisis estadístico*

Para realizar el análisis estadístico se tomaron 128 muestras en el motor en el eje Z a través del dispositivo transductor con el sensor ADXL335 y otras 128 muestras a través de un vibrómetro Wintact. Estas muestras se tomaron midiendo aceleración en m/s<sup>2</sup> para el vibrómetro y en voltaje amplificado cuatro veces para una mejor visualización, los resultados se resumen en la tabla 3.

|                     | Vibrómetro Wintact | Transductor Sensor ADXL335 |
|---------------------|--------------------|----------------------------|
| Media del Proceso   | 19,568             | 16.193                     |
| Valor Máximo        | 25.300             | 17.861                     |
| Valor Mínimo        | 14.300             | 14.548                     |
| Rango               | 11.100             | 3.313                      |
| Desviación Estándar | 2.866              | 0.962                      |

Tabla 3. Análisis estadístico

De acuerdo al análisis estadístico se obtuvieron histogramas de frecuencias los cuales indica que hay cierta correlación entre los datos obtenidos, sin embargo, ya que los datos adquiridos por el acelerómetro ADXL335 solo relacionan la amplitud de onda con un voltaje aún no se cuenta con una relación real entre el voltaje obtenido y la aceleración. Lo anterior se muestra en los histogramas del Grafico 1.

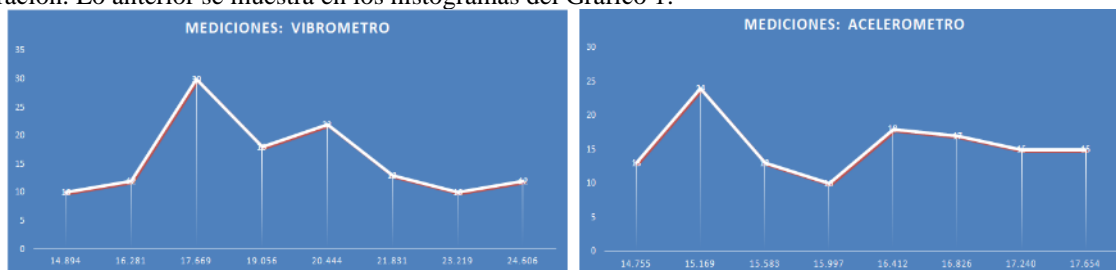


Grafico 1. Comparación de histogramas

**COMENTARIOS FINALES**

Por lo anterior definimos que el modulo para visualizar las vibraciones mecánicas a través de una HMI puede funcionar como una herramienta didáctica para el estudio del análisis vibraciones. Con el sensor ADXL335 se puede obtener la gráfica de frecuencia (el número de ciclos que ocurren en una unidad de tiempo) y la amplitud. Sin embargo, debido a que los parámetros característicos de las vibraciones son, desplazamiento, la velocidad y la aceleración y por ahora el sensor solo dicta una señal de voltaje aún queda trabajo por hacer, primero de caracterizar eficazmente los datos obtenidos del sensor para que el voltaje pueda ser convertido en datos de aceleración (mm/s<sup>2</sup>), velocidad (mm/s)

y desplazamiento (mm) para poder realizar mediciones precisas, además se deberá establecer un procedimiento para realizar prácticas de laboratorio que impliquen el uso del módulo. (Olarte C., Botero A., & Cañón Z., 2010)

### RESUMEN DE RESULTADOS

El módulo didáctico permite la visualización de los parámetros de vibraciones en un sistema rotatorio a través de un sensor ADXL335 que traduce el voltaje adquirido en señales analógicas que se visualizan a través de una HMI realizada en el software LabVIEW.

El módulo permite observar en primer lugar la suma de las ondas de múltiples fuentes de vibración, en los ejes X, Y y Z; además, permite convertir la onda en el dominio del tiempo en una gráfica en dominio de la frecuencia, lo que permite observar las características particulares de la onda.

A través del análisis estadístico se observa que los resultados analógicos de voltaje son similares a los obtenidos mediante un vibrómetro comercial, que sin embargo aún no están caracterizados para medir los parámetros de aceleración, velocidad o desplazamiento necesarios para precisar las características de vibración. Por lo anterior se debe trabajar en la caracterización del sensor para obtener datos reales y concluyentes.

### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que el desarrollo del módulo didáctico para visualización de vibraciones mecánicas a través de una interfaz hombre maquina permite observar efectivamente las oscilaciones tanto armónicas como no armónicas para mejorar la enseñanza de estos temas. Servirá como herramienta didáctica para los docentes de la institución beneficiando el rendimiento académico de los estudiantes, además de ser un módulo de bajo costo para su implementación dentro de laboratorios y aulas.

Además, se concluye que la interfaz humano – máquina, aunque funcional debe ser optimizada para que los datos sean reales, esto deberá hacerse caracterizando los valores del sensor ADXL335 para convertir eficazmente el voltaje en alguno de los parámetros aceleración, velocidad o desplazamiento.

### Referencias

- Estupiñán, E., San Martín, C., & Solaligue, R. (2006). Diseño e implementación de un analizador virtual de vibraciones mecánicas. *Facultad de Ingeniería, 14*(1), 7-15.
- Olarte C., W., Botero A., M., & Cañón Z., B. A. (Agosto de 2010). Análisis de vibraciones: Herramienta clave en el mantenimiento. *Scientia Et Technica, XVI*(45), 219-222.
- Penkova Vassileva, M. (Octubre-diciembre de 2007). Mantenimiento y análisis de vibraciones. *Ciencia y Sociedad, XXXII*(4), 668-678.
- Reliabilityweb. (2019). *Reliabilityweb*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2019, de A Culture of Reliability: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/incrementando-la-efectividad-de-su-analisis-de-vibracion/>
- White, G. (2010). *Introducción al Análisis de Vibraciones*. Woburn, Massachusetts, U.S.A.: Azima DLI.

### Notas Biográficas

El **Mtro. Miguel Ángel Herrera Aguilar** es profesor de tiempo completo de los programas educativos T.S.U. e Ing. en Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Oriental, Puebla, México. Tiene una licenciatura en Ingeniería Electromecánica por el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México y terminó sus estudios de maestría en educación en la Universidad Tec Milenio, en Puebla, Puebla.

La **Mtra. Irma Hernández Morales** es profesora de tiempo completo en la Universidad Tecnológica de Oriental. Con una maestría en Alta Dirección e Inteligencia Estratégica por el Instituto de Estudios Universitarios, ha publicado en la Revista de Tecnologías de la Información con un artículo titulado Desarrollo de Software de Simulación ERP para herramienta didáctica en el proceso de enseñanza aprendizaje en Research Journal edited by ECORFAN México, S.C. Holding Bolivia. (2018).

El **Mtro. José Miguel Córdova López** es T.S.U. en Mantenimiento Industrial por la Universidad Tecnológica de Puebla, es ingeniero mecánico por el Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán y tiene una maestría en ciencias por la Universidad Politécnica de Puebla. Actualmente es coordinador del programa educativo de T.S.U. en Mantenimiento Área Industrial de la Universidad Tecnológica de Oriental. Ha sido gestor del equipamiento y puesta en marcha de los laboratorios de mantenimiento industrial, sus trabajos de investigación se centran en el desarrollo de autómatas y mantenimiento industrial.

El **Mtro. Pedro Báez Moratilla**, Es profesor de tiempo completo en la Universidad Tecnológica de Oriental. Es ingeniero agrónomo por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y cuenta con Maestría en Desarrollo Regional Sustentable por el Colegio de Puebla, Imparte cátedra en el Programa Educativo de Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida. Tiene un trabajo en proceso de registro ante el IMPI MX/u/2018/000748, como modelo utilitario o Patente de prototipo de Máquina peladora de Piñón, recientemente realizó ponencia y publicó artículo de prototipo de máquina peladora de nopal verdura, en el congreso de Congreso Interdisciplinario de Energías

Renovables, Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática, 2018, tiene artículo publicado y ponencia en XXIX Reunión Científica Y Tecnológica Forestal Y Agropecuaria Y II Reunión Internacional Científica Y Tecnológica Veracruz 2016.

# EL AULA EXTENDIDA Y SU IMPACTO EN EL FORTALECIMIENTO DEL APRENDIZAJE

Dr. Miguel Ángel Herrera Batista<sup>1</sup>, Mtro. Carlos García Malo Flores<sup>2</sup> y  
Luis Antonio Aceves Argueta<sup>3</sup>

**Resumen**—El aprendizaje de contenidos relacionados con procesos de análisis matemático suele ser complicado para una gran parte de los estudiantes a nivel superior, por lo que con frecuencia el tiempo de clase resulta insuficiente para garantizar un aprendizaje sólido. Este es el caso de los temas referentes al *análisis y diseño estructural* en la formación de arquitectos en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco en la Ciudad de México. Esta situación se ha reflejado en los índices de reprobación de dichas asignaturas, es por ello que un grupo de profesores hemos diseñado y habilitado un aula virtual que hemos denominado *Aula Extendida*, la cual se basa en el desarrollo de materiales multimedia, específicamente videos con el propósito de reforzar los aprendizajes impartidos en clase. Literalmente se trata de “extender el aula de clases” a través de un entorno virtual que enriquece la experiencia de aprendizaje al incluir modelos físicos y digitales que promueven la comprensión del comportamiento de los sistemas estructurales. En este trabajo presentamos una segunda evaluación de los resultados obtenidos hasta el momento. Para ello hemos recurrido a dos instrumentos: una encuesta de opción múltiple utilizando la escala de Likert y, un estudio estadístico comparativo entre índices de aprobación-reprobación observados durante el periodo de 2010 a 2015 y los observados durante el periodo de 2018 al primer trimestre de 2019. Los resultados muestran un evidente incremento en dichos indicadores y un alto nivel de aceptación del “Aula Extendida” por parte de los alumnos.

**Palabras clave**— Video tutoriales, aprendizaje virtual, aprendizaje cognitivo, aula paralela, *b-learning*, Aula Extendida, Aula Invertida.

## Introducción

Ante una sociedad que se transforma con gran velocidad, la demanda de aprendizajes más profundos y significativos es una realidad, es decir, educar para la comprensión, como señala Pogré (2001). Los conocimientos técnicos pierden vigencia con gran rapidez, mientras que las habilidades para identificar, plantear y resolver problemas siguen siendo valoradas. Es por ello que debemos promover el aprendizaje de una manera más efectiva, así como impulsar el desarrollo de habilidades para pensar. Este tipo de procesos cognitivos, sin embargo, difícilmente pueden desarrollarse dentro de los límites de tiempo y espacio que implica una clase presencial.

Por otro lado, existen contenidos escolares que, debido a su propio nivel de complejidad requieren atención especial. Ese es el caso de los cursos enfocados en la enseñanza del *análisis y diseño* estructural de las edificaciones en la formación de arquitectos e ingenieros. Los conceptos relacionados a dichos contenidos demandan procesos cognitivos complejos y una actitud comprometida por parte de los alumnos. Sin embargo, aun cuando exista la firme convicción de los estudiantes por comprender y aplicar correctamente los procedimientos correspondientes, el tiempo de clase y el uso de sus apuntes no suele ser suficiente. Este hecho se refleja en los índices de reprobación los cuales en promedio han sido superiores al 35% en nuestra institución (Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco).

Atendiendo la problemática planteada, un grupo de profesores desarrollamos lo que hemos denominado “Aula Extendida” basada en videos tutoriales y otros materiales didácticos para reforzar y *extender* la experiencia de aprendizaje. Aquí presentamos los avances luego de tres trimestres de iniciado el proyecto, los cuales acusan una breve mejoría en el desempeño regular y un incremento más notorio en las evaluaciones de recuperación.

<sup>1</sup> Dr. Miguel Ángel Herrera Batista es Profesor-Investigador de Arquitectura en la Universidad Autónoma metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México. [mherrerabatista@gmail.com](mailto:mherrerabatista@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Mtro Mtro. Carlos García Malo Flores es Profesor-Investigador de Arquitectura en la Universidad Autónoma metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México. [cagf@correo.azc.uam.mx](mailto:cagf@correo.azc.uam.mx)

<sup>3</sup> Mtro. Luis Antonio Aceves Argueta es Profesor-Investigador de Diseño Gráfico en la Universidad Autónoma metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México. [luireed@hotmail.com](mailto:luireed@hotmail.com)

## Antecedentes

Una responsabilidad fundamental de arquitectos, ingenieros y constructores en general es garantizar la estabilidad de las edificaciones para ofrecer seguridad e integridad a los usuarios. Comprender el proceso de estructuración de las construcciones es básico desde las etapas iniciales de la formación de arquitectos. Lo mismo sucede dentro del ejercicio profesional pues la aplicación de criterios estructurales es fundamental desde las etapas tempranas del desarrollo del anteproyecto. El documento que presentamos a continuación reporta los avances alcanzados en una de las asignaturas (Estática) después del diseño y puesta en marcha de lo que hemos denominado “Aula Extendida”, la cual está enfocada en extender la experiencia de aprendizaje más allá del tiempo y espacio limitados por las clases presenciales. De esta manera, no se trata de un modelo a distancia o de educación virtual, tampoco del llamado *b-learning* en virtud de que no concebimos hoy una educación sin el apoyo de espacios virtuales que apoyen la formación impartida en el aula. Sin embargo, es fundamental que los proyectos educativos que utilizan la tecnología tengan un sustento didáctico adecuado, basado en una clara idea de los procesos cognitivos vinculados al aprendizaje.

## Enfoque teórico de aprendizaje

El aprendizaje ha sido interpretado desde múltiples perspectivas a través de la historia. Desde Platón hasta nuestros días se ha intentado explicar el proceso de adquisición del conocimiento humano, sin embargo, podemos distinguir entre dos grandes categorías: aquellas que entienden el aprendizaje en términos de un cambio de conducta observable y medible como el conductismo (Skinner, 1953; Chace, 1951; Amsel, 1989), o el aprendizaje basado en competencias (Perrenoud, 2007; Denyer, 2007); y las que lo conciben como un cambio en las estructuras mentales como el cognoscitivismo, constructivismo y la teoría del *Procesamiento Humano de la Información* (Piaget, 1978; Lachman, 1979; Ferreiro, 1999; Bower, 2008; Karpicke, 2008), entre otros.

El proyecto denominado “Aula Extendida” parte de un enfoque cognitivo del aprendizaje y se apoya en la perspectiva del construccionismo, así como en la teoría del *Procesamiento Humano de la Información*. Desde dicha óptica el aprendizaje se concibe como un cambio en las estructuras mentales. Dichas estructuras corresponden a modelos creados por cada individuo a través de su experiencia y tienen como base el conocimiento previo<sup>4</sup>. Cada concepto se forma como resultado de la interacción del individuo con el medio natural y social. En este proceso intervienen, factores externos y factores internos que actúan sobre el aprendizaje. En este enfoque se considera que el procesamiento de la información, así como los cambios en las estructuras cognitivas constituyen la parte medular del aprendizaje y no la respuesta observable<sup>5</sup>. Desde esta perspectiva, las estructuras mentales no son inmutables, sino que van cambiando y haciéndose más complejas a través de las experiencias de aprendizaje.

Gran parte de lo que hoy se sabe con respecto al aprendizaje y los procesos de adquisición del conocimiento se sustenta en las aportaciones de Piaget. Como lo señala Ferreiro (1999, p. 84): “Piaget se ocupa de la parte nuclear, medular de los procesos de aprendizaje: los procesos de adquisición de conocimientos”. Piaget desarrolla toda su teoría teniendo como objeto de estudio la inteligencia humana y su función adaptativa. Considera que la inteligencia se manifiesta a través de la constante adaptación de los esquemas mentales del individuo a su ambiente. Dicha adaptación conduce al desarrollo cognitivo y al aprendizaje.

Piaget no considera, sin embargo, que el aprendizaje se motiva únicamente por el medio ambiente al cual debe adaptarse, sino más bien por un proceso denominado equilibración, que definió como una tendencia natural e innata del individuo para modificar sus esquemas mentales y dar coherencia al entorno percibido. El proceso de equilibración desencadena a su vez otros dos procesos complementarios entre sí: *asimilación* y *acomodación*. No se concibe la *asimilación* sin *acomodación* ni la *acomodación* sin *asimilación*.

Específicamente Piaget consideró que la inteligencia<sup>6</sup> tiene una doble función: la adaptación y la organización. La adaptación se refiere al proceso a través del cual se adquiere el equilibrio entre la *asimilación* y la *acomodación*.

<sup>4</sup> La importancia del *conocimiento previo* ha sido destacada por Ausubel (1963) en su trabajo sobre *aprendizaje significativo*, así como por Brunner en su trabajo sobre *aprendizaje por descubrimiento* (1961). Actualmente se sigue reconociendo su importancia Vadillo y Klingler (2004, p. 41), por ejemplo, definen el aprendizaje como un proceso dual en donde “el aprendizaje previo influye en el nuevo”.

<sup>5</sup> Esto no significa, sin embargo, que el enfoque cognitivo no tome en cuenta la conducta observable, sino que ésta se explica como una manifestación externa de los cambios experimentados en las estructuras internas.

<sup>6</sup> Piaget entendía la inteligencia como un proceso de naturaleza biológica. Para él el ser humano es un organismo vivo que llega al mundo con una herencia biológica, que afecta a la inteligencia. Por una parte, las estructuras biológicas limitan aquello que podemos percibir, y por otra hacen posible el progreso intelectual. (Ferreiro 1999)

La organización es la función que permite ordenar y reestructurar la información en los elementos internos de la inteligencia (esquemas y estructuras). “Hay, por lo tanto, dos formas diferentes de actividad: una, el proceso de entrada de la información (adaptación); otra, el proceso de su estructuración (organización)”, (Araújo y Chadwick 1993: 67).

*La asimilación* tiene lugar cuando una persona interpreta una nueva experiencia y trata de ajustarla a sus estructuras conceptuales previas. En otras palabras, es la integración de elementos exteriores a dichas estructuras, es decir, "No se ha creado un nuevo esquema, sino que se ha usado uno anterior para comprender la información" (Arancibia, 1999: 77).

*La acomodación* ocurre cuando una persona modifica sus estructuras conceptuales previas para responder o adaptarlas a una nueva situación. "Ajustamos nuestro pensamiento para adecuarlo a la nueva información"<sup>7</sup> (Woolfolk, 1995: 31). La acomodación no sólo implica una modificación de los esquemas previos, sino también una asimilación nueva o una reinterpretación de los conocimientos previos en función de los esquemas recientemente contruidos.

Estos dos procesos explican el continuo cambio de las estructuras mentales del individuo. "Cuando el sujeto aprende, lo hace modificando activamente sus esquemas, a través de las experiencias, o bien, transfiriendo esquemas ya existentes a situaciones nuevas, por lo cual la naturaleza del aprendizaje va a depender de lo que el sujeto ya posee" (Arancibia, 1999: 78).

Por otro lado, de acuerdo con la postura piagetiana, el mundo carece de significados propios, son los individuos quienes proyectan los significados ante una realidad ambigua por sí misma. Piaget pensaba que los estímulos del ambiente no proveen un significado por sí mismos, sino que es el hombre quien actúa sobre el entorno para dotarlo de sentido y coherencia. Desde la teoría de Piaget se infiere que los procesos de aprendizaje pueden ser estimulados a través de una relación exterior-interior. En este sentido, hemos considerado exponer al estudiante a diversos estímulos externos que son:

- a) *Explicación en clase presencial*. En donde se le estimula a partir del planteamiento de preguntas retadoras
- b) *Reforzamiento fuera de clase*. A través de videos tutoriales desarrollados de exprofeso.
- c) *Desafío al estudiante a través de problemas propuestos*. Esto se hace a partir de problemarios que deben resolver y entregar.
- d) *Reforzamiento de la teoría*. Esto se realiza a partir de la utilización de modelos estructurales diseñados para mostrar el comportamiento de las estructuras al ser sometidas a la acción de fuerzas externas.
- e) *Reforzamiento del autoaprendizaje*. Para ello se presentan modelos digitales desarrollados a través de software especializado en el análisis estructural, con lo cual los alumnos pueden plantear sus propios problemas y verificar sus resultados.

Con este tipo de apoyos didácticos los alumnos tienen la oportunidad de fortalecer su aprendizaje a partir del procesamiento múltiple de la información y establecer un diálogo interno que conduce al aprendizaje, tal como se muestra en la siguiente imagen:

---

<sup>7</sup> "We adjust our thinking to fit the new information". Traducido del texto en inglés *Educational Psychology*, de Anita Woolfolk (1995: 31), referido en la bibliografía.

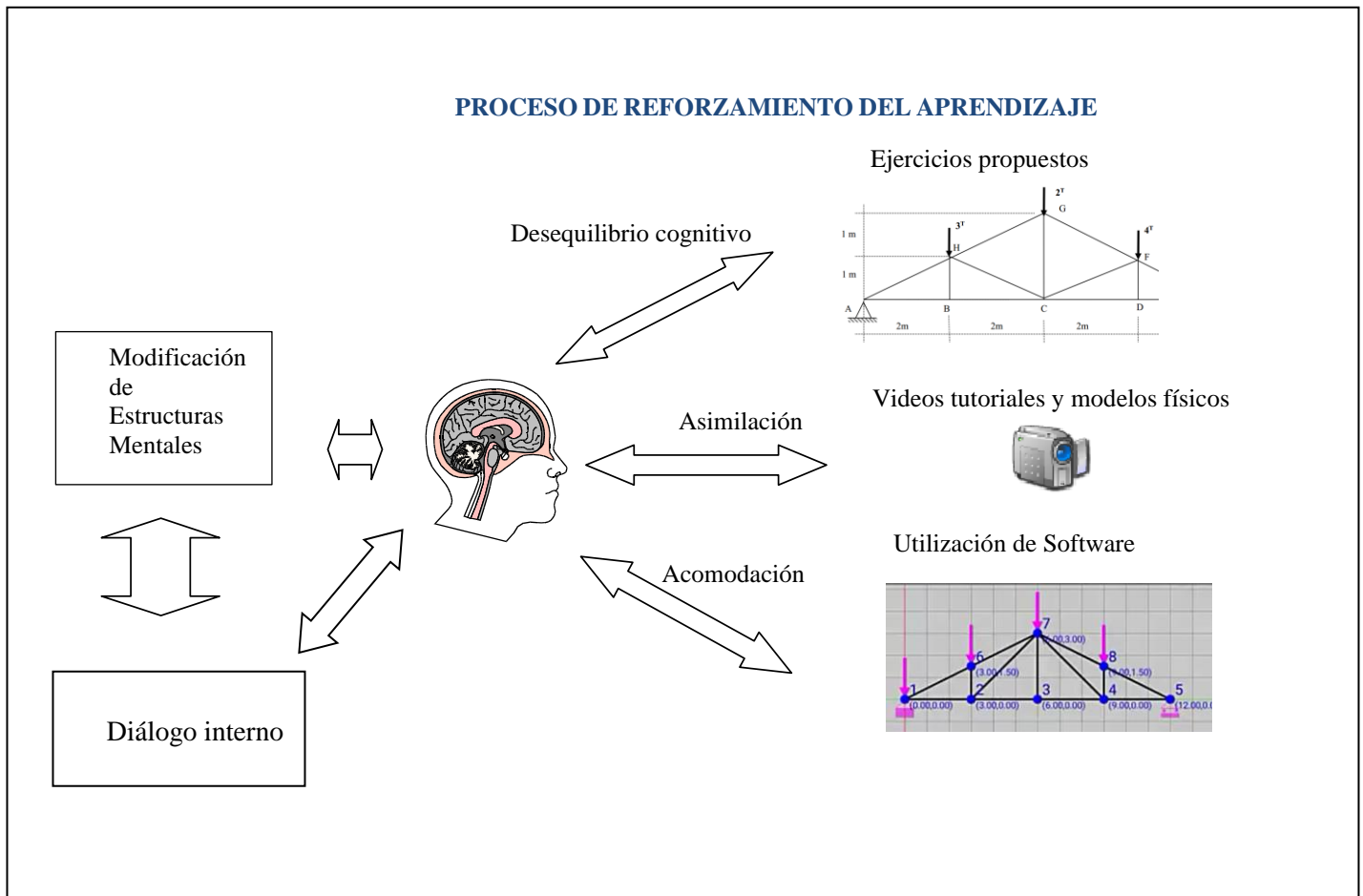


Figura 1 Proceso de reforzamiento de aprendizaje

El acceso a los materiales sigue disponible aun después de concluido el curso, pues consideramos que la asimilación y acomodación conforman un proceso heurístico inacabado, en que la *equilibración* no es permanente, sino temporal. Dicho proceso es iterativo por lo que puede reiniciarse y propiciar nuevos conocimientos para el aprendiz. Creemos que, al ir avanzando en sus estudios y modificando su conocimiento previo, el repaso de temas anteriores, junto con los nuevos conocimientos les permitirá un mejor entendimiento del comportamiento de las estructuras y los procesos de análisis.

En el proceso de adquisición del conocimiento “hay continuidad funcional con discontinuidad estructural...los instrumentos de adquisición de conocimiento –que garantizan esta continuidad funcional– son los mismos: asimilación de los objetos o eventos a los esquemas o a las estructuras anteriores del sujeto y acomodación de esos esquemas o estructuras en función del objeto que se habrá de asimilar” (Ferreiro, 1999: 86). Además de describir los procesos de adquisición del conocimiento Piaget destacaba que la asimilación se realiza mediante la acción del sujeto sobre el objeto. Pero los términos “acción” y “objeto” no se refieren únicamente a aspectos materiales.

Se puede afirmar que el aprendizaje es algo más que la contemplación y la recepción de información; es un proceso constructivo e interactivo basado en la acción. Todo conocimiento implica dos partes: una entidad informativa (que provee información) y, el aprendiz (que provee una estructura cognitiva). Sin embargo, la coexistencia de ambas partes (el aprendiz y la entidad informativa) no es suficiente. Es necesaria la interacción o el diálogo dado entre el aprendiz y la entidad o fuente de información. Es por ello que el proyecto incluye una serie de problemarios a resolver por arte del alumno.

estrategias o técnicas didácticas, sin embargo, lo más importante es tener presente que el aprendizaje cognitivo sólo es posible provocando tensión o desequilibrio entre las estructuras mentales (o intelectuales) del individuo.

### Descripción del Aula Extendida

El Aula Extendida, tal como lo hemos explicado, tiene como finalidad extender la experiencia de aprendizaje más allá del tiempo y espacio del aula y la clase presencial. Es por ello que las características básicas son:

- a) *Es paralela al aula presencial.* Esto significa que cubre todos y cada uno de los contenidos impartidos en clase; tanto ejercicios, como explicaciones teóricas.
- b) *Extiende la experiencia más allá del tiempo y espacio del aula presencia.* Esto es porque se presentan videos tutoriales centrados tanto en aspectos prácticos y de aplicación a través de ejercicios resueltos paso a paso como fundamentos teóricos en donde se utilizan con frecuencia modelos estructurales físicos o digitales que permiten comprender mejor los conceptos relacionados con los temas.
- c) *Tiene ubicuidad.* El aula extendida se presenta en versiones universales para ser accesada a través de dispositivos móviles o fijos con acceso a internet. Es decir que funciona bajo ambiente Windows, IOS, Android, etc. Esto facilita el acceso y permite a los alumnos aprovechar su tiempo de traslado en transporte público hacia o desde la Universidad, el cual puede ser a veces superior a 2 hrs. Además, el acceso al aula permanece abierto aun después de haber cursado el programa correspondiente. La idea es reforzar el aprendizaje de los temas subsecuentes mediante la oportunidad de regresar a los aspectos y factores previamente vistos.

### Diseño de la investigación

Una vez desarrollada y habilitada el Aula Extendida, el aula ha estado atendiendo hasta el momento a cinco grupos correspondientes al curso de Estática y tres grupos correspondientes al curso de Resistencia de materiales. Aquí se presentan por el momento sólo los resultados correspondientes al curso de Estática.

Para evaluar los resultados se utilizaron dos medios:

1. Un análisis comparativo de los índices de aprobación históricos correspondientes a la asignatura entre los años 2010 a 2015 y los grupos con acceso al Aula Extendida.
2. Una encuesta en línea a todos los participantes en el proyecto



Las condiciones en las que se llevó a cabo la recolección de datos, así como los resultados obtenidos se especifican a continuación.

### 1. Análisis cualitativo: comparación entre los índices de aprobación

#### 1.1 Índices de aprobación

Como se señaló, el índice de aprobación histórico entre 2010 y 2015 se calculó considerando todos los grupos que cursaron con el mismo profesor y el mismo horario. En este caso fueron 12 grupos evaluados durante dicho periodo en mismo horario y mismo profesor. La media de aprobación de dichos grupos se muestra en la siguiente tabla:

|    | Asignatura                                  | Grupo/horario | Evaluación | Trimestre | Número de Alumnos | Índice de aprobación |
|----|---|---------------|------------|-----------|-------------------|----------------------|
| 1  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 10I       | 25                | 68.00                |
| 2  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 10O       | 29                | 86.21                |
| 3  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 11I       | 30                | 76.67                |
| 4  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 11O       | 31                | 41.94                |
| 5  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 12I       | 27                | 59.26                |
| 6  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 12O       | 29                | 68.97                |
| 7  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 13I       | 22                | 36.36                |
| 8  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 13O       | 27                | 55.56                |
| 9  | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 14I       | 23                | 69.57                |
| 10 | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 14O       | 27                | 55.56                |
| 11 | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 15I       | 24                | 79.17                |
| 12 | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica) | DEA51         | Global     | 15O       | 22                | 86.36                |
|    | <b>Media de aprobación total</b>            |               |            |           |                   | <b>65.19</b>         |

Fig. 2. Índice histórico de aprobación de 2010 a 2015 de la misma asignatura, mismo horario y mismo profesor, sin apoyo del Aula Extendida.

|   | Asignatura  | Grupo/horario | Evaluación | Trimestre | Alumnos Inscritos | Índice de aprobación |
|---|---|---------------|------------|-----------|-------------------|----------------------|
| 1 | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica)           | DEA51         | Global     | 18I       | 30                | 76.66                |
| 2 | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica)           | DEA51         | Global     | 18P       | 29                | 86.20                |
| 3 | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica)           | DEA51         | Global     | 18O       | 30                | 90.62                |
| 4 | Matemáticas y física aplicadas I (Estatica)           | DEA51         | Global     | 19I       | 27                | 88.88                |
|   | <b>Media de aprobación total en evaluación global</b> |               |            |           |                   | <b>85.59</b>         |

Fig. 3. Índice de aprobación de 2018 a 2019 de la misma asignatura, mismo horario y mismo profesor, con apoyo del Aula Extendida.



Figura 4. Comparación entre los índices de aprobación con y son acceso al Aula Extendida

Siempre que se brindan más opciones y recursos didácticos de manera planificada se puede espera mejoras en el desempeño de los alumnos, sin embargo, es necesario evaluar el impacto obtenido. En este caso, no obstante que el avance en torno al índice de aprobación, es notorio, los resultados no pueden considerarse concluyentes debido a las limitaciones del muestreo. El análisis realizado consistió en contrastar los índices de aprobación entre la muestra control (grupos que no tuvieron acceso al Aula Extendida) y la muestra experimental (grupos con acceso al Aula Extendida). El número de alumnos que cursaron la asignatura con mismo profesor y mismo horario durante el periodo 2010 a 2015 fue de 316, mientras que el número de alumnos en el periodo 2018 a 2019 fue de 116. Se hizo la comparación sólo considerando grupos en condiciones similares.

## 2. La encuesta

Con el propósito de evaluar el impacto basado en la percepción de los alumnos participantes se realizó una encuesta en línea. Se utilizó la herramienta de Google (*docs google forms*), diseñada para el diseño y aplicación de encuestas. La encuesta se habilitó durante las dos últimas semanas de clase y antes del examen global.

El instrumento constó de 8 preguntas en total. Una preliminar con tres opciones de respuesta, cinco más utilizando la escala numérica para evaluar el grado de satisfacción con respecto al Aula Extendida y sus materiales y, finalmente una pregunta abierta sobre recomendaciones para mejorar su experiencia con respecto al aula virtual.

### 2.1 Las preguntas fueron:

**a) Con qué frecuencia revisaste los videos**

Nunca                      Una o dos veces por semana                      Más de dos veces por semana

**b) En una escala de 1 a 5 en donde 5 es el valor máximo**

1. ¿Cómo calificas el diseño y la facilidad de uso del aula virtual (Google Classroom)?
2. ¿Cómo calificas el aula virtual (Google Classroom) como recurso para apoyar tu aprendizaje?
3. ¿Cómo calificas el nivel de utilidad de los videos para reforzar tu aprendizaje?
4. ¿Cómo calificarías la calidad de los videos?
5. En general ¿Cómo calificas tu experiencia en el uso de los videos?

**c) ¿Cómo podría mejorarse tu experiencia con respecto al proyecto?**

Con el propósito de que los alumnos pudieran responder con libertad, el cuestionario se realizó de manera anónima, es decir, sin que hubiese forma de comprobar la identidad de los participantes. Es por ello que el cuestionario no se respondió directamente en el Aula Extendida. Si bien se insistió mucho sobre la importancia de su participación, sólo 7 de los 27 alumnos contestaron la encuesta, lo que representa el 25.9%. Aun así, los resultados fueron:

- a) Con respecto a la frecuencia con que revisaron los videos, el total de los alumnos revisó los videos y más del 70% lo hizo más de dos veces por semana. Tal como se muestra en la gráfica

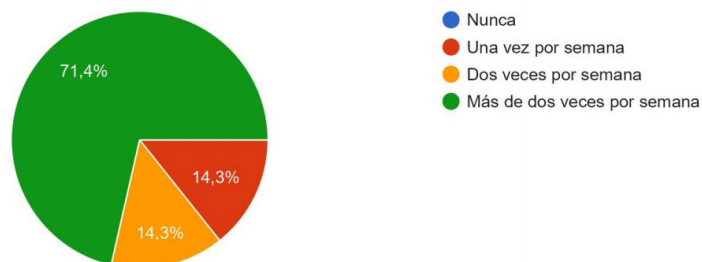


Fig. 5 Frecuencia con la que los alumnos revisaron los videos

- a) Con relación a las preguntas relacionadas con el nivel de satisfacción y utilidad tanto del aula virtual como de los materiales didácticos los resultados fueron:

1. *Facilidad de uso del aula virtual (Google Classroom)* En esta pregunta el 85.7% (6 de 7 alumnos) otorgó la máxima evaluación al aula virtual en función de su facilidad de uso (usabilidad)
2. *Utilidad del Aula.* El 100% de los alumnos evaluó con el puntaje máximo la utilidad del aula virtual.
3. *Utilidad de los videos.* Aquí el 85.7% otorgó el máximo valor y el restante le otorgó 4 puntos de 5 posibles.
4. *Calidad de los videos.* Aquí es donde se registró mayor variabilidad. El 57% consideró que los videos tenían excelente calidad, el 28.6 % los consideró buena calidad y el resto 14.4% los consideró que la calidad de los videos era regular.
5. *Experiencia de la experiencia.* En esta pregunta, el 71.4% de los alumnos calificó de excelente su experiencia de aprendizaje en el Aula Extendida mientras que el resto 28.6% dijo que era buena.

- b) ¿Cómo podría mejorarse tu experiencia con respecto al proyecto?

Con respecto a esta pregunta abierta, los comentarios generalmente fueron favorables, sin embargo, las recomendaciones fueron en el sentido de incrementar el número de videos con más ejercicios y ejemplos.

Adicionalmente se identificaron dos categorías de comentarios en la pregunta abierta. Algunos destacaron la importancia de los videos para repasar conceptos y procedimientos vistos en clase. En ese caso servía como un mecanismo para recordar algunos conceptos ya comprendidos.

Por otro lado, también hubo quienes señalaron que los videos les permitieron suplir ciertas sesiones a las que, por diversos motivos, no habían asistido o habían llegado tarde. Aunque, finalmente los videos resultaron útiles en ambos casos, es menester señalar que la actividad cognitiva no era la misma.

Si bien, los comentarios siempre fueron en el sentido de que el Aula Extendida les resultó de gran utilidad, es claro que, nuevamente los resultados no pueden considerarse concluyentes toda vez que, por una parte, el número de alumnos participantes fue muy reducido. Por otro lado, aunque la encuesta fue anónima es claro que la relación entre el docente y los alumnos dada en el aula presencial constituye una variable extraña difícil de evaluar.

## Conclusiones

Hoy en día nadie duda del potencial de los recursos tecnológicos cuando son aplicados en favor del aprendizaje. En especial muchos autores han destacado el potencial del video y otros materiales multimedia en el aprendizaje (Mayer, 2005; Koumi, 2006; Brecht, 2012). Sin embargo, la incorporación de dichos medios a la educación no necesariamente garantiza un aprendizaje significativo si no se hace desde una perspectiva cognitiva, que dé fundamento a la propuesta pedagógica. En nuestro caso, tomando en cuenta los retos de aprendizaje derivado del tipo de contenidos que pretendemos propiciar en los alumnos, hemos orientado nuestra propuesta en un enfoque constructivista a través del procesamiento múltiple de la información o cognición flexible (Spiro, 1998), así como en el aprendizaje centrado en procesos.

Es un hecho que la educación, en todos los niveles y especialidades no puede abstraerse ya al uso de las herramientas tecnológicas. Hoy en día, todo alumno que no reciba una formación apoyada en medios digitales se encuentra marginado. La labor de los docentes no puede prescindir del potencial de las herramientas tecnológicas. Ha llegado el tiempo en que los profesores no sólo podemos usar la tecnología (Burns, 2013) sino que debemos usarla en nuestra práctica; pero deben incorporarse bajo estrategias didácticas sustentadas en teorías de aprendizaje. Comprender los procesos cognitivos mediante los que el aprendizaje se hace posible es el punto de partida para todo proyecto educativo.

En nuestro caso, se desarrolló el Aula Extendida bajo los criterios y las condiciones aquí planteados, es decir, desde una perspectiva cognitiva del aprendizaje; propiciando el procesamiento múltiple de la información a través de modelos matemáticos, modelos físicos y digitales. Los resultados, si bien no son concluyentes debido a las limitaciones del muestreo y a las condiciones en las que se llevó a cabo la recolección de los datos, sí nos alientan a seguir enriqueciendo el proyecto y replicando el aula hacia otros contenidos.

## Referencias bibliográficas

- Amsel, Abram (1989) *Behaviorism, Neobehaviorism, and Cognitivism in Learning Theory: Historical and Contemporary Perspectives*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Arancibia, V., Herrera P., Strasser K., (1999) *Psicología de la educación*. Ciudad de México: Editorial Alfaomega.
- Araújo, J., Chadwick, C., (1993) *Tecnología educacional: Teorías de instrucción*. Quito Ecuador: Editorial Paidós.
- Bower, G. H. (2008) The evolution of a cognitive psychologist: a journey from simple behaviors to complex mental acts. *Annual Review of Psychology*, 59, 1–27.
- Brecht, H. David (2012) Learning from Online Video Lectures, *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, Volume 11. Sacramento CA: California State University
- Burns Mary (2013) ¡Sí, podemos! Cómo usar la Tecnología para Mejorar el Aprendizaje del Estudiante, en Red *Interamericana de Educación Docente*, España.
- Ferreiro, E., (1999) Vigencia de Jean Piaget, Ed. Siglo XXI, México.
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L., III. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319, 966–968.
- Koumi, Jack (2006) *Designing Video and Multimedia for Open and Flexible Learning*, New York: Routledge press, Taylor & Francis Group
- Lachman, R., Lachman, J. L., & Butterfield, E. C. (1979). *Cognitive psychology and information processing: An introduction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Perrenoud, Ph. (2007). Diez nuevas competencias para enseñar. Cuarta edición. Barcelona. Graó.

- Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas Problema central del desarrollo*. Ciudad de México: Siglo XXI Editores.
- Pogré, P. (2001) Enseñanza para la comprensión: Un marco para innovar en la intervención didáctica, en *Escuelas del futuro II: Cómo planifican las escuelas que innovan*, de Aguerro Inés y colaboradoras, Argentina: Editorial Papers.
- Skinner, B. F. (1953) *Science and Human Behavior*, New York: Macmillan
- Spiro, Rand J.; And Others (1988), *Cognitive Flexibility Theory: Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains*, Southern Illinois University School of Medicine.
- Woolfolk, A., (1995) *Educational Psychology*, Ed. Allyn & Bacon, Ohio State.
- Yeung-Fang, W. (2001) *Does Technology Hinder or Enhance Learning and Teaching?* Hong Kong: Center for Enhanced Teaching and Learning (CELT) University of Science and Technology (HKUST)

# Cambios inducidos en la estructura de la $\alpha - Al_2O_3$ por la irradiación de iones de Al

M. en C. Lizbeth Herrera Colín<sup>1</sup>, Dr. Arturo García Bórquez<sup>2</sup> y  
Diego Iván Arce Gil<sup>3</sup>

**Resumen**—La irradiación de sólidos se ha convertido en una útil herramienta para estudiar los efectos de la irradiación en las propiedades de los materiales. En este trabajo se irradiaron muestras policristalinas de  $\alpha - Al_2O_3$  con iones de aluminio de 3.66 MeV y 1273 K, con una fluencia de  $1.6 \times 10^{17} \frac{Al^{2+}}{cm^2}$  y dosis de 80, 150, 250 y 290 dpa. Para evaluar las modificaciones, se empleó una muestra no irradiada denominada muestra control. La muestra control y las muestras irradiadas fueron caracterizadas por DRX de haz rasante.

Se observa que con respecto a la muestra control, disminuye la intensidad y se ensanchan todos los picos de difracción para las muestras irradiadas. El cálculo de la intensidad integrada para la reflexión 104 corrobora la disminución sistemática observada en la intensidad con respecto a la dosis. El cambio observado se interpreta como pérdida de la cristalinidad u orden atómico a largo alcance (amorfización).

**Palabras clave**—alúmina, amorfización, irradiación, haz rasante.

## Introducción

La alúmina es un material cerámico de color blanco opaco formado por la unión de iones de aluminio ( $Al^{3+}$ ) y oxígeno ( $O^{2-}$ ) con un enlace híbrido iónico-covalente, cuya fórmula es  $Al_2O_3$ . El carácter iónico de la alúmina le confiere gran estabilidad electrónica y alta estabilidad físico-química, el enlace mixto es además responsable de propiedades específicas, como alta dureza, rigidez, elevado punto de fusión, alta resistividad eléctrica y baja conductividad térmica. La alúmina presenta distintas fases sólidas polimorfas denominadas alúminas de transición, cuya estabilidad depende de la temperatura. La fase más cristalina y estable es la  $\alpha - Al_2O_3$ .

Desde hace algunos años, ha incrementado el interés en la investigación de los materiales cerámicos en la búsqueda de matrices inertes, la  $\alpha - Al_2O_3$  por ejemplo, se ha considerado como candidata para diversas aplicaciones en el desarrollo de los sistemas de energía de fusión, para lo cual, requiere mantener su integridad estructural en ambientes de irradiación continua a altas dosis, alta energía y alta temperatura; lo cual puede inducir esfuerzos muy grandes que afectan sus propiedades mecánicas. Para evaluar esto, la irradiación de sólidos con partículas energéticas se ha convertido en un método muy conveniente para estudiar los efectos en las propiedades de los materiales asociados con la irradiación, los estudios van desde la determinación del daño producido por la irradiación hasta la aplicación de los cambios inducidos para mejorar deliberada y controladamente propiedades específicas en los materiales.

La irradiación con partículas energéticas produce defectos en la red cuya acumulación induce amorfización en los cerámicos aislantes, estudios previos en la alúmina presentan que la irradiación de iones puede cambiar la microestructura del material, en algunos casos transformando alúmina amorfa a cristalina (Sklad, McCallum, McHargue, & White, 1990), (Nakao, et al., 2002); o bien, induciendo amorfización con altas fluencias (Abe, Yamamoto, & Naramoto, 1997), (Alves, 1998), (Wang, Wang, & Ewing, 2000) (Szenes, 2005). En el presente trabajo, se evalúa el efecto de la irradiación de iones de Al sobre alúmina policristalina empleando DRX de haz rasante.

## Procedimiento experimental

Se irradiaron muestras policristalinas de  $\alpha - Al_2O_3$  con dimensiones de  $10 \times 10 \times 0.6 \text{ mm}^3$ , los cortes se realizaron por electroerosión y no recibieron tratamiento alguno antes ni después de la irradiación. La incidencia del haz de iones fue perpendicular a la superficie de la muestra y a lo largo de su grosor. Los experimentos de irradiación se llevaron a cabo en un acelerador tipo Tandetron GIC en el IFF-FZJ, Alemania, se emplearon iones de Al de 3.66 MeV a una temperatura de 1273 K con fluencias de  $1.6 \times 10^{17} \frac{Al^{++}}{cm^2}$  y dosis de 80, 150, 250 y 290 dpa.

Con el fin de realizar los cálculos de dosis y comparaciones teóricas a escala atómica del comportamiento del material irradiado, se llevó a cabo la simulación detallada de las cascadas de daño con el programa SRIM-2013

<sup>1</sup> Lizbeth Herrera Colín es Profesora de Ciencias Básicas en la UPIIH-IPN, Hidalgo. [lherrerac@ipn.mx](mailto:lherrerac@ipn.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El Dr. Arturo García Bórquez es Profesor titular del Departamento de Física en la ESFM-IPN, Ciudad de México [borquez@esfm.ipn](mailto:borquez@esfm.ipn)

<sup>3</sup> Diego Iván Arce Gil es estudiante de la Ingeniería en Sistemas Automotrices en la UPIIH-IPN, Hidalgo. [darceg1700@alumno.ipn.mx](mailto:darceg1700@alumno.ipn.mx)

(Ziegler, Biersack, & Ziegler, 1989). Para caracterizar las modificaciones microestructurales, se empleó un Difractómetro D8 Discover, marca Bruker AXS, con un espejo de Göbel en el CIDS-BUAP. El equipo utiliza un tubo de rayos X con ánodo de Cu y detector de centelleo dinámico. Las mediciones se realizaron con un ángulo rasante de  $1^\circ$ .

### Resultados y discusión

El perfil de penetración de los iones que se muestra en la figura 1 muestra la distribución final de los iones una vez que se detienen en el interior del blanco. De esta figura se obtienen dos datos importantes, uno es el rango de los iones, es decir, la penetración de la mayoría de los iones. El otro viene del hecho de que la ordenada se fija de modo que multiplicándola por la fluencia del haz de iones en  $\text{átomos}/\text{cm}^2$ , la gráfica se lea directamente como una densidad de distribución en unidades de  $\text{átomos}/\text{cm}^3$ .

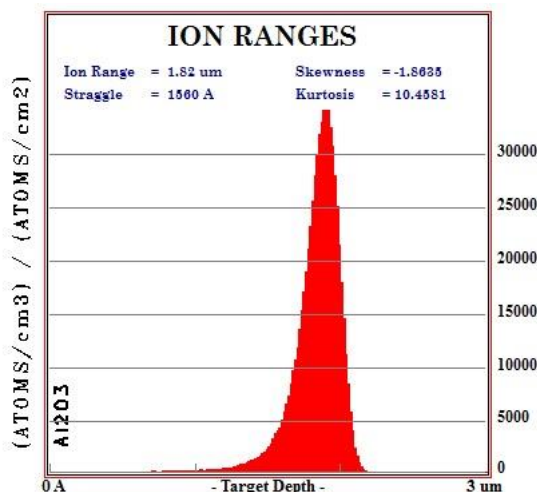


Figura 1. Perfil de la penetración de los iones.

El rango de los iones calcula el programa, que es de  $1.82 \mu\text{m}$ . Por otro lado, la lectura del rango de iones en el eje de las ordenadas es de  $34000 \frac{(\text{átomos}/\text{cm}^3)}{(\text{átomos}/\text{cm}^2)}$  y la fluencia de los iones implantados es  $\Phi = 1.6 \times 10^{17} \frac{\text{Al}^{2+}}{\text{cm}^2}$ , por lo tanto:

$$\left( 34000 \frac{(\text{átomos de Al}^{2+}/\text{cm}^3)}{(\text{átomos de Al}^{2+}/\text{cm}^2)} \right) \left( 1.6 \times 10^{17} \frac{\text{Al}^{2+}}{\text{cm}^2} \right) = 5.4 \times 10^{21} \frac{\text{átomos de Al}^{2+}}{\text{cm}^3}$$

Lo anterior indica que los iones se concentran a una profundidad de  $1.82 \mu\text{m}$  con una densidad de distribución de  $5.4 \times 10^{21} \frac{\text{átomos de Al}^{2+}}{\text{cm}^3}$ . A su vez, el programa permite obtener una proyección longitudinal que se muestra en la figura 2, que representa en tiempo real la trayectoria de los iones penetrando el material y el alcance de cada ión. Obsérvese que la profundidad máxima de penetración es de aproximadamente  $2.2 \mu\text{m}$ . Es debido a estos resultados, que se emplea difracción de rayos X de haz rasante con el objetivo de que la penetración del haz en la muestra sea mínima ( $0.36 \mu\text{m}$ ) y que la información obtenida sea de la superficie irradiada.

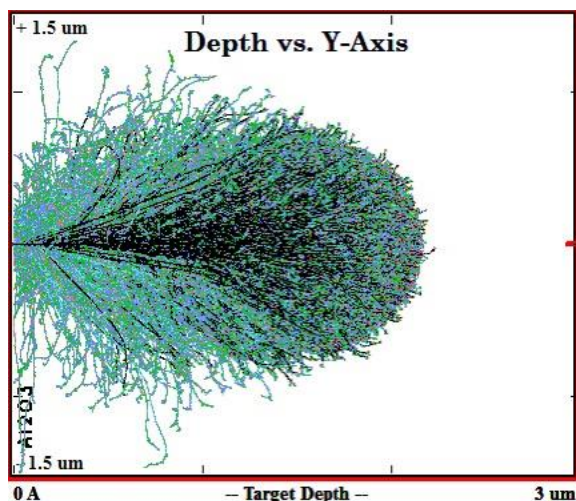


Figura 2. Proyección longitudinal de la distribución de los iones con la profundidad.

En la figura 3 se presenta la comparación entre el difractograma de la muestra control y cada una de las muestras irradiadas; en ellas puede observarse con claridad que con respecto a la muestra control, disminuye la intensidad y se ensanchan todos los picos de difracción para las muestras irradiadas.

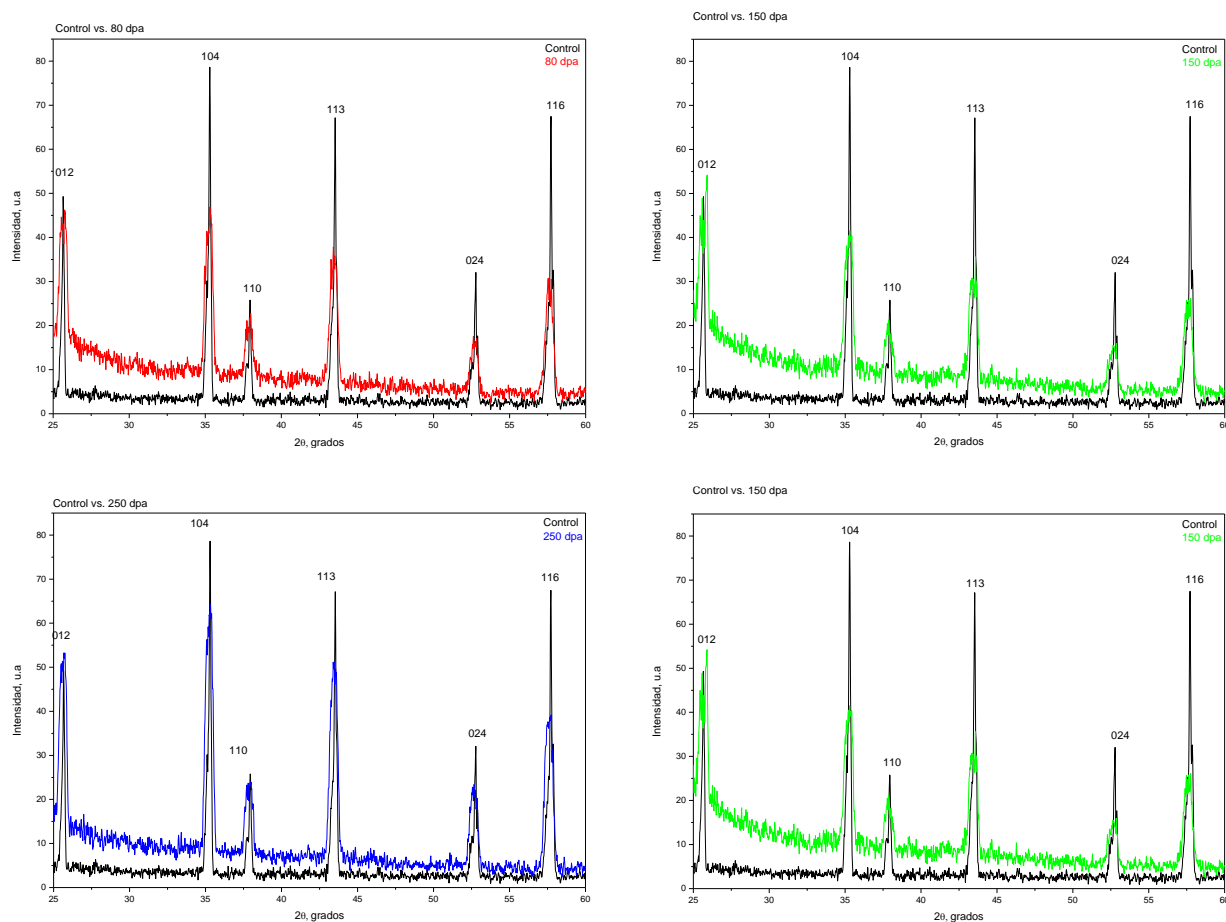


Figura 3. Comparación entre el difractograma de la muestra control (negro) y las muestras irradiadas.



Para corroborar que la disminución en la intensidad es sistemática con respecto al incremento de la dosis de irradiación, se calculó la intensidad integrada para la reflexión 104 que se muestra en la tabla 1.

| Dosis   | Intensidad integrada |
|---------|----------------------|
| 0 dpa   | 982.7                |
| 80 dpa  | 903.0                |
| 150 dpa | 898.6                |
| 250 dpa | 895.8                |

Tabla 2. Intensidad integrada con la dosis para la reflexión 104.

Se realizó un barrido a la muestra de 150 dpa en diferentes posiciones de la superficie de la muestra tal como se muestra en la figura 4b. En la figura 4a se comparan los difractogramas obtenidos del barrido realizado, en ellos se observan notorias diferencias entre los difractogramas de la zona no irradiada (A, B y F) y la zona irradiada (C, D y E). Puede apreciarse de nuevo la marcada disminución de la intensidad y el ensanchamiento de los picos de difracción en la zona irradiada, además de un ligero corrimiento de los picos a ángulos más altos. Puede observarse además, que los cambios más drásticos pertenecen al difractograma de la región D, que se localizó en la parte media de la zona irradiada. Nótese que los difractogramas en C, D, E y F tienen contribución de la zona no irradiada, debido a que el tamaño de rejilla utilizada (20 mm de largo) es más grande que el diámetro de la zona irradiada (6 mm). Además, el alargamiento del haz de incidencia por el bajo ángulo de incidencia debe también tomarse en consideración.

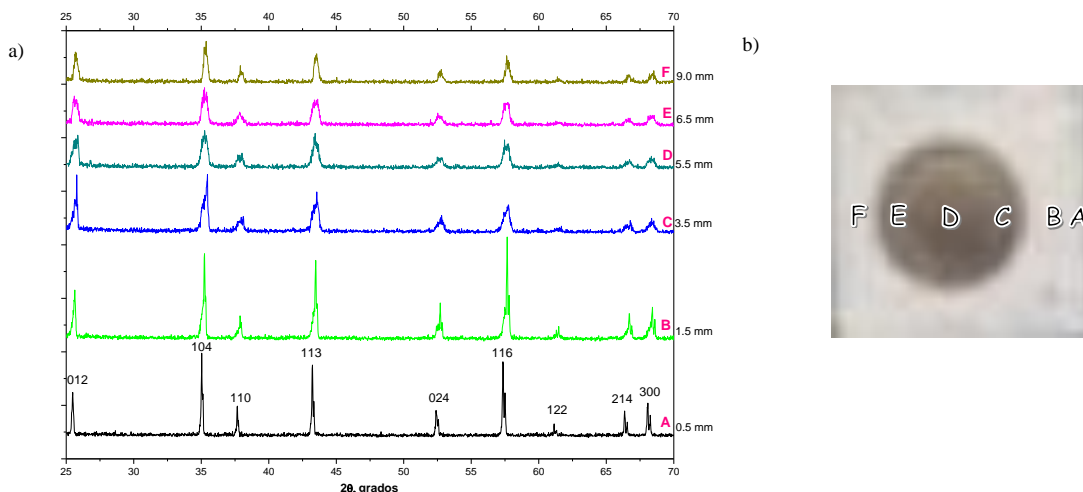


Figura 4. a) Difractogramas de rayos X dentro (E, D y C) y fuera de la zona irradiada (A, B y F).  
 b) Imagen digitalizada de la muestra de 150 dpa, mostrando las posiciones de los análisis en a).

Los cambios observados en los difractogramas de las muestras irradiadas (figura 3) y de las zonas irradiadas (figura 4) indican que se produjo una alteración en la red original. Se sabe que una muestra policristalina esta formada por una gran cantidad de cristales pequeños que adoptan aleatoriamente todas las orientaciones posibles y solo algunos planos hkl en algunos de los cristales estarán orientados en el ángulo de Bragg para la difracción, por lo que los planos con una distancia interplanar  $d_{hkl}$  dada difractan al mismo ángulo  $2\theta$  respecto al haz incidente, el corrimiento de los picos a ángulos mayores se relaciona con esfuerzos de tensión en la muestra, inducidos por la irradiación.

Por otra parte, la intensidad difractada es máxima al ángulo de Bragg exacto, pero se aprecia aún a ángulos con una ligera desviación del ángulo de Bragg y depende del número de cristales que se encuentren orientados en ese ángulo, por lo que la disminución sistemática en la intensidad observada es consistente con el cambio en la microestructura por la acumulación de defectos. El ensanchamiento de los picos puede ser resultado de cambios en el tamaño del cristal y de esfuerzos. En ausencia de tensiones se tiene una distancia interplanar  $d_0$ , si la muestra se somete a tensión no uniforme, habrá zonas con distancias interplanares mayores y menores que  $d_0$ , esto produce el ensanchamiento de los picos. El cambio observado se interpreta como pérdida de la cristalinidad u orden atómico a largo alcance, es decir, amorfización.

### Conclusiones

Se investigó el efecto de la irradiación de iones de Al de 3.66 MeV sobre  $\alpha - Al_2O_3$  policristalina empleando difracción de rayos X de haz rasante. El análisis indica que se producen defectos en la red cristalina cuya acumulación induce amorfización a fluencias de  $1.6 \times 10^{17} \frac{Al^{2+}}{cm^2}$ . Los cambios son sistemáticos e indican que la amorfización se debe a la presencia de esfuerzos no uniformes inducidos por la irradiación en las regiones irradiadas, por lo que el efecto de los iones implantados tiene un rol importante en la amorfización a altas temperaturas en la alumina. La amorfización en los cerámicos tiene interés práctico porque se sabe que afecta las propiedades físicas y mecánicas del material.

Se sabe que la estabilidad de las regiones amorfas está fuertemente influenciada por la cinética de los defectos puntuales (Abe, Yamamoto, & Naramoto, 1997), por lo cual se continuará con la evaluación del comportamiento de los centros de color para correlacionar los cambios en la microestructura con los cambios en las propiedades ópticas.

### Referencias

- Alves, E. (1998). Chemical effects on the amorphization of sapphire. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*(141), 353-357.
- Abe, H., Yamamoto, S., & Naramoto, H. (1997). Amorphization in aluminum oxide induced by ion irradiation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*(127-128), 170-175.
- Nakao, S., Jin, P., Xu, G., Ikeyama, M., Miyagawa, Y., & Miyagawa, S. (2002). Crystallization of amorphous alumina films induced by high energy ion irradiation. *Journal of Crystal Growth*(237-239), 580-585.
- Sklad, J. C., McCallum, J. C., McHargue, C. J., & White, C. W. (1990). The amorphous to gamma transformation in ion implanted Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*(46), 102-106.
- Szenes, G. (2005). Ion induced amorphization in ceramic materials. *Journal of Nuclear Materials*(336), 81-89.
- Wang, S. X., Wang, L. M., & Ewing, R. C. (2000). Irradiation Induce amorphization: effects of temperature, ion mass, cascade size, and dose rate. *Physical Review B*(63), 1-8.
- Ziegler, J. F., Biersack, J. P., & Ziegler, M. D. (1989). *The stopping and range of ions with matter*. Retrieved from SRIM: <http://www.srim.org>

# ESTILOS DE LIDERAZGO EFECTIVOS EN LOS CÍRCULOS DE ESTUDIO VIRTUALES (CEV)

Hurtado Orozco Laura<sup>1</sup>, Herrera Solís Mónica<sup>2</sup>

**Resumen**—Esta investigación se realizó bajo un enfoque cualitativo a fin de identificar los estilos de liderazgo desarrollados en los Círculos de Estudio Virtuales (CEV), basado en las recomendaciones de Fred Fielder en su Teoría del Liderazgo denominada “Teoría de Contingencias”, a fin de identificar las prácticas de liderazgo ideales para lograr los mejores resultados. El 67% de líderes en los CEV tienen un estilo de liderazgo orientado a las relaciones y el 33% restante, orientado a las tareas. Estos resultados combinados con la situación de contingencia expresada en tres dimensiones (relaciones líder miembro, estructura de la tarea y poder del puesto o posición) permitieron concluir que los líderes más eficaces para los CEV que se estudiaron, son aquellos que están orientados a las tareas derivado de la combinación de resultados obtenidos y la ubicados en la tabla de posibles situaciones del liderazgo propuesta por Fred Fielder.

**Palabras clave**—Círculos de Estudio Virtual (CEV), Liderazgo, Contingencias.

## Introducción

El propósito central del presente estudio consiste en determinar el estilo de liderazgo que sea más propicio en los Círculos de Estudio Virtuales.

Son muchos los autores que han querido explicar el fenómeno del liderazgo con el transcurso del tiempo Robbins (1999) nos refiere como enfoque básico sobre liderazgo las teorías de los rasgos, teorías conductuales, teorías de la contingencia, o teoría situacional entre otras. También señala temas contemporáneos de liderazgo como la teoría de las dimensiones de la confianza, liderazgo carismático, liderazgo transformacional, liderazgo visionario, etc. Gardner . (1999) nos habla también del liderazgo cognitivo, Covey (2002) nos habla de liderazgo centrado en principios.

Sin embargo de todas estas teorías, y no son todas las que existen, no hay precisiones que nos hablen de un método infalible para lograr el liderazgo.

Por este motivo en esta investigación hemos escogido estudiar el liderazgo desde el punto de vista del Modelo de Contingencia de Fred Fielder (2004), que propone distinguir entre los líderes orientados a las tareas y los líderes orientados a las relaciones. Posteriormente identificar la “situación” en la cual se ejerce el liderazgo para hacer corresponder los líderes y las situaciones. Si se logra esa correspondencia el liderazgo será exitoso.

## Revisión de la Literatura.

El liderazgo es un punto trascendental que toda institución -educativa debe tomar en cuenta y que de acuerdo con Kotter (1988) liderazgo efectivo es como el proceso de conducir a un grupo de personas en una determinada dirección por medios no coercitivos como se cita en Manes (2004, p. 57).

Esto es verdad si consideramos que ante todo tratamos con seres humanos, no con máquinas que ejecutan órdenes, ya que si manejamos “a las personas como si fueran todos capaces e inteligentes, y las dejamos actuar, ellas se comportarán exactamente de esa manera”. Carnegie (como se cita en Manes, 2004 p. 56).

Por tanto debido a la constante preocupación por desarrollar líderes efectivos a principios de 1951, Fred Fiedler (2004, p. 126) desarrolló el primer Modelo de Contingencia para el Liderazgo, a partir de la relación entre el rendimiento organizacional y las actitudes del Líder.

### *Modelo de Fiedler*

Robbins, S. (2004, p. 320) señala que el primer modelo de la contingencia del liderazgo es obra de Fred Fiedler . Este modelo señala que el desempeño eficaz de un grupo depende de la justa correspondencia entre el estilo del líder y el grado en el que la situación le da el control.

Fiedler cree que un factor clave en el éxito del líder es su estilo básico como individuo. Así, comenzó por tratar de averiguar cuál es ese estilo, para lo cual preparó el **cuestionario del compañero menos preferido (CMP)**,

<sup>1</sup> Master Laura Hurtado Orozco, Docente Investigadora en la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl, Estado de México. [lhurtadoipn@yahoo.com.mx](mailto:lhurtadoipn@yahoo.com.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Master Mónica Herrera Solís, Docente Investigadora en la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl, Estado de México [vientomhs@hotmail.com](mailto:vientomhs@hotmail.com)

mejor conocido por las siglas en inglés, que son **LPC** (*Least Preferred Co-worker*), escala que mide el grado de indulgencia con que el líder evalúa incluso al colaborador menos deseado.

Fiedler supone que el estilo de liderazgo es fijo. Por lo tanto si una situación requiere un líder orientado a las tareas y quien ocupa el cargo está orientado a las relaciones o a las personas, entonces se debe cambiar de líder o modificar la situación para obtener mejores resultados. Es decir se debe hacer corresponder el líder a la situación.

Adicionalmente, Fiedler argumenta que el tipo "correcto" de conducta del líder dependía de si la situación del grupo era favorable o desfavorable para él. Para tal circunstancia Fiedler señala tres dimensiones del líder

- **Relaciones Líder-Miembro.**- Calidad de las relaciones entre el líder y el grupo. Grado de confianza, confiabilidad y respeto que los subordinados tienen en su líder. Se mide por la aceptación que se haga de las personas, que se les tenga confianza y lo cálida y amistosa que sea la relación entre el líder y subordinados
- **Estructura de la Tarea.**- Grado en que la tarea se programa, se asigna y explica para que sea realizado el trabajo por medio de procedimientos establecidos. Claridad al establecer metas y objetivos, funciones y responsabilidades, especificando procedimientos.
- **Poder del Puesto o Posición.**- Grado en que el puesto o posición le permite al líder influir en sus subordinados para que se unan a él y acepten su dirección y liderazgo. Esta influencia se deriva de la posición en la estructura formal de la organización e incluye la autoridad para contratar, disciplinar, recompensar, castigar, promover o degradar y autorizar incrementos salariales.

*Correspondencia entre los líderes y la situación.*

Con lo que se conozca de los resultados de los CMP y las tres dimensiones anteriores, el modelo de Fiedler propone hacerlos corresponder para incrementar al máximo la eficacia del liderazgo.

Según explica Fiedler, cuando la situación es muy favorable o muy poco favorable, será apropiado tener un líder orientado al trabajo, pero cuando las dimensiones se mezclan y la situación es moderadamente favorable, entonces es más conveniente contar con un líder orientado a las relaciones, . Estos resultados se aprecian de mejor en el Cuadro 1.

|  |  |        |        |        |        |                           |                           |                           |                           |
|--|--|--------|--------|--------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>ESTILO DE LIDERAZGO (CMP)</b>               | Grupos con líderes orientados hacia las Relaciones (Ato Grado de LPC)tienen un desempeño mejor |        |        |        |        |                           |                           |                           |                           |
|  | Los grupos con líderes orientados a la Tarea (Grado Bajo de LPC) tienen un desempeño mejor     |        |        |        |        |                           |                           |                           |                           |
| <b>DIMENSIONES (SITUACION DE CONTINGENCIA)</b> | <b>Relaciones Líder Miembro</b>  | Buenas | Buenas | Buenas | Buenas | Moderadamente deficientes | Moderadamente deficientes | Moderadamente deficientes | Moderadamente deficientes |
|  | <b>Estructura de la Tarea</b>  | Alta   | Alta   | Baja   | Baja   | Alta                      | Alta                      | Baja                      | Baja                      |
|  | <b>Poder del puesto o posición</b>   | Fuerte | Débil  | Fuerte | Débil  | Fuerte                    | Débil                     | Fuerte                    | Débil                     |

Cuadro 1. Posibles Resultados de la Investigación de Situación en el Liderazgo según Fiedler.

*Circuitos de Estudio Virtuales (CEV)*

Hurtado, Herrera y Rivera, (2017) crearon los CEV para dar respuesta a la problemática generacional en los procesos de aprendizaje. Definen un CEV como “la técnica planificada donde se descubre y fomenta la creatividad, el liderazgo y la expresión en espacios digitales, convirtiendo a los participantes en actores principales de su propio aprendizaje”.

El ámbito de aplicación de los CEV hasta el momento son los espacios educativos de nivel superior.

*Metodología de operación de los CEV.*

Hurtado, Herrera y Rivera, (2017) diseñaron los lineamientos de operación de los CEV. El cuadro 2 muestra de manera resumida la metodología sugerida.

| <b>Metodología para la operación de Círculos de Estudio Virtuales (CEV)</b> |   |
|---|---|
| a) Requerimientos conductuales  | i) Asociación libre y voluntaria<br>ii) Meta común: el aprendizaje<br>iii) Establecer relaciones de confianza.<br>iv) Actitudes de tolerancia, autenticidad y cooperación<br>v) Intercambio intelectual y vivencial en varias áreas del conocimiento  |
| b) Requerimientos tecnológicos:   | i) Red de datos<br>ii) Dispositivos terminales: Tablets, Lap Top, Teléfono celular, Pantallas<br>iii) Herramientas de la web 2.0: Blogs, Wikis, Redes sociales, WhatsApp<br>iv) Plataformas educativas  |
| c) Requerimientos psicopedagógicos:   | i) Recursos educativos<br>ii) Técnicas participativas<br>iii) Reglas de participación que incluya roles, funciones de los participantes   |
| d) Desarrollo de las sesiones del CEV                                       | i) Establecer el clima de aprendizaje<br>ii) Iniciar la experiencia de aprendizaje<br>iii) Discutir y Reflexionar lecciones aprendidas del tema en consideración<br>iv) Discutir como los participantes podrían aplicar el aprendizaje (transferencia)<br>v) Conclusión y cierre de la sesión |
| e) Técnicas para el dialogo   | i) Rueda de ideas<br>ii) Grupos de conversación<br>iii) Entrevistas en tres pasos<br>iv) Debates críticos   |
| f) Técnicas de enseñanza recíproca  | i) Celdas de aprendizaje<br>ii) La pecera<br>iii) Juego de rol<br>iv) Crucigramas y rompecabezas de instrucción.  |

Cuadro 2. Elementos de la Metodología CEV (Hurtado, Herrera y Rivera, 2017)

### Descripción del Método

Esta investigación se desarrolló bajo el paradigma de investigación Cualitativa. Ruiz (2009) señala que el interés de este enfoque de investigación está orientado hacia el sujeto investigado, hacia el objeto investigado y hacia el desarrollo de ambas relaciones. Gutiérrez (2009) afirma que la investigación cualitativa consiste en descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, interacciones y comportamientos que son observables. Además incorpora lo que los participantes dicen, sus experiencias, actitudes, creencias, pensamientos y reflexiones.

Por las características de nuestra investigación aplicaremos el Método de encuesta. Señala Giroux (2004, p. 98) “el método de encuesta consiste en medir comportamientos, pensamientos o condiciones objetivas de la existencia de los participantes en una investigación a fin de establecer una o varias relaciones de asociación entre un fenómeno y sus determinantes”.

#### *Los instrumentos de la investigación*

A fin de determinar el Estilo de Liderazgo se aplicó el Cuestionario del Compañero Menos Preferido (CMP) propuesto por Fiedler (2004) mejor conocido por las siglas en inglés, que son LPC (Least Preferred Co-worker).

Este cuestionario consta de 16 adjetivos contrastantes por ejemplo: agradable-desagradable, eficiente-ineficiente, franco-reservado, amigable-hostil, etc. Fiedler confía en que basándose en las respuestas de quienes contestan el cuestionario, puede determinar su estilo de liderazgo.

Si el compañero menos preferido es descrito en términos relativamente buenos (un puntaje alto en CMP) el encuestado está interesado en tener buenas relaciones de trabajo con este compañero. En cambio, si el trabajador menos preferido se retrata con términos menos favorables (bajo puntaje en el CMP) el encuestado está más interesado en la productividad, por lo cual está orientado a las tareas.

El procedimiento que se llevó a cabo para la aplicación del CMP es el siguiente:

- Se pidió a todos los integrantes de los Círculos de Estudio Virtual que evaluaran con el CPM al líder de su equipo.
- Se calificó cada uno de los reactivos asignando una puntuación entre el 1 al 8, donde 8 es la puntuación más favorable de la escala.

- Se sumaron las puntuación de los 16 reactivos, y se calculó una calificación total. Fielder (2004 p. 90) señala que la interpretación de resultados se basará en la puntuación obtenida. El total de los reactivos del cuestionario sumaría 128 puntos. El punto medio se localiza en los 64 puntos. Cuando el candidato ha obtenido menos de 64 puntos la interpretación es que esta persona tiene un estilo de liderazgo orientado a las tareas. Cuando el candidato ha obtenido más de 64 puntos la interpretación es que su estilo de liderazgo está orientado a las personas.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

##### a) Determinación de Estilos de Liderazgo

Se aplicaron “Cuestionarios del Compañero menos Preferido (CPM)” en seis Círculos de Estudio Virtuales y los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.

| Grupo | Clave del Círculo de Estudio Virtual | Líder del Círculo de Estudio Virtual | Puntuación obtenida | Tipo de Liderazgo                |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| IC-16 | CEV-1                                | Juan Daniel Beltrán Coria            | 83                  | Líder orientado a las relaciones |
| IC-16 | CEV-2                                | Karla Jazmín Lázaro Cuevas           | 90                  | Líder orientado a las relaciones |
| IC-16 | CEV-3                                | Baltazar Castro Daniel               | 100                 | Líder orientado a las relaciones |
| IC-15 | CEV-4                                | Caroline Aguilar Corazón             | 37                  | Líder orientado a las tareas     |
| IC-15 | CEV-5                                | Alejandra Regalado Sandoval          | 53                  | Líder orientado a las tareas     |
| IC-15 | CEV-6                                | Bryan Serrano Molina                 | 73                  | Líder orientado a las relaciones |

Cuadro 3. Resultados de la aplicación de cuestionarios en la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl.

De acuerdo a lo anterior y ponderando los resultados se observa que en la el 33% de los líderes en Círculos de Estudio Virtuales tienen un estilo de liderazgo orientado a las tareas y el 67% restante tienen un estilo de liderazgo orientado a las relaciones.

##### b) Determinación de la Situación de Contingencia.

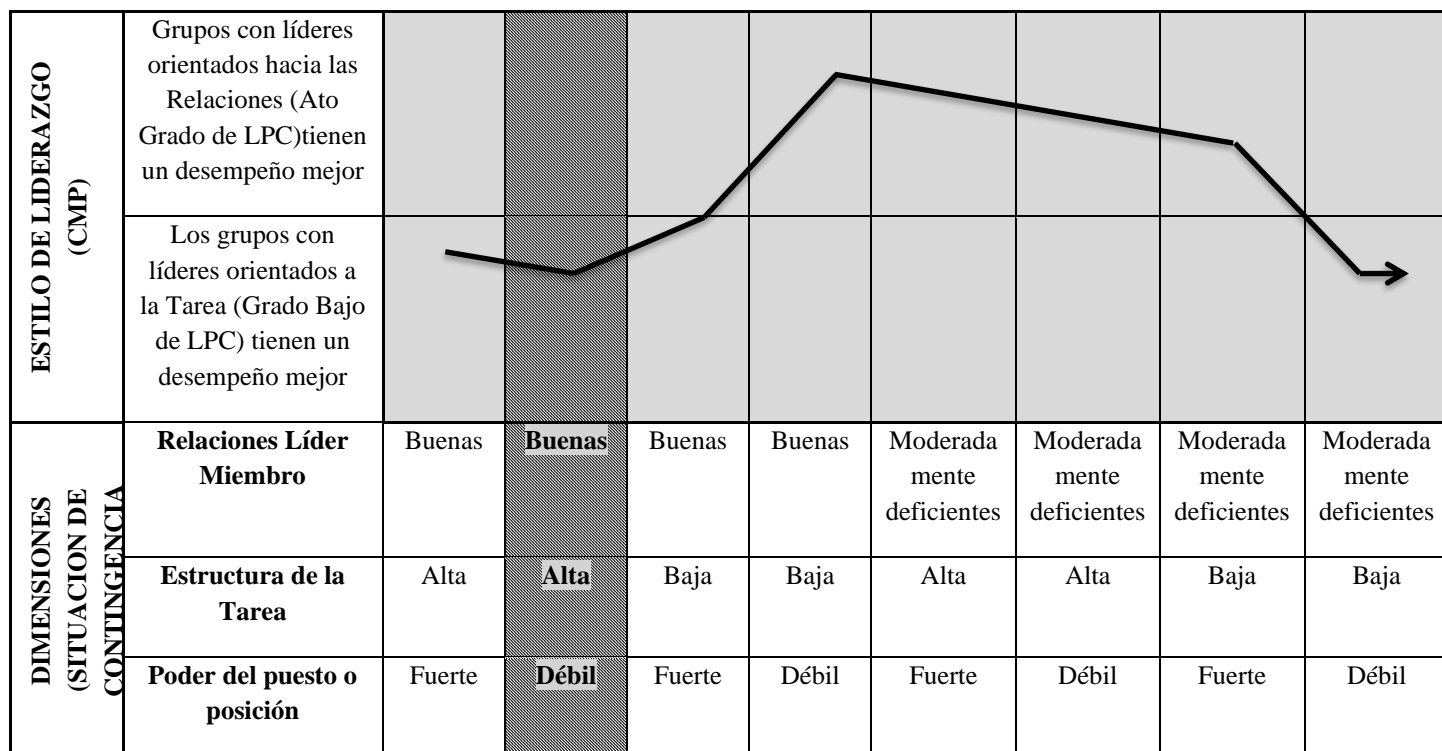
Para determinar la situación de Contingencia se analizaron tres dimensiones: La Relaciones Líder-Miembro, la Estructura de la Tarea y el Poder del Puesto o Posición.

La primera dimensión referida a “Las Relaciones Líder Miembro”, se determinó aplicando un cuestionario de opinión a los integrantes de los grupos en estudio. Los resultados demostraron que las relaciones entre líderes e integrantes de los CEV son de calidad, además de que existe respeto y aceptación entre ellos y se generó en una interacción amistosa y de confianza. Por lo que las relaciones entre los integrantes son *Buenas*.

La segunda dimensión que consiste en “La Estructura de la Tarea” se considera *Alta* porque la operación de los CEV está reglamentada y documentada en Reglas de Operación escritas y las tareas están programadas asignando metas y objetivos claramente definidos para todos los integrantes. Finalmente, la tercera dimensión que se refiere a definir “El Poder del Puesto o Posición” resultó *Débil* puesto que en los CEV no se establecen posiciones de autoridad de manera formal. El liderazgo se da por elección de los integrantes.

##### c) Identificación de la Situación de Liderazgo

En el Cuadro 4 se muestra gráficamente la combinación de los resultados de Estilos de Liderazgo identificados y las tres dimensiones que determinan la Situación de Contingencia, lo que representa que los mejores líderes para los CEV estudiados son aquellos orientados a la Tarea, lamentablemente solo el 33% de los líderes tienen ese estilo de liderazgo.



Cuadro 4. Resultados de Situación de Liderazgo en los CEV estudiados.

*Conclusiones*

El estilo de liderazgo que predominó en los CEV, según Fred Fielder, es el de liderazgo orientado a las relaciones con un 67% de los líderes.

El 33% de los líderes restantes sienten realización cuando logran y consiguen que las cosas y actividades se hagan, es decir conseguir que las tareas se cumplan.

Respecto a la situación de contingencia se encontró que las relaciones humanas son buenas, la estructura de la tarea es buena y el poder del puesto o posición es mala.

La combinación de los cuatro factores antes descritos nos indica que los mejores líderes para la situación de contingencia identificada son aquellos orientados a las tareas.

Por lo anterior solo el 33% de los líderes fueron adecuados a la situación de contingencia presentada.

*Recomendaciones*

Es necesario que en las condiciones de operación de los Círculos de Estudio Virtuales (CEV), los líderes seleccionados sean aquellos que estén orientados a las tareas, es decir que estén preocupados por los resultados a obtener en las tareas encomendadas.

**Referencias**

Fiedler, Fred E. y Chemers, M. (2004) *Liderazgo y Administración Efectiva*. México, Trillas.

Gutiérrez B. L. (s/f). *Paradigmas cuantitativo y cualitativo en la investigación socio-educativa: Proyección y reflexiones*. Instituto Pedagógico Rural “El Mácaro”. Consulta realizada el 18 de agosto del 2009 en <http://www.revistaparadigma.org.ve/Doc/Paradigma96/doc1.htm>

Gutiérrez L., D. L. (1989). *La etnografía como metodología de la investigación*. Caracas, Venezuela: Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez".

Hurtado, Solís y Rivera (2017), Círculos de Estudio Virtuales (CEV) como estrategia didáctica para incrementar aprovechamiento escolar y disminuir deserción, Journal CIM 2017. Orizaba, México.

Manes, J.M. (2004). *Gestión Estratégica para Instituciones Educativas*. México: Garnica.

Robbins, S. (1999) *Comportamiento Organizacional*. Distrito Federal, México. Editorial Prentice Hall.

Ruiz, C. (s/f). *Lo cualitativo en la investigación y su actualidad*. Revista electrónica Internacional de la Unión Latinoamericana de Entidades de Psicología. Consultada en [http://www.psicolatina.orgt/Dos/lo\\_cualitativo.html](http://www.psicolatina.orgt/Dos/lo_cualitativo.html) el 14 de septiembre del 2009.

# EFFECTIVIDAD ANTIFÚNGICA IN VITRO DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL CONTROL DE MYCOSPHAERELLA FIJIENSIS (SIGATOKA NEGRA)

José Manuel Ibarra Mayén<sup>1</sup>, Eliazar Aquino Torres<sup>2\*</sup>, Judith Prieto Méndez<sup>3</sup>, Alfredo Madariaga Navarrete<sup>4</sup>, Sergio Rubén Pérez Ríos<sup>5</sup>, Ma. Isabel Reyes Santamaría<sup>6</sup>, Jaime Pacheco Trejo<sup>7</sup>

**Resumen**—*Mycosphaerella fijiensis* causa la enfermedad foliar sigatoka negra, el control químico ha incrementado la resistencia del fitopatógeno y contaminación en el ambiente. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto inhibitorio de seis extractos vegetales (hidrolatos): *Cinnamomum verum*, *Origanum vulgare*, *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea*, *Ruta graveolens* y *Tagetes lucida*, sobre el crecimiento micelial de *M. fijiensis* en condiciones in vitro. Los extractos se obtuvieron por hidrodestilación, en las pruebas se usaron 1, 3 y 5 mL de hidrolato incorporado de cultivo PDA y se midió la inhibición del crecimiento (mm) a 24, 48, 72 y 96 horas. Los hidrolatos mostraron un porcentaje de inhibición de crecimiento micelial con *M. fijiensis* que van desde un 12% hasta el 100%, siendo los hidrolatos *C. verum* y *O. vulgare* los que inhibieron al 100%. Los resultados sugieren el uso potencial de estos hidrolatos como una alternativa sustentable para el control biológico.

**Palabras clave**—Control biológico, efecto antifúngico, extractos vegetales, *Mycosphaerella fijiensis*.

## Introducción

*Mycosphaerella fijiensis* es un hongo fitopatógeno que pertenece a la división Ascomycota, Género *Mycosphaerella* (Morelet). Estos patógenos se presentan exclusivamente en el follaje de la Familia Musaceae, presentando reproducción asexual y sexual. El primer tipo de reproducción genera esporas (conidios), en la reproducción sexual se producen las ascosporas que potencia su propagación y reproducción (INTAGRI, 2018). A nivel mundial los bananos y los plátanos constituyen la cuarta fruta más importante del mundo y se encuentran entre las variedades de bananos y plátanos producidos (Hidalgo, 2016). Estas frutas representan un ingreso económico importante para varios países en desarrollo, debido a que constituyen un alimento básico, además de ser una fuente para mejorar las condiciones sociales a través de la generación de empleos directos e indirectos (Bornacelly Horta, 2009). El control biológico constituye una alternativa importante para el uso eficiente de los recursos naturales, para el agricultor, minimizando el impacto causado al suelo, aire y agua por el uso excesivo de plaguicidas (Pieckenstein, 2002); (Tovar Castaño, 2008). El uso de extractos vegetales como control biológico, consiste en el uso de productos de los metabolitos secundarios de las plantas, estos sirven para erradicar total o parcialmente poblaciones de fitopatógenos, también sirven como preventivos sobre estos o para proteger directamente a las plantas de los mismos en el sitio de infección antes o después de que ocurra la infección (Guzmán, 2012). Las plantas que se contemplaron en este estudio, se han reportado con efecto negativo en el crecimiento de hongos tales como; *Fusarium* spp (Barrera y García, 2008), *Phytophthora infestans* (Soylu et al., 2006), *F. oxysporum*, *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*,

<sup>1</sup> José Manuel Ibarra Mayen, es estudiante en el PE de Licenciatura en Biología para la titulación del Área Académica de Ciencias Biológicas en el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [ib315317@uaeh.edu.mx](mailto:ib315317@uaeh.edu.mx)

<sup>2</sup> Dra. Eliazar Aquino Torres, es profesora investigadora en el PE de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [eaquino@uaeh.edu.mx](mailto:eaquino@uaeh.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>3</sup> Dra. Judith Prieto Méndez, es profesora investigadora en el PE de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [jprieto@uaeh.edu.mx](mailto:jprieto@uaeh.edu.mx)

<sup>4</sup> Dr. Alfredo Madariaga Navarrete, es profesor investigador en el PE de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [alfredo\\_madariaga@uaeh.edu.mx](mailto:alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx)

<sup>5</sup> Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos, es profesor investigador en el PE de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [sperez@uaeh.edu.mx](mailto:sperez@uaeh.edu.mx)

<sup>6</sup> Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría, es profesora investigadora en el PE de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [maisabel\\_reyes5598@uaeh.edu.mx](mailto:maisabel_reyes5598@uaeh.edu.mx)

<sup>7</sup> Dr. Jaime Pacheco-Trejo, es profesor investigador en el PE de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [jaimo\\_pacheco@uaeh.edu.mx](mailto:jaimo_pacheco@uaeh.edu.mx)



*Geotrichum candidum*, *Trichoderma* spp y *Penicillium digitatum* (Cáceres et al., 2013), *Moniliophthora roreri* (Ramírez et al., 2011). Gutiérrez y colaboradores (2018) evaluaron el efecto de varios aceites esenciales obteniendo una inhibición del crecimiento del hongo *M. fijiensis* del 100% con *Cinnamomum zeylanicum*, *Origanum vulgare* y *Pimenta dioica* en condiciones *in vitro*.

### Descripción del Método

El experimento se realizó en laboratorio de Química Agrícola Ambiental, en el Área Académica de Ciencias Agrícolas Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UAEH. El material vegetal de las plantas *Schinus molle* y *Eucalyptus cinerea* fueron colectados en el área del Instituto de Ciencias Agropecuarias ICAP. Mientras que *Cinnamomum verum*, *Origanum vulgare*, *Ruta graveolens* y *Tagetes lucida* fueron adquiridos en el mercado local del municipio de Tulancingo, Hidalgo.

#### Obtención de extractos por proceso de hidrodestilación

Las hojas se lavaron con agua destilada, posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente para molerlas en un molino manual, se pesaron 100 g de cada especie. El aceite esencial y el hidrolato se obtuvo por hidrodestilación (Gutiérrez et al., 2018), que fueron separados. El hidrolato se depositó en un matraz erlenmeyer de 250 ml y el aceite esencial en frascos de vidrio, para su posterior refrigeración, hasta su uso.

#### Siembra de *M. fijiensis* en cajas Petri para ensayos *in vitro*

La cepa del hongo fue obtenida del laboratorio de Química Agrícola Ambiental de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Para la siembra del hongo los materiales y medios de cultivo se esterilizaron en la autoclave a una temperatura de 120 °C por 15 minutos. Posteriormente la siembra del hongo se realizó bajo una cámara de flujo laminar. El primer paso es verter el medio de cultivo (PDA), dejarlo enfriar y colocar en el centro de la caja el hongo. Las cajas Petri se incubaron a 28 °C por 96 horas haciendo mediciones a partir de las 24 horas.

#### Efecto fungicida en ensayos *in vitro*

Para evaluar el efecto fungicida de los seis extractos contra el hongo *M. fijiensis*, se realizaron los ensayos con tres concentraciones, 1 mL, 3 mL y 5 mL. Se utilizaron placas Petri con medio PDA y se aplicó el hidrolato a las distintas concentraciones, cuando el medio se encontraba tibio, y se dejaron solidificar. Se utilizó un testigo más tres repeticiones por cada extracto. Una vez solidificado el medio, se sembró en el centro de cada caja petri (tratamientos) un disco de 5 mm de diámetro obtenida del crecimiento más acelerado de la resiembra del patógeno, realizada como ya se describió. Las cajas se incubaron a 28 °C por 96 horas. Los resultados son expresados en porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo de acuerdo a las siguientes ecuaciones 1 y 2 (Islas et al., 2016).

$$\% \text{ growth} = \left[ \frac{\varphi_{atz}}{\varphi_b} \right] \times 100 \% \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\% \text{ CI} = 100 - \% \text{ growth} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde  $\varphi_{atz}$  representa el diámetro (mm) de crecimiento del microorganismo en los tratamientos expuestos al extracto en cada evaluación.  $\varphi_b$  es el diámetro del microorganismo de control negativo crecimiento en cada evaluación y % CI es el porcentaje de inhibidor crecimiento.

#### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, con un testigo y tres repeticiones por cada extracto a tres concentraciones. Se probó la normalidad de los datos y se hicieron pruebas de comparación de medias (Tukey  $P < 0,05$ ), utilizando el programa estadístico SAS.

### Comentarios finales

#### Resumen de resultados

El análisis estadístico muestra diferencias significativas entre tratamientos respecto al porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (Tabla 1). Se observó que, al aumentar la concentración de los extractos vegetales, aumentaban el porcentaje de inhibición a excepción de *T. lucida*. Los extractos con el mejor efecto inhibitorio sobre el crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis*, fueron los de *O. vulgare* a 3 y 5 mL y de *C. verum* a partir de una concentración de 5 mL con un porcentaje de inhibición ( $100 \pm 0.00$  %) a las 24, 48, 72 y 96 horas,

mientras que los extractos *R. graveolens* registraron un porcentaje de inhibición del 84-85% a las 24 horas a las tres concentraciones probadas y disminuyó a través del tiempo, esta tendencia de disminución también fue observada para los extractos de *S. molle*, *E. cinérea* y *T. lucida* (Figura 1).

Los extractos de *S. molle*, *E. cinérea* y *T. lucida* (Figura 1) presentaron menores porcentajes de inhibición que van desde 20.72 hasta 42.44 a las 48 horas, a las 72 horas y 96 horas no mostraron efecto inhibitorio ante el crecimiento del hongo.

Tabla 1. Porcentaje de inhibición del crecimiento de *M. fijiensis* con extracto de *Cinnamomum verum*, *Origanum vulgare*, *Schinus molle*, *Eucalyptus cinerea*, *Ruta graveolens*, *Tagetes lucida*.

| Planta                    | Tratamientos (Concentración del extracto en mL) | Porcentaje de inhibición |                         |                         |                         |
|---------------------------|---|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                           |   | 24h                      | 48h                     | 72h                     | 96h                     |
| <i>Cinnamomum verum</i>   | 1 mL  | 49.45±0.09 <sup>c</sup>  | 41.32±0.13 <sup>c</sup> | 25.96±0.19 <sup>c</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 3 mL  | 91.11± 0.08 <sup>b</sup> | 76.96±0.11 <sup>b</sup> | 70.83±0.12 <sup>c</sup> | 39.01±0.29 <sup>c</sup> |
|                           | 5 mL  | 100±0.00 <sup>a</sup>    | 100±0.00 <sup>a</sup>   | 100±0.00 <sup>a</sup>   | 100±0.00 <sup>a</sup>   |
| <i>Origanum vulgare</i>   | 1 mL  | 56.28±0.06 <sup>b</sup>  | 63.32±0.18 <sup>d</sup> | 62.80±0.19 <sup>d</sup> | 49.73±0.32 <sup>c</sup> |
|                           | 3 mL  | 100±0.00 <sup>a</sup>    | 100±0.00 <sup>a</sup>   | 100±0.00 <sup>a</sup>   | 100±0.00 <sup>a</sup>   |
|                           | 5 mL  | 100±0.00 <sup>a</sup>    | 100±0.00 <sup>a</sup>   | 100±0.00 <sup>a</sup>   | 100±0.00 <sup>a</sup>   |
| <i>Schinus molle</i>      | 1mL   | 22.28±0.04 <sup>c</sup>  | 12.01±0.04 <sup>b</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 3mL   | 35.06±0.07 <sup>c</sup>  | 18.89±0.13 <sup>b</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 5mL   | 38.79±0.07 <sup>c</sup>  | 40.75±0.20 <sup>c</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
| <i>Eucalyptus cinerea</i> | 1mL   | 32.45±0.19 <sup>c</sup>  | 19.32±0.14 <sup>b</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 3mL   | 57.65±0.20 <sup>d</sup>  | 24.91±0.11 <sup>c</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 5mL   | 65.76±0.11 <sup>d</sup>  | 42.44±0.12 <sup>c</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
| <i>Ruta graveolens</i>    | 1mL   | 84.50±0.10 <sup>b</sup>  | 27.40±0.18 <sup>c</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 3mL   | 85.90±0.06 <sup>b</sup>  | 26.70±0.12 <sup>c</sup> | 20.09±0.23 <sup>b</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 5mL   | 85.90±0.07 <sup>b</sup>  | 33.41±0.14 <sup>c</sup> | 32.77±0.21 <sup>c</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
| <i>Tagetes lucida</i>     | 1mL   | 24.07±0.04 <sup>c</sup>  | 19.74±0.11 <sup>b</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 3mL   | 37.61±0.03 <sup>c</sup>  | 40.12±0.06 <sup>c</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |
|                           | 5mL   | 29.39±0.04 <sup>c</sup>  | 20.72±0.13 <sup>b</sup> | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  | 0.00±9.27 <sup>a</sup>  |

Los resultados se presentan en medias ± desviación estándar. Las letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey P<0,05) entre los tratamientos.

Estos resultados muestran el efecto potencial antifúngico del extracto de *C. verum* y *O. vulgare*, misma que puede deberse a la presencia de metabolitos secundarios, tales como el eugenol, carvacrol y limoneno a los cuales se

les atribuye actividad antifúngica contra *M. fijiensis* (Gutiérrez et al., 2018). Cabe mencionar que estos metabolitos se han reportado en el aceite no en los hidrolatos, por lo que se sugiere que estos mismos compuestos estén presentes en la fase acuosa, se tendrían que realizar el estudio fitoquímico para aislar e identificar cuáles son los ingredientes que son los responsables de la actividad antifúngica.

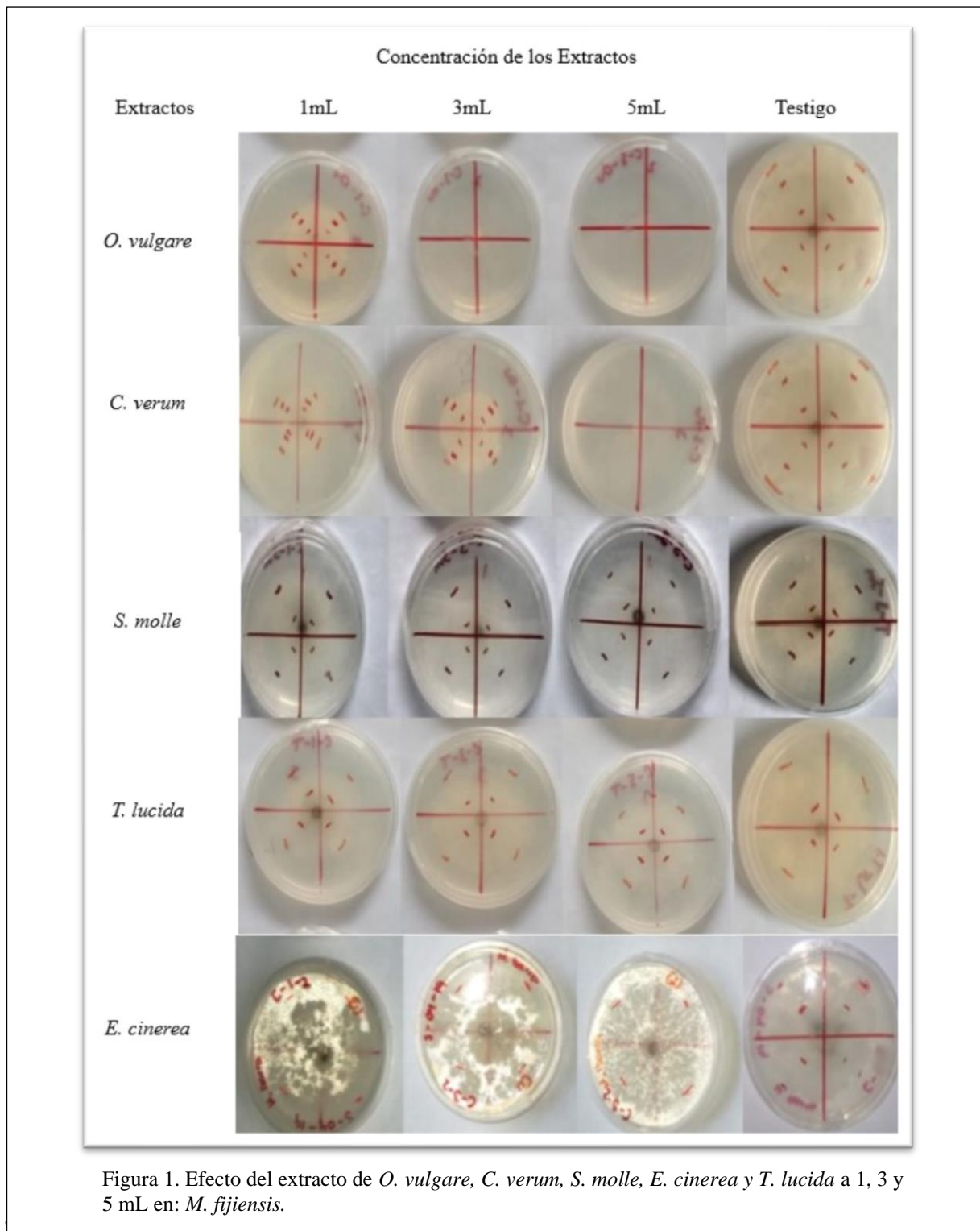


Figura 1. Efecto del extracto de *O. vulgare*, *C. verum*, *S. molle*, *E. cinerea* y *T. lucida* a 1, 3 y 5 mL en: *M. fijiensis*.

*digitatum*. También se ha reportado la acción antifúngica de esta especie, inhibiendo totalmente el crecimiento *in vitro* de *Moniliophthora roreri* (Gutiérrez et al., 2018).

### Conclusión

Los experimentos realizados muestran la obtención del 100% de inhibición del crecimiento micelial de *Mycosphaerella fijiensis* en condiciones *in vitro* con el hidrolato de *C. verum* y *O. vulgare* a concentraciones de 3 y 5 mL. La presencia de metabolitos secundarios inhibe la fase sexual del hongo, impidiéndole que este logre la germinación de las ascosporas. Los hidrolatos se obtienen en mayor cantidad que los aceites esenciales mediante la hidrodestilación, lo que representa una ventaja. Además de ser considerado como una alternativa sustentable y económica para el control de este hongo.

### Referencias

- Bornacelly Horta, H. D. R. "Estudio del ciclo de vida DE *Mycosphaerella fijiensis* en tres clones de banano (Musa AAA) en tres regiones de la zona bananera del Magdalena" (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira), 2009.
- Cáceres Rueda de León, I., Colorado Vargas, R., Salas Muñoz, E., Muñoz Castellanos, L. N., & Hernández Ochoa, L. "Actividad Antifúngica *in vitro* de Extractos Acuosa de Especies contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma* spp., *Penicillium digitatum* y *Aspergillus niger*". Revista mexicana de fitopatología, 31(2), 105-112, 2013.
- Gutiérrez-Jiménez, E., Pedroza-Sandoval, A., Martínez-Bolaños, L., Samaniego-Gaxiola, J. A., & García-González, F. "Effect of natural oils against *Mycosphaerella fijiensis* under *in vitro* conditions and detection of active plant chemicals". Revista Mexicana de Fitopatología, 36(1), 141-150, 2018.
- Guzmán, M. "Control biológico y cultural de la Sigatoka negra. In Trabajo presentado en el 45 Congreso Brasileiro de Fitopatología. Brazilian Phytopathological Society, Manaus, AM. Tropical Plant Pathology" Vol. 37, 2012.
- Hidalgo, W., Chandran, J. N., Menezes, R. C., Otálvaro, F., & Schneider, B. "Phenylphenalenones protect banana plants from infection by *Mycosphaerella fijiensis* and are deactivated by metabolic conversion. Plant, cell & environment," 39(3), 492-513, 2016.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI). "Manejo de la Sigatoka Negra en Banano. Serie Frutales," Núm. 48. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 7 p, 2018.
- Islas-Pelcastre, M., Villagómez-Ibarra, J. R., Rodríguez-Pastrana, B. R., Perry, G., & Madariaga-Navarrete, A. "Identification of an Indigenous Atrazine Herbicide Tolerant Microbial Consortium in Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a Potential Soil Bioremediator. Agrotechnol," 5(141), 2, 2016.
- Necha, L. L. B., & Barrera, L. J. G. "Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. aislado de papaya (*Carica papaya*)". Revista científica UDO agrícola, 8(1), 33-41, 2008.
- Pieckenstain, F. L. "Control biológico de enfermedades causadas por *Sclerotinia Sclerotiorum* en el girasol y estudio del rol de las poliaminas en las distintas etapas del ciclo de vida de este patógeno," 2002.
- Ramírez González, S. I., López Báez, O., Espinosa Zaragoza, S., & Wong Villarreal, A. "Actividad antifúngica de hidrodestilados y aceites sobre *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Colletotrichum gloeosporioides*". Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(8), 1879-1891, 2016.
- Soylu, E. M., Soyly, S., & Kurt, S. "Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blight disease agent *Phytophthora infestans*. Mycopathologia," 161(2), 119-128, 2006.
- Tovar Castaño, J. C. "Evaluación de la capacidad antagonista *in vivo*" de aislamientos de *trichoderma* spp frente al hongo fitopatógeno *rhizoctonia solani*" (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias), 2008.

# CASO PRACTICO DE PLAN DE VUELO DE UN MINI HELICOPTERO: ESTUDIO COMPARATIVO

Ing. Emmanuel Alejandro Islas Narváez<sup>1</sup>, Dr. Rodolfo García Rodríguez<sup>2</sup>,  
Dr. Luis Enrique Ramos Velasco<sup>3</sup>, M. en C. Mario Alejandro Vega Navarrete<sup>4</sup>, M. en C. Carlos Roberto Domínguez  
Mayorga<sup>5</sup> y M en C. Leonardo Alonso Martínez<sup>6</sup>

**Resumen**—En los últimos años la ingeniería de control ha tenido un gran impacto en el desarrollo de aplicaciones en la industria aeronáutica y aeroespacial, diseñando sistemas automáticos de control con un particular enfoque a la seguridad y la navegación aérea. Los Vehículos Aéreos No Tripulados (mini helicópteros) son sistemas de navegación aérea que pueden realizar un vuelo de manera remota, por medio de radiocontrol o de forma autónoma mediante un plan de vuelo pre-programado. Cada día el rol de las aeronaves no tripuladas va en aumento en el sector civil como militar como herramienta para facilitar diversos tipos de tareas como: el control de plagas, estudios meteorológicos, búsqueda y rescate, análisis de datos en desastres naturales, combate contra el crimen, entre otras tareas. En el presente documento se propone al plan de vuelo de un VANT en modo automático. Se presentan resultados en la emulación numérica bajo condiciones reales

**Palabras clave**—plan de vuelo, vehículo aéreo no tripulado, control lineal

## I. Introducción

Aunque los experimentos con aeronaves de alas rotativas se pueden remontar de nuevo a Leonardo da Vinci, y no fue hasta 1914 que el primer helicóptero de práctico tamaño fue construido por Igor Sikorsky. Los diseñadores y fabricantes del mundo entero se apresuraron a aprovechar el éxito de sus antecesores y, en la década de 1970, los kits modelo de helicóptero estaban a la venta en 1970, tales modelos eran de gran tamaño y de baja controlabilidad, in embargo estos han evolucionado adquiriendo sistemas más complejos y materiales de construcción más complejos.

En el presente artículo se trabaja con una aeronave de ala rotativa de tipo ultraligero, mono motor eléctrico clasificado dentro de la categoría Clase dado su alcance y su techo de operación, cuyas características principales son: Longitud: 63mm, altura:240mm, ancho: 120mm, radio de pala: 325mm, Diámetro del rotor principal:  $\phi$ 710mm, Diámetro del rotor de cola:  $\phi$ 155mm, Peso:780g

La organización del artículo es la siguiente: en la Sección II se presentan las ecuaciones diferenciales que describe al helicóptero. El modelo linealizado del Mini-Helicóptero se muestra en la Sección III. El diseño del controlador LQR se describe en la Sección IV. En la Sección V, se describen los resultados de la emulación numérica en lazo cerrado. Finalmente, en la Sección VII son presentadas las conclusiones.

## II. Modelo Dinámico

En general, un sistema no lineal puede ser representado como:

$$M(\eta)\ddot{\eta} + C(\eta, \dot{\eta})\dot{\eta} = F(\tau) \quad (1)$$

<sup>1</sup>Emmanuel Alejandro Islas Narváez es Egresado de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca Hidalgo, México. [153110955@upmh.edu.mx](mailto:153110955@upmh.edu.mx)

<sup>2</sup>Rodolfo García Rodríguez es Profesor del programa de maestría en Ingeniería Aeroespacial que se ofrece en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca Hidalgo, México. [rogarcia@upmh.edu.mx](mailto:rogarcia@upmh.edu.mx)

<sup>3</sup>Luis Enrique Ramos Velasco es Profesor del programa de maestría en Ingeniería Aeroespacial que se ofrece en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca Hidalgo, México. [lramos@upmh.edu.mx](mailto:lramos@upmh.edu.mx)

<sup>4</sup>Mario Alejandro Vega Navarrete es Profesor del programa de maestría en Ingeniería Aeroespacial que se ofrece en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca Hidalgo, México. [mvega@upmh.edu.mx](mailto:mvega@upmh.edu.mx)

<sup>5</sup>Carlos Roberto Domínguez Mayorga es Profesor y coordinador del programa de maestría en Ingeniería Aeroespacial que se ofrece en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca Hidalgo, México. [cmayorga@upmh.edu.mx](mailto:cmayorga@upmh.edu.mx)

<sup>6</sup>Leonardo Alonso Martínez Rivera es Profesor y coordinador del programa de maestría en Ingeniería Aeroespacial que se ofrece en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Tolcayuca Hidalgo, México. [leomartinez@upmh.edu.mx](mailto:leomartinez@upmh.edu.mx)

donde la primera ecuación describe la dinámica de una planta cuyo estado  $x$  está definido en una vecindad  $X$  del origen en  $R^n$ , con entrada de control  $u \in R^m$ , mientras que la segunda ecuación describe la salida de la planta. Para el modelado del helicóptero se respeta la misma metodología de análisis que cualquier otra aeronave de ala rotativa, como se muestra en la Figura 2. Utilizando los principios de la dinámica y cinemática de vuelo, las cuales provienen de las contribuciones aerodinámicas e inerciales de la aeronave, las ecuaciones no lineales que modelan la dinámica de un Mini-helicóptero estén dadas en (1) cuya representación en la forma de (1), resulta:

$$M(\eta) \begin{bmatrix} I_1 S_\theta^2 + I_2 C_\theta^2 S_\theta^2 + I_3 C_\theta^2 C_\phi^2 I_2 C_\theta S_\theta C_\phi C_\theta - I_3 C_\theta S_\theta C_\phi C_\theta - I_1 S_\theta \\ I_2 S_\theta^2 C_\theta S_\theta C_\phi C_\theta - I_3 C_\theta S_\theta C_\phi C_\theta & I_2 C_\theta^2 + I_3 S_\theta^2 & 0 \\ -I_1 S_\theta & 0 & I_1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$C(\eta, \dot{\eta}) = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C_{11} = I_1 S_\theta C_\theta - I_2 \dot{\theta} S_\theta C_\theta S_\theta^2 + I_2 \dot{\phi} S_\theta C_\theta C_\theta^2 - I_3 \dot{\theta} S_\theta C_\theta C_\theta^2 - I_3 \dot{\phi} C_\theta^2 S_\theta C_\theta \quad (4)$$

$$C_{12} = I_1 \dot{\psi} S_\theta C_\theta - I_2 \dot{\psi} S_\theta C_\theta C_\theta - I_2 \dot{\theta} S_\theta S_\theta C_\theta C_\theta - I_2 \dot{\phi} C_\theta S_\theta^2 + I_2 \dot{\phi} C_\theta C_\theta^2 - I_3 \dot{\psi} S_\theta C_\theta C_\theta^2 + I_3 \dot{\theta} S_\theta S_\theta C_\theta C_\theta + I_3 \dot{\phi} C_\theta S_\theta^2 - I_3 \dot{\phi} C_\theta C_\theta^2 \quad (5)$$

$$C_{13} = -I_1 \dot{\theta} C_\theta + I_2 \dot{\psi} C_\theta^2 S_\theta C_\theta - I_3 \dot{\psi} C_\theta^2 S_\theta C_\theta \quad (6)$$

$$C_{21} = -I_1 \dot{\psi} S_\theta C_\theta + I_2 \dot{\psi} S_\theta C_\theta S_\theta^2 + I_3 \dot{\psi} S_\theta C_\theta C_\theta^2 \quad (7)$$

$$C_{22} = -I_2 \dot{\phi} S_\theta C_\theta + I_3 \dot{\theta} S_\theta C_\theta \quad (8)$$

$$C_{23} = I_1 \dot{\psi} C_\theta - I_2 \dot{\psi} C_\theta S_\theta^2 + I_2 \dot{\psi} C_\theta C_\theta^2 - I_2 \dot{\theta} S_\theta C_\theta + I_3 \dot{\theta} S_\theta C_\theta + I_3 \dot{\psi} C_\theta S_\theta^2 - I_3 \dot{\psi} C_\theta C_\theta^2 \quad (9)$$

$$C_{31} = -I_2 \dot{\psi} C_\theta^2 S_\theta C_\theta + I_3 \dot{\psi} C_\theta^2 S_\theta C_\theta \quad (10)$$

$$C_{32} = -I_1 \dot{\psi} C_\theta + I_2 \dot{\psi} C_\theta S_\theta^2 - I_2 \dot{\psi} C_\theta C_\theta^2 + I_2 \dot{\theta} S_\theta C_\theta - I_3 \dot{\theta} S_\theta C_\theta - I_3 \dot{\psi} C_\theta S_\theta^2 + I_3 \dot{\psi} C_\theta C_\theta^2 \quad (11)$$

$$C_{33} = 0 \quad (12)$$

$$\tau = -I_1 (\ddot{\theta} S_\theta + \dot{\phi} \dot{\theta} C_\theta - \dot{\psi} S_\theta^2 - 2\dot{\psi} \dot{\theta} S_\theta C_\theta) + I_2 (\ddot{\theta} C_\theta S_\theta C_\theta - \dot{\theta}^2 S_\theta C_\theta S_\theta - \dot{\theta} \dot{\phi} C_\theta S_\theta^2 + \dot{\theta} \dot{\phi} C_\theta C_\theta^2 + \dot{\psi} C_\theta^2 S_\theta^2 - 2\dot{\psi} \dot{\theta} S_\theta C_\theta S_\theta^2 + 2\dot{\psi} \dot{\phi} C_\theta^2 S_\theta C_\theta) + I_3 (\ddot{\psi} C_\theta^2 C_\theta^2 - 2\dot{\psi} \dot{\theta} S_\theta C_\theta - 2\dot{\psi} \dot{\phi} C_\theta^2 S_\theta C_\theta - \dot{\theta} C_\theta S_\theta C_\theta + \dot{\theta}^2 S_\theta S_\theta C_\theta + \dot{\theta} \dot{\phi} C_\theta S_\theta^2 - \dot{\theta} \dot{\phi} C_\theta C_\theta^2) \quad (13)$$

$$\tau_2 = I_1 (\dot{\psi} C_\theta - \dot{\psi}^2 S_\theta C_\theta) + \quad (14)$$

$$g(x) = \begin{bmatrix} \frac{1}{m} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{m} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{m} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{I_y} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{I_y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{I_z} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$y = h(x), \tag{16}$$

Donde  $x = [u \ v \ w \ \phi \ \theta \ \Psi \ p \ q \ r]^T$ ,  $\dot{x} = [\dot{u} \ \dot{v} \ \dot{w} \ \dot{\phi} \ \dot{\theta} \ \dot{\Psi} \ \dot{p} \ \dot{q} \ \dot{r}]^T$   $u = [F_x \ F_y \ F_z]^T$  y  $F_x, F_y, F_z; L, M$ , y  $N$  representan las fuerzas y momentos en torno a cada eje que actúan sobre el Mini-Helicóptero,  $I_x, I_y, I_z$  son los momentos de inercia en el movimiento cabeceo, guiñada y alabeo, respectivamente,  $I_{xz}$  representa el producto de inercia alrededor de  $ox$  y  $oz$ ,  $u, v, w$  son velocidades lineales en cada uno de los ejes del Mini-Helicóptero,  $\phi, \theta, \Psi$  son desplazamientos angulares en torno a cada eje, conocidos como ángulos de Euler: roll, pitch, yaw; mientras que  $p; q; r$  son las velocidades angulares en torno a cada eje, ver Figura 1.

$$\tau = -I_1 \ddot{\phi} S_\theta + \dot{\phi} \dot{\theta} C_\theta \tag{17}$$

Las fuerzas y momentos son funciones de algunos parámetros aerodinámicos como: movimiento de los controles, efectos atmosféricos y sistema de propulsión por mencionar algunos. Es importante hacer notar que la selección de  $h(x)$  como salida del sistema se debe hacer en función del interés de las variables de control del Mini-helicóptero.

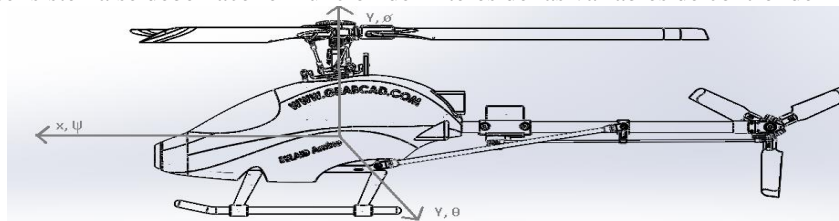


Figura 1. Mini Helicóptero.

### III. Modelo lineal

La estabilidad de un Mini-Helicóptero puede ser estudiada en torno a los planos geométricos donde operan, resultando en dos conjuntos de ecuaciones denominadas longitudinales que involucra a  $u, w, q$  y sus fuerzas y momentos  $X, Z$  y  $M$ ; y laterales que involucra a  $v, p, r$  y sus fuerzas y momentos  $Y, L$  y  $N$ , [7,8]. En las siguientes subsecciones se muestran las ecuaciones longitudinales y laterales lineales del Mini Helicóptero que permitirán estudiar ciertas propiedades de estabilidad.

Para llevar a cabo la linealización de un Mini-Helicóptero se considerará que el vuelo del vehículo aéreo se produce a partir de un estado inicial de equilibrio no perturbado, con condiciones de vuelo estacionario, nivelado y uniforme, asumiendo la condición de vuelo estacionario, esta está definida por la velocidad lineal y angular igual a cero.

$$v_0 = \omega_0 = [0, 0, 0]^T \tag{18}$$

Además, se consideran cinco condiciones adicionales en favor de mantener el vuelo estacionario:

- El vuelo estacionario asume que la suma del empuje y la elevación igual a la suma del peso y la fuerza de arrastre.
- En vuelo estacionario, la elevación es igual a la fuerza de arrastre aerodinámica del helicóptero, por lo tanto,  $L=Q_{RP}$ , haciendo que el empuje sea igual al peso del helicóptero  $T_{RP}=W$ .
- Para mantener el helicóptero en vuelo estacionario, las consignas  $U_{lon}$ ,  $U_{lat}$  deberán ser cero, por tanto, no existirán movimientos longitudinales y laterales, es decir  $\beta_{1C} = 0$  y  $\beta_{1S}$ .
- Se deben asegurar las consignas de aceleración  $U_{acel}$  y colectivo  $U_{col}$  tales que  $\Omega$  permanezca constante y se logre sustentación.
- Se deberá encontrar el empuje del rotor trasero  $T_{RT}$  de tal forma que ejerza el anti torque necesario para contrarrestar el par motor ejercido por el rotor principal al mantener una velocidad  $\Omega$  constante.

$$\begin{aligned} \delta \dot{x} &= A \delta \dot{x} + B \delta u \\ \delta y &= C \delta x \end{aligned} \tag{19}$$

donde  $\delta x \in R^n$  denota el vector de estados,  $A \in R^{n \times n}$  la matriz de estado,  $B \in R^{n \times m}$  la matriz de entrada,  $\delta u \in R^m$  es el vector de entrada,  $y \in R^r$  es el vector de salida mientras que  $C \in R^{r \times n}$  representa la matriz de salida.

Siguiendo un procedimiento similar al descrito en la subsección anterior, se obtiene el modelo lineal de la dinámica lateral de la forma:

$$\begin{aligned} \delta \dot{X}_a &= A_a \delta X_a + B_a \delta u_a \\ \delta y_a &= C_a \delta x_a \end{aligned} \tag{20}$$

donde  $\delta x_a = [u, v, w, p, q, r, \phi, \theta, \Psi]^T \in R^9$  con  $\beta$  la variación del ángulo de desplazamiento lateral respecto del equilibrio,

$\phi$  variación del ángulo de alabeo respecto del equilibrio,  $\Psi$  variación del ángulo de guiñada respecto del equilibrio,  $\delta u_a = [U_{col}, U_{lat}, U_{long}, U_{pedal}]^T \in R^4$  con  $\delta_a$  deflexión del alerón respecto del punto de equilibrio, deflexión del timón respecto del punto de equilibrio.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -9.8 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 9.8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -6.75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.26 & 0 & 0 & 0 & 198.34 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 26.72 & 0 \\ 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} u \\ v \\ w \\ p \\ q \\ r \\ \phi \\ \theta \\ \psi \end{matrix} \quad (21)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -0.0062 & 0 \\ 0.003 & 0.0062 & 0 & 4.6847 \\ -1.7949 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0703 & 0.1250 & -0.2859 & 4.6847 \\ 0 & 0.0385 & 0.0168 & 0 \\ -0.672 & 0 & 0 & -2.2378 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} U_{col} \\ U_{clat} \\ U_{clong} \\ U_{ped} \end{matrix} \quad (22)$$

Dos de los valores propios de  $A_a$  tres tienen parte real negativa y los otros dos tienen parte real positiva. De acuerdo a la teoría de sistemas lineales este modelo es inestable [13]. Checando la matriz de controlabilidad:

$$CTRL = rank[B \ AB \ A^2B \ A^3B \ A^4B \ A^5B \ A^6B \ A^7B \ A^8B] = 9 \quad (23)$$

el sistema es controlable. En la práctica, las 9 variables de estado son medibles, la matriz de salida  $C_a$  puede ser la que se desee. Para observar el ángulo de alabeo (roll) y el ángulo guiñado (yaw), se especiada la matriz  $C_a$  como:

$$C_a = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (24)$$

#### IV. Diseño del controlador LQR

La finalidad del regulador cuadrático lineal (LQR) es minimizar un índice de desempeño [10], el criterio particular es una función cuadrática del estado y la entrada de control donde se pretende controlar el sistema (5)-(6) con una retroalimentación estática de estados  $\delta u^*(t) = -K(t)\delta x(t)$  que minimice la función de costo.

$$J(\delta x^T(\tau), \delta u(t)) = \int_t^\tau [\delta x^T(\tau^1)Q\delta x(\tau) + \delta u^T(\tau)R\delta u(\tau)]dt \quad (25)$$

Reescribiendo el sistema en lazo cerrado con  $K$  como retroalimentación se tiene

$$\delta \dot{x}(t) = (A - Bk)\delta x(t) \quad (26)$$

Para obtener la matriz  $K$  que estabiliza el par  $(A; B)$  se resolvió un problema de regulación cuadrática óptima lineal donde el criterio a optimizar está dado por:

$$J = \int_t^{tf=\infty} [\delta x^T(\tau^1)Q\delta x(\tau) + \delta u^T(\tau)R\delta u(\tau)]dt \quad (27)$$

donde  $\delta x^T$  indica la transpuesta de  $\delta x$ ,  $Q^T \in R^{n \times n}$  es una matriz simétrica semi-definida positiva y  $R > 0$ : (definida positiva). La selección de  $Q^T$  y  $R$  permite ponderar el costo de la rapidez de decaimiento a cero de los estados  $\delta x$  y el costo de control  $\delta u$ .

$$P + A^T p^T - P^T B R^{-1} B^T + Q^T = 0 \quad (28)$$

Donde  $P^T$  es una matriz simétrica. Al resolver (19) para  $P^T$  se encuentra la ley de control óptima lineal que minimiza el criterio (18), es decir

$$\delta u_{op}(t) = K\delta x(t) \quad (29)$$

Donde

$$K = -R^{-1}B^T P^T \quad (30)$$

Para el modelo (7)-(8) se encontró, por prueba y error, que la ponderación más conveniente del estado  $x$  y el control  $u$  para tener un control acotado y un estado transitorio suave está dado por:



$$Q = \begin{bmatrix} 270 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 90 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 90 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 150 \end{bmatrix} \quad (31)$$

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (32)$$

Obteniéndose, entonces,

$$k = \begin{bmatrix} -0.0000 & -0.0005 & -0.0069 & +0.0001 & +0.0002 & +0.0001 & +0.0012 & +0.0008 & +0.0001 \\ -0.0109 & -0.0006 & -0.0000 & +0.0005 & +0.2262 & +0.0004 & +0.0080 & +1.2009 & +0.0012 \\ -0.0122 & +0.0005 & +0.0000 & -0.0011 & +0.0985 & -0.0009 & -0.0179 & +0.5451 & -0.0028 \\ -0.0017 & +0.0002 & +0.0001 & +0.0103 & -0.0001 & +0.0051 & +0.1572 & +0.0048 & +0.0119 \end{bmatrix} \quad (33)$$

### V. Resultados de simulación

El control diseñado es aplicado considerando que la aeronave se encuentra en estado equilibrio no perturbado, con condiciones de vuelo recto, nivelado y uniforme y nos interesa llevar a cabo un viraje mediante el control de elevadores, alerones y acelerador.

#### Vuelo estacionario

La primera simulación fue realizada en vuelo estacionario conservando una velocidad de ascenso constante a través del uso del colectivo al elevar dosificadamente el ángulo de paso del rotor principal y conservando las condiciones del punto de equilibrio, conseguimos el ascenso a una velocidad de 0.5[m/s]

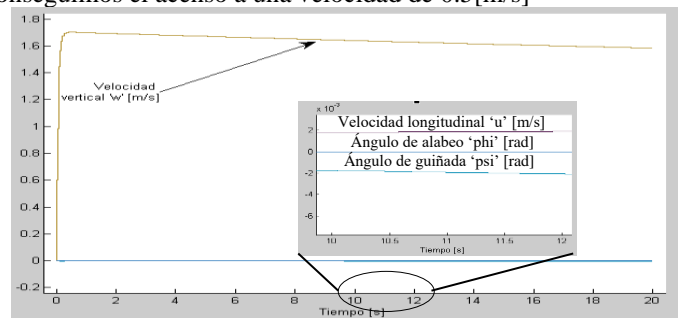


Figura 2. Respuesta del Mini-helicóptero en vuelo estacionario.

#### Vuelo en avance longitudinal

La segunda simulación pretende describir un vuelo de avance longitudinal consiguiendo una velocidad constante de 1.2[m/s] mediante el uso del colectivo longitudinal mientras que la velocidad de ascenso se mantiene en 0.5[m/s] al igual que en el vuelo estacionario.

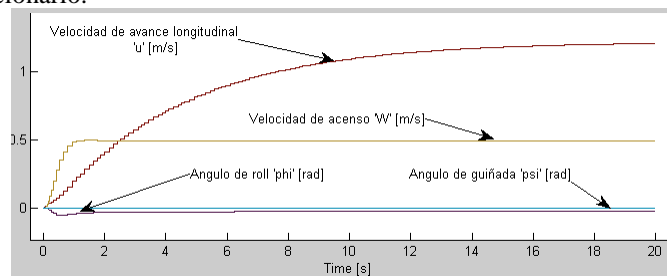


Figura 3. Respuesta de Mini-helicóptero de vuelo en avance longitudinal

### Viraje Direccional

La última simulación describe el comportamiento de un viraje direccional de  $27^\circ$  mediante los pedales de guiñada de manara que la guiñada se realiza mediante diferencia de pare, la velocidad se reduce a  $0.3[m/s]$  para realizar el viraje.

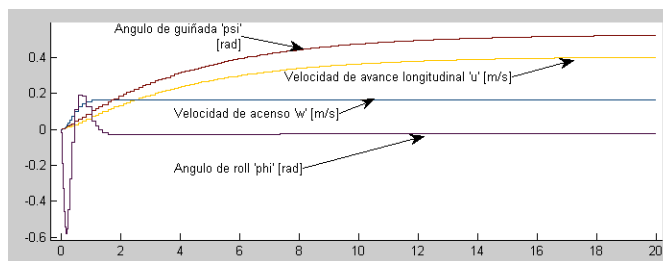


Figura 4. Vuelo en viraje direccional

### VI. Agradecimientos

Agradezco a el laboratorio de Aviónica de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo y a el Campo Militar Santa Lucia por el apoyo proporcionado durante la estadía de Emmanuel Alejandro Islas Narváez durante el periodo Enero-Mayo 2019.

### VII. Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se presenta un plan de vuelo de un mini helicóptero con la finalidad de conseguir el modo automático de vuelo bajo condiciones reales. Se presentan resultados de la emulación numérica en lazo cerrado, para esto se emplean sus modelos linealizados tanto de la dinámica longitudinal como lateral.



Figura 5. Emulación del plan de vuelo de un Helicóptero mediante FlightGear.

### VII. Referencias

- [1] Hajiyeve, C., Soken, H. E., Vural, S. Y. State estimation and control for low-cost unmanned aerial vehicles. Springer, 2015.
- [2] Maza, I., Caballero, F., Capitan, J., Martínez-de Dios, J. R., Ollero, A. Experimental results in multi-uav coordination for disaster management and civil security applications. Journal of intelligent and robotic systems, 61 (1), pp. 563-585, 2011.
- [3] Fernandez-Hernandez, J., Gonzalez-Aguilera, D., Rodríguez- González, P., Mancera-Taboada, J. Image-based modelling from unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry: An effective, low-cost tool for archaeological applications. Archaeometry, 57 (1), pp. 128-145, 2015.
- [4] Xiang, H., Tian, L., Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). Biosystems engineering, 108 (2), pp. 174-190, 2011.
- [5] Klein, V., Morelli, E. A. Aircraft system identification: theory and practice. American Institute of Aeronautics and Astronautics Reston, Va, USA, 2006.
- [6] Tian Seng Ng, Flight systems and control: a practical approach, Springer Aerospace Technology, 2018.
- [7] Ranjan Vepa, Flight dynamics, simulation, and control for rigid and flexible aircraft, CRC Press, 2015.
- [8] Oleg A. Yakimenko, Engineering Computations and Modeling in MATLAB/Simulink, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2011.
- [9] Cárdenas, A., Colorado, J., Modelado y control robusto de un vehículo aéreo no tripulado UAV durante la maniobra de vuelo estacionario (Hovering), 2013.
- [10] Montala M., History of Radio Cotrolled Model Helicopters, 2011.

# Diagnostico Comunitario El Parnaso Municipio del Fuerte, Sinaloa

Jacobo Leyva Claudia Janeth<sup>1</sup>, M.C Higuera Torres Guadalupe<sup>2</sup>, M.C Avilés Anaya Haydé<sup>3</sup>

**Resumen:** Un diagnóstico comunitario es un proceso de recolección, ordenamiento, estudio y análisis de datos e información que nos permite conocer mejor la realidad de una investigación. En este artículo se presentan los resultados de una investigación, efectuada, llevada a cabo en la comunidad El Parnaso ubicada en el municipio de El Fuerte, al noroeste del estado de Sinaloa, con el fin de conocer las deficiencias con las que cuenta dicha comunidad. La investigación fue elegida con el objetivo de realizar un proyecto social en beneficio para la comunidad con el tema de reforestación, esto con el fin de acabar con la deforestación puesto que la está afectando demasiado, el propósito principal es promover la importancia del medio ambiente hacia los habitantes y así mismo concientizar a la población de los grandes beneficios con los que cuenta la reforestación para que esto los inspire a colaborar en el cuidado de su entorno ya que es el lugar donde viven y vivirán sus futuras generaciones.

**Palabras claves:** Diagnostico comunitario, reforestación, medio ambiente, investigación, comunidad.

**Introducción:** La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable, según lo establece en el artículo 1.

Según la Subdirección de Información Ganadera y de Análisis y Política del Sector Dirección de Producción y Sanidad Animal. En América del Norte, Central y América del Sur, la expansión de los pastizales para la producción ganadera extensiva ha sido una de las causas de esta enorme destrucción. Sólo la deforestación causada por la ganadería es responsable de la liberación de 340 millones de toneladas de carbono a la atmósfera cada año, lo que equivale a 3.4% de las emisiones mundiales actuales.

Además de la transformación forestal, los pastizales para ganado incrementan el riesgo de incendios y degradan los ecosistemas acuáticos y ribereños, provocando la erosión del suelo, la sedimentación de los ríos y la contaminación con materia orgánica. La deforestación en América Latina es resultado principalmente de tres factores: la agricultura forestal, en una muy pequeña escala la agricultura de subsistencia y la especulación de la tierra, que abarca a la ganadería extensiva, indicó el director de Recursos Naturales y Cambio Climático de la Fundación Ford, David Kaimowitz.

## Método

La siguiente investigación se realizó con el fin de identificar los problemas con más deficiencia en la comunidad “El Parnaso” El Fuerte, Sinaloa para ello se tuvo que realizar un diagnóstico, donde se aplicó un censo en toda la comunidad, a manera de que es muy pequeña no fue necesario determinar un tamaño de muestra de la población, se encuestaron 18 familias con un total de 70 habitantes con el objetivo de analizar su principal problemática.

## Instrumento

Para medir y conocer los resultados de la investigación se aplicó un instrumento de medición el cual fue una (Encuesta bien estructurada) conformada por 40 reactivos, considerando los aspectos con más relevancia en la comunidad, para conocer los resultados que arroja dicha encuesta se hizo uso de la herramienta estadística minitab.

---

<sup>1</sup> Claudia Janeth Jacobo Leyva Estudiante del Programa Educativo Ingeniería en Sistemas de Calidad en la Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa [yanet\\_leyva@hotmail.com](mailto:yanet_leyva@hotmail.com)

<sup>2</sup> M.C. Guadalupe Higuera Torres es Coordinadora del Programa educativo de Ingeniería en Sistemas de Calidad en la Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa [lupitahiguera1214@hotmail.com](mailto:lupitahiguera1214@hotmail.com)

<sup>3</sup> M.C. Haydé Avilés Anaya es profesora de Ingeniería en Sistemas de Calidad en la Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa [haa62@hotmail.com](mailto:haa62@hotmail.com)



### Procedimiento

Para realizar el análisis de datos e información y conocer mejor la realidad de la comunidad y así dar respuesta a los problemas, se tuvo que ir a la comunidad El Parnaso, El Fuerte, Sinaloa para hablar con el comisario ejidal Martin Eduardo Valenzuela Escalante y así saber si se podría realizar el diagnóstico comunitario, su reacción fue aceptable por lo que al siguiente día nos dirigimos otra vez al lugar para aplicar las encuestas, se tomó dos días en terminar todas las encuestas. Ya identificado el principal problema deforestación, se impartió una plática con los habitantes con el objetivo de que conocieran la situación por la que estaban pasando y hacer conciencia de cómo podría terminar su comunidad en un futuro.

### Resultados

La población cuenta con demasiadas necesidades de mucho impacto las cuales son agua potable, luz eléctrica, pavimentación, educación y deforestación, a manera de que no se contaba con los recursos para poder solucionarlas se optó por elegir el tema reforestación, ya que los animales que se crían ahí se comen las plantas y eso trae como consecuencia que se sequen y no cumplan su ciclo, para ello se tuvo contacto con la Asociación del Jardín Botánico Benjamín Francis Johnston de la Ciudad de Los Mochis Sinaloa donde nos proporcionaron 52 árboles para beneficio de la comunidad, con el fin de que la planta cumpliera su ciclo, se les dio una capacitación a los habitantes de cómo hacer abono casero con el excremento de los animales que ellos crían, esto con el fin de cuidar la vida de los árboles que se plantaron.



### Discusión

Gracias a la integración de la población, se tomaron medidas para que el proceso de reforestación antes realizado no quedara en vano, cada persona se organizó para cuidar de las plantas, para así obtener un impacto ambiental positivo y alentar a que futuras generaciones practiquen la reforestación en su comunidad.

Hubo muchas complicaciones para poder realizar el diagnóstico el principal motivo fue que no se contaba con un medio de transporte para poder recoger los árboles e ir a trasladarlos a la comunidad, esta situación no impidió que se mantuviera una coordinación bastante motivada y se pudo llegar al objetivo que era cumplir con la reforestación.



## Referencias

(s.f.). Recuperado el jueves 19 de octubre de 2017, de [http://www.researchgate.net/publication/26595141\\_calidad\\_de\\_vida\\_una\\_definicion\\_integradora](http://www.researchgate.net/publication/26595141_calidad_de_vida_una_definicion_integradora)

(s.f.). Recuperado el lunes 23 de octubre de 2017, de [https://mexico.puebloamerica.com/i/el\\_parnaso/](https://mexico.puebloamerica.com/i/el_parnaso/)

(s.f.). Recuperado el 23 de octubre de 2017, de <https://www.definicionabc.com/social/integracion.php>

(2016). Recuperado el marzo de 2018, de Reforestación para una vida mejor : [www.lareforestacion03.blogspot.mx](http://www.lareforestacion03.blogspot.mx)

*Ganadería Intensa*. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-a0262s.pdf>

Herrera, J. (s.f.).

Juan, H. (s.f.). Recuperado el 19 de octubre de 2017, de <http://juanherrera.fikes.wordpress.com/2008/10/temas-5ts-casos.pdf>

*Naturaleza viva*. (2015). Recuperado el Marzo de 2018, de Cuidemos el ambiente: [www.bitacoraadventure.com](http://www.bitacoraadventure.com)

*Un impacto ambiental positivo*. (2015). Recuperado el marzo de 2018, de Un mundo verde: [www.greenpeace.org/mexico](http://www.greenpeace.org/mexico)

# APLICACIÓN DE LA GUADUA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL BINARIO PARA EL DISEÑO DE UN PUENTE PEATONAL EN EL MUNICIPIO DE COCORNÁ ANTIOQUIA

MSc. Haidee Yulady Jaramillo<sup>1</sup>, MSc. Romel Jesús Gallardo Amaya<sup>2</sup>,  
MSc July Andrea Gómez Camperos<sup>3</sup>

**Resumen**—Los puentes son estructuras fundamentales para la conexión de comunidades puesto que permiten unir territorios separados por corrientes de agua, vías o depresiones topográficas. Actualmente el uso de la guadua ha tomado importancia como material de construcción, dejando de ser vista como un material artesanal, esto debido al auge de la implementación de materiales sostenibles en el sector de la construcción. Este proyecto surge como necesidad de una entidad privada para proporcionar a sus usuarios un cruce seguro de una vía muy transitada, buscando brindar además, una experiencia a los transeúntes con una vista hacia los paisajes montañosos típicos del oriente antioqueño colombiano. A partir de esta investigación se llegó a una solución arquitectónica consistente en un puente que cuenta con una luz de 12m, que integra como componente principal elementos de guadua que se interconectan con ayuda de elementos metálicos, permitiendo proyectar así una estructura estética, funcional y de carácter ecológico.

**Palabras clave**—Bambú, eco-construcción, guadua, Puentes peatonales, Ingeniería ecológica.

## Introducción

La industria de la construcción es una de las más contaminantes del mundo y ha ocasionado daños irreparables a la naturaleza, con problemas asociados al transporte, la energía y la generación de desechos, es por ello que, aun cuando, tradicionalmente se seleccionaban los materiales de construcción a partir de requisitos funcionales, técnicos y financieros, en la actualidad también se debe considerar el tema de la sostenibilidad. Ya sea en forma directa o indirecta anualmente el sector de la construcción genera un daño ambiental considerable, que se debe en gran medida a la huella de carbono de los materiales de construcción; por ello es que es preciso comenzar a desarrollar alternativas sostenibles con soluciones basadas en el reciclaje y reutilización de los residuos, la producción sostenible de productos o el uso de recursos renovables (Van der Lugt *et al.*, 2006).

A raíz de la necesidad por optimizar o sustituir los materiales tradicionales por nuevos materiales menos contaminantes, en los últimos años se han incrementado los trabajos e investigaciones en el uso de la guadua como material ecológico con una amplia gama de aplicación en ingeniería y construcción (Tommy *et al.*, 2004) (Xiao, 2010). Esto incluye aplicaciones como andamios, compuestos reforzados con fibras, viviendas, cubiertas e incluso puentes (Ghavami, 2005). Principalmente sus beneficios se deben a la combinación de una eficiente resistencia y rigidez en relación al peso, factores importantes en el diseño de estructuras resistentes a la flexión y la torsión (Tan *et al.*, 2011).

La incorporación de la guadua como material de construcción ha motivado el desarrollo de investigaciones sobre sus propiedades macromecánicas físicas y básicas (Chung, 2002) (Ghavami y Pacionik, 2003). La guadua en su hábitat natural actúa como una viga en voladizo con un soporte fijo en la tierra y sujeto a su propio peso y carga de viento. Por lo tanto, tiene una estructura naturalmente optimizada para resistir los momentos de flexión. Las fuerzas son más altas a lo largo del exterior y más bajas en las superficies interiores, presentando mayores esfuerzos en aquellas secciones del tronco de la guadua más cercanas al suelo.

En el caso específico de Colombia, el legado cultural de la guadua se remonta años atrás en la historia, donde carpinteros principalmente de los departamentos de Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima, Valle del Cauca, Cundinamarca y Santander, construían puentes para cruzar ríos y montañas. Las construcciones combinaban el arco del puente hecho con guadua, con tirantas del mismo material amarradas a pilotes o árboles del lugar. Estos puentes

<sup>1</sup> La MSc. Haidee Yulady Jaramillo es Docente de tiempo completo de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia. Es investigadora del Grupo de Investigación en Construcción, Geotecnia y Medio Ambiente GIGMA. [hjaramillo@ufpso.edu.co](mailto:hjaramillo@ufpso.edu.co)

<sup>2</sup> El MSc Romel Jesús Gallardo Amaya es Docente de tiempo completo de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia. Es investigador del Grupo de Investigación en Construcción, Geotecnia y Medio Ambiente GIGMA. [rjgallardo@ufpso.edu.co](mailto:rjgallardo@ufpso.edu.co) (autor correspondiente)

<sup>3</sup> La MSc. July Andrea Gómez Camperos es Docente de tiempo completo de la de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia. [jagomez@ufpso.edu.co](mailto:jagomez@ufpso.edu.co)

siguen siendo construidos y funcionando y, los saberes tradicionales se están valorizando con innovaciones que permiten aprovechar las propiedades de la guadua en construcciones más grandes y resistentes (Carmioli, 2010). Así mismo, la construcción de puentes en guadua constituye una alternativa de bajo costo y principalmente de bajo impacto ambiental.

### Descripción del Método

La metodología planteada es de carácter analítico investigativo, por lo cual no se contempla el desarrollo de ensayos o pruebas de laboratorio sobre la guadua, en cambio, se recopiló valores de las propiedades físicas y mecánicas de investigaciones previas, e información documental disponible. A partir de dichos valores se propone un diseño arquitectónico para un puente con una luz de 12 metros. La figura 1 describe las etapas planteadas para el desarrollo de la investigación.

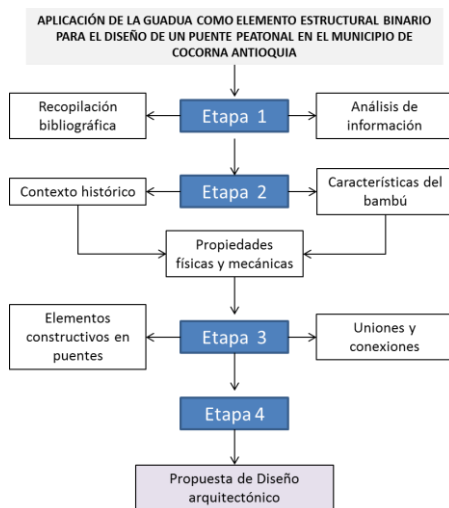


Figura 1. Metodología de trabajo

#### Zona de estudio – Municipio de Cocorná

Según el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Cocorná (2016), este se encuentra localizado al oriente del Departamento de Antioquia el cual está dividido en nueve (9) subregiones: Valle de Aburrá, Bajo Cauca, Magdalena Medio, Nordeste, Norte, Occidente, Oriente (comprende 23 municipios), Suroeste y Urabá, la cabecera municipal se encuentra a una altura de 1.300 m.s.n.m. con una temperatura media de 23°C; posee una extensión de 210 kilómetros cuadrados. Su principal acceso es la vía Medellín-Bogotá, que toca la cabecera municipal de manera tangencial, de la cual se desprenden dos ramales (Guayabal y La Piñuela), que conducen a ésta.

#### Características de la Guadua

La Guadua es un nombre colectivo para diferentes especies de pastos gigantes, que pertenece a la familia de las Bambusoideae. Se estima que existen entre 60 y 90 géneros, que comprenden aproximadamente de 1100 a 1500 especies, las cuales poseen gran diversidad de tamaños y formas, generalmente crecen en regiones tropicales de Asia, América Latina y África. La Guadua es un material ortotrópico con alta resistencia en sentido longitudinal y baja resistencia en forma transversas a sus fibras (Xiao, 2008). La guadua posee una estructura compuesta que consiste en fibras celulósicas alargadas y alineadas en una matriz leñosa (Liese, 1992), un acercamiento a un plano de la sección transversal muestra una distribución variada de las fibras, como se muestra en la figura 2, Amada (1996) plantea que esta distribución es producida de acuerdo a la distribución del estrés en su entorno natural, es decir, como se puede apreciar en la figura las fibras se concentran más a medida que se aproximan a la capa externa, esto permite al culmo resistir las fuerzas del viento a las cuales se encuentra sometido a lo largo de su vida, el culmo es una concha cilíndrica, dividida por diafragmas transversales en los nodos.

#### Propiedades físicas y mecánicas de la guadua

La guadua tiene un diseño estructural natural muy eficiente, debido a los huecos al interior de la estructura y la disposición longitudinal de sus fibras, por lo que necesita menos masa que otros materiales de sección masiva como la madera. En la figura 3 se comparan diferentes materiales de uso común en la construcción con respecto a la

guadua, y se puede apreciar que en términos de la relación entre la resistencia y la rigidez con respecto a la masa por volumen de cada material, la guadua posee un gran desempeño en consideración a su bajo peso.

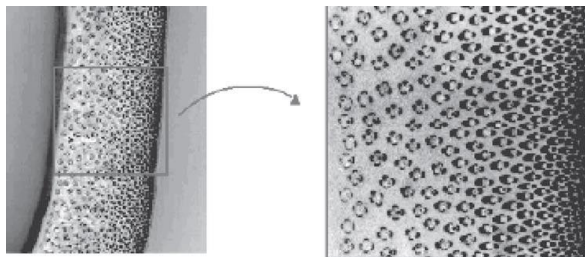


Figura 2. Distribución no uniforme de las fibras en la sección transversal del bambú.

Fuente: Xiao *et al.*, (2008).

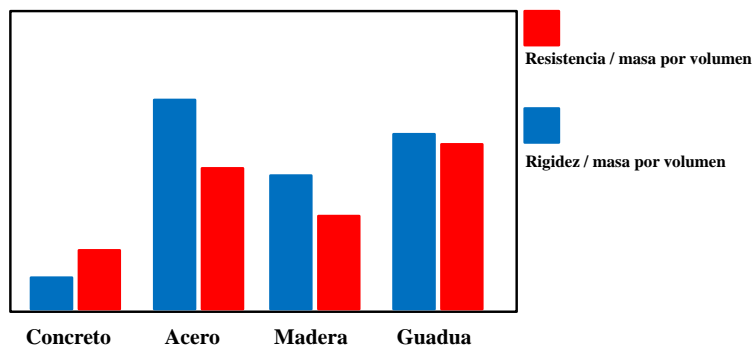


Figura 3. Comparación de la resistencia y rigidez de varios materiales de construcción divididos entre su masa por volumen

Fuente: Van der Lugt, *et al.*, (2006). Modificado

La guadua es un material susceptible a la fractura interlaminar (Shao *et al.*, 2009), y además posee una baja resistencia a los esfuerzo de cortante, situación que exige un análisis exhaustivo en el diseño de uniones y conexiones. Los valores típicos de resistencia calculados en una investigación conjunta desarrollada en la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña por Hernández y Pérez (2016) estableció para la guadua angustifolia kunth, un esfuerzo admisible a la compresión de 20,1 MPa, un valor 30% mayor al mínimo establecido en el Reglamento Colombiano de construcción Sismo-Resistente. Así mismo, los valores de esfuerzo admisible a flexión fueron de 17,57 MPa, el cual es un valor 17% superior al mínimo establecido por la norma. Dicha investigación también contemplo el cálculo del módulo de elasticidad a partir de los ensayos de flexión, el cual fue de 15955 MPa,

### Diseño del puente peatonal

El desarrollo sostenible se ha convertido en un tema principal dentro de la comunidad internacional y el concepto de “Construcción ecológica” comienza a ser una opción inevitable para el desarrollo, por lo cual se empiezan a reemplazar materiales como el acero y el concreto por materiales más respetuosos con el medio ambiente. En este sentido se propone el diseño de un puente peatonal en guadua, un material, que como lo menciona Xiao (2010), es un recurso natural, ampliamente disponible y renovable, posee buenas propiedades mecánicas, y las estructuras en este material son esencialmente ecológicas, libre de contaminación y apuntan al desarrollo sostenible.

A continuación se detalla la alternativa de diseño propuesta para la construcción del puente peatonal en guadua en el municipio de Cocorná, y previamente se hace un análisis de los elementos constructivos, uniones y conexiones en este tipo de estructuras.

#### Elementos constructivos, uniones y conexiones

El análisis y diseño de elementos constructivos con guadua, al igual que con la madera puede ser algo peligroso, pues, aun cuando los elementos son lo suficientemente resistentes para los esfuerzos calculados las uniones y conexiones pueden llegar a ser demasiado débiles y en el caso de la guadua estas requieren un cuidado especial. Existen diversas soluciones tradicionales para la conexiones con este material, sin embargo el problema



fundamental radica en la baja resistencia de la guadua a los esfuerzos de tracción, hecho que se extrapola a las cerchas que puedan ser configuradas con este material, pues en este tipo de estructuras existen elementos que son sometidos a esfuerzos de compresión y tensión, y como ya se mencionó la guadua no posee un adecuado comportamiento bajo estos esfuerzos (Rodríguez y Morales, 2008).

En la Figura 5 se describen los principales tipos de uniones y conexiones que se emplearon en el diseño del puente peatonal.

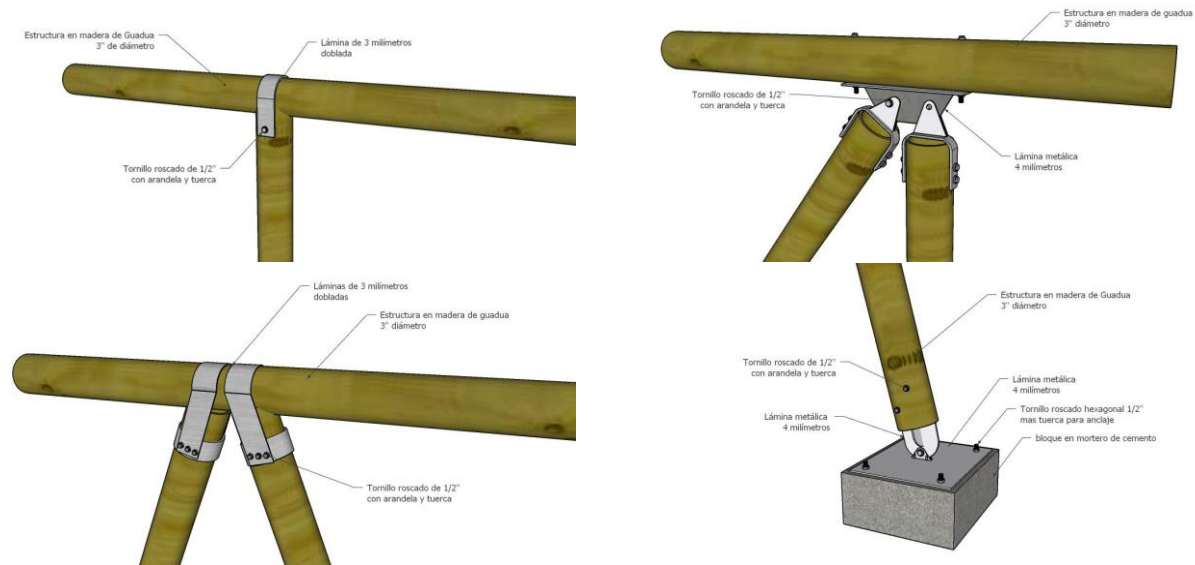


Figura 5. Principales uniones y conexiones de la estructura del puente

*Alternativa de diseño arquitectónico del puente*

La estructura principal como se aprecia en la figura 6 está compuesta por un tablero de 12,01 m de longitud, compuesto de 192 unidades en guadua dispuestas en forma transversal que se comportan como vigas con una longitud de 2,15 m y un diámetro promedio de 4 pulgadas. Posee dos cerchas a cada lado del tablero, las cuales consisten en un arco compuesto por elementos de guadua arriostrados entre sí por uniones mecánicas con alturas variables entre 3.0 m y 5.0 m.

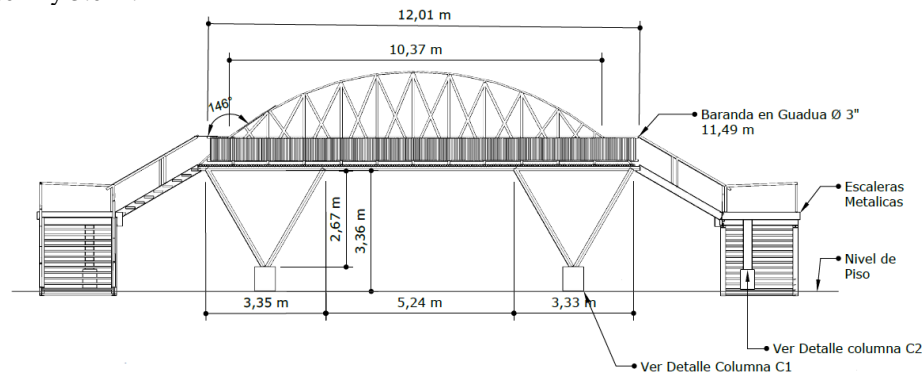


Figura 6. Vista frontal de puente

El puente posee dos rampas de acceso como se muestra en la figura 7, y corresponden a escaleras metálicas, con un tramo inicial de 3,60 m, un descanso de 2,03 m y un segundo tramo de 2,36 m. y los barandales o pasamanos están diseñados en guadua con diámetro promedio de 3 pulgadas. En total el puente peatonal posee una longitud efectiva de 21,15 m que va de extremo a extremo de la vía.

El tablero es soportado por cuatro columnas que convergen en dos pedestales respectivamente, que se pueden apreciar en los detalles de la figura 8, las columnas se componen de 8 guaduas unidas entre sí que actúan

como un mismo elemento estructural con dimensiones de 0,26 m y 0,13 m respectivamente, y una longitud de 3,18 m. El pedestal es un dado en concreto de 0,40 m de largo y 0,37 m de ancho y 0,77 m de altura. En la figura 9 se ilustran los detalles de la columna C2 que soporta las escaleras de acceso y corresponde a un perfil metálico en I de 1,38 m de altura empotrada en un dado de 0,40 m de largo y 0,37 m de ancho y 0,55 m de altura

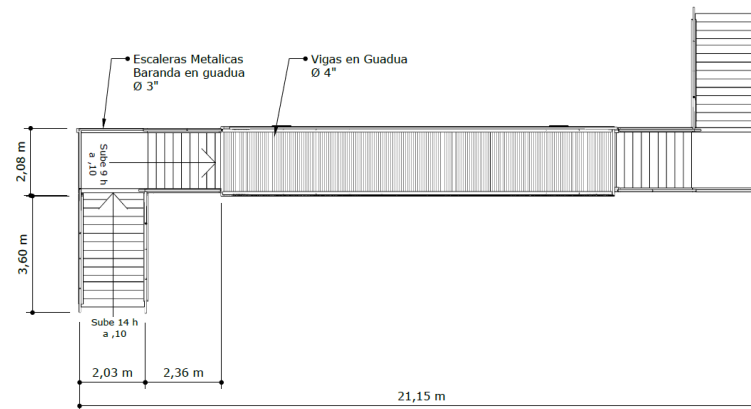


Figura 7. Vista en planta del puente

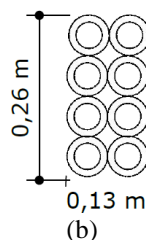
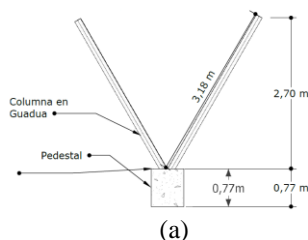


Figura 8. Columna C1 (a) vista frontal, (b) vista en planta

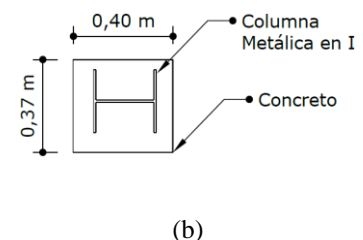
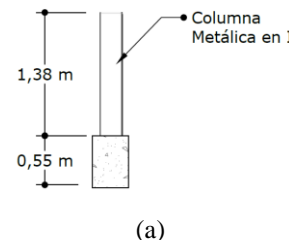


Figura 9. Columna C2 (a) vista frontal, (b) vista en planta

Finalmente la figura 10 se muestra el diseño final del puente en un modelo 3D. La finalidad principal del diseño propuesto busca armonizar la estructura con el contexto paisajístico de la zona, siendo una alternativa estética y funcional que permite un paso seguro de los peatones y además brinda una experiencia agradable a los usuarios.



Figura 10. Diseño general del puente

### Comentarios Finales

#### Conclusiones

En este trabajo se realiza un análisis descriptivo de la guadua como material alternativo para la construcción de puentes peatonales, motivados por la creciente necesidad de utilizar materiales que demanden un menor consumo energético y de menor carga contaminante. A partir de la literatura e investigaciones consultadas es posible asegurar que la guadua es un material con un comportamiento estructural adecuado y con el cual se han realizado ya diferentes estructuras en Colombia.

La guadua como material de construcción constituye una alternativa sostenible frente a los materiales tradicionales y su utilización además de ser ecológicamente amigable por ser sustituto de la madera, también impone un nuevo estilo en la arquitectura.

Colombia ocupa el segundo puesto en América latina en diversidad de especies de bambúes, después de Brasil, por lo cual es pertinente empezar a incluir con mayor frecuencia el uso de este material dentro del diseño

urbanístico de las ciudades. El puente peatonal que se diseñó para el municipio de Cocorná es una alternativa enmarcada dentro de las construcciones Ecológicas, que además de brindar una experiencia agradable a los usuarios debido a su estética y acabado también es un funcional en la medida que ofrece un paso seguro a los transeúntes.

### Recomendaciones

El análisis descrito en el presente trabajo fue realizado desde el punto de vista arquitectónico y funcional de la estructura, priorizando aspectos estéticos y urbanísticos, por lo cual es necesario llevar a cabo modelación estructural, obteniendo los parámetros de diseño a partir de pruebas de laboratorio sobre las especies de guadua de la zona

### Referencias

- Carmioli, V. U. "Bambú Guadua en puentes peatonales," *Revista Tecnología en Marcha*, Vol. 23, No 1, 2010.
- Chung, K.F. y, Yu, W.K. "Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings," *Engineering Structures*, Vol. 24, No. 2, 2002.
- E.O.T. Esquema de Ordenamiento Territorial, Alcaldía municipal de Cocorná, 2016, (en línea) <http://www.cocorna-antioquia.gov.co/control/esquema-de-publicacion-de-informacion>
- Ghavam, K., Rodrigues, C. S. y Pacionik, S. "Bamboo: functionally graded composite material". *Asian journal of civil engineering (building and housing)*, Vol. 4, No 1, 2003.
- Ghavam, K. "Bamboo as reinforcement in structural concrete elements". *Cement and Concrete Composites*, Vol. 27, No 6, 2005.
- Hernández, S. J. y Pérez, Y. P. "Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la guadua angustifolia kunth como material de construcción en el municipio de convención". Tesis de pregrado, *Universidad Francisco de Paula Santander*, Ocaña, Colombia, 2016.
- Tommy, Y., Cui, H. Z. y Leung, H. C. "The effect of fiber , density on strength capacity of bamboo," *Materials Letters*, Vol. 58, No 21, 2004.
- Rodríguez, C. A. y Morales, "El Bambú como material estructural: análisis de un caso práctico". *Escuela Politécnica Superior*, España, 2008.
- Shao Z. P., Fang C.H., Tian G.L. "Mode I interlaminar fracture property of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*)". *Wood Science and Technology*, Vol. 43, No. 5, 2009.
- Tan, T., Rahbar, N., Allameh, S. M., Kwofie, S., Dissmore, D., Ghavam, K., y Soboyejo, W. O. (2011). "Mechanical properties of functionally graded hierarchical bamboo structures," *Acta biomaterialia*, Vol. 7, No 10, 2011.
- Van der Lugt, P., Van den Dobbelen, A. A. J. F., y Janssen, J. J. "An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures". *Construction and building materials*, Vol. 20, No.9, 2006.
- Xiao, Y., Inoue, M., y Paudel, S. K. "Modern Bamboo Structures Proceedings of the First International Conference". *CRC Press*, Changsha, China, 2008.
- Xiao, Y., Zhou, Q., & Shan, B. "Design and construction of modern bamboo bridges". *Journal of Bridge Engineering*, Vol. 15, No.5, 2010.

### Notas Biográficas

La **MSc Haidee Yulady Jaramillo** es ingeniero Constructor Civil desde 2007, especialista en supervisión de proyectos y obras civiles en 2009 de la Universidad Nacional de Colombia Medellín, y posee una maestría en Construcción con énfasis en Sostenibilidad de la universidad Nacional de Colombia en 2014. Ha trabajado en el sector de la construcción en la ciudad de Medellín en proyectos de sector público y privado y además se ha desempeñado como docente en diferentes universidades como: Institución universitaria Universidad del Gran Antioquia desde 2009 - 2017 Docente de la sede de la Universidad Nacional de Medellín en la facultad de arquitectura y escuela de construcción, profesor en la facultad de ingeniería civil del Politécnico Jaime Isaza Cadavid 2017 y actualmente profesora del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula en Santander Ocaña y codirectora del grupo de investigación en Construcción, Geotécnica y Medio Ambiente GIGMA. Sus intereses de investigación están en el campo de los eco-materiales y la sostenibilidad en todos los aspectos de la ingeniería y la construcción.

El **MSc Romel Jesús Gallardo Amaya** se graduó de ingeniería civil en 1997, es especialista en Ingeniería Ambiental, y magister en geotecnia en 2014, todos ellos de la Universidad Industrial de Santander, Colombia. Desde 1997 hasta 2018, trabajo en varios proyectos de ingeniería civil y desde 2009 hasta 2018 es profesor titular en el departamento de Ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, también es director del grupo de Investigación en Construcción, Geotécnica y Medio Ambiente GIGMA. Y sus intereses de investigación incluyen: geotecnia, modelado y análisis de la estabilidad del terreno, evaluación de riesgos de inestabilidad del terreno, fundaciones y mejoramiento de suelos.

La **MSc July Andrea Gómez Camperos** es ingeniera mecatrónica desde 2007, Magister en controles industriales en 2015 de la Universidad de Pamplona, ha trabajado en el sector e proyectos e innovación durante 5 años en la estrategia tecnoparque SENA y se ha desempeñado como docente en la Universidad Francisco de Paula Santander desde el 2008 y actualmente como profesora de tiempo completo del programa de ingeniería mecánica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, los intereses de investigación son en ingeniería, automatización y control.

# I'MBOT: ROBOT IMITADOR DE MOVIMIENTOS PARA NIÑOS CON TDAH

Yulissa Sagitario Jiménez Domínguez<sup>1</sup>, Jair Omar Fuentes Osorio<sup>2</sup> y  
Ernesto Daniel Toledo Manuel<sup>3</sup>

**Resumen**— El siguiente artículo presenta un robot que imita los movimientos de niños con TDAH (Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad) La idea principal del proyecto es la fabricación de un muñeco didáctico diseñado para que tenga la oportunidad de ser versátil e independiente y así ofrecer beneficios adicionales de una sala sensorial sin la necesidad de asistir a ella. Su funcionamiento es debido a sensores (Giroscopios) ubicados en las extremidades del usuario (Brazos, piernas y hombros) que al momento controlara el movimiento del robot.

**Palabras clave**— Cognitivo, Didáctico, Imitación, Psicomotriz, Trastorno

## Introducción

Mundialmente, entre 1.2% y 7.3% de la población padece el TDAH el cual se encuentra clasificado por la Organización Mundial de Salud (OMS) como trastorno mental.

Alrededor del 6% de la población infantil en México padece TDAH lo cual equivale a 1.5 millones de infantes y año con año se añaden más a la lista con esta enfermedad presentando en estos últimos años un incremento de 100,000 niños del 2017 al presente, dicha enfermedad afecta su desarrollo y calidad de vida, por lo cual es necesario detectarlo y tratarlo oportunamente, puesto que los menores que no reciben el tratamiento requerido son más susceptibles a presentar conductas asociales y problemas de relaciones interpersonales y con su entorno, esto lo dio a conocer el subsecretario del sector salud de México Jose Meljem Moctezuma [1] (Urzua, A. 2009).

A continuación, presentaremos a I'mBot, el cual es un muñeco didáctico imitador de movimientos. Este tendrá la cualidad de ser versátil e independiente; es una herramienta diseñada para implementarse en las terapias y así ofrecer beneficios adicionales de una sala sensorial sin la necesidad de asistir, mediante la interacción bilateral. Aportando beneficios en diversos ámbitos como una mejor concentración, mejorar su capacidad cognitiva y desarrollar una mejor psicomotricidad en los pacientes.

## Cuerpo principal

El muñeco didáctico

I'mBot es un robot imitador de movimientos elaborado con la finalidad de reforzar las terapias brindadas a niños con problemas psicomotrices y cognitivos.

Mundialmente, entre 1.2% y 7.3% de la población padece el TDAH el cual se encuentra clasificado por la Organización Mundial de Salud (OMS) como trastorno mental. Alrededor del 3% de la población infantil en México padece TDAH, afecta su desarrollo y calidad de vida, es necesario detectarlo y tratarlo oportunamente, ya que los menores que no reciben el tratamiento requerido son más susceptibles a caer en adicciones, esto lo dio a conocer el subsecretario del sector salud de México José Meljem Moctezuma. [2]

Presentará sensores colocados en el usuario los cuales permitirán controlar los movimientos del robot, estos se encontrarán en los brazos y piernas mediante bandas ajustables; logrando que "imite" los movimientos que realice el infante. Teniendo como fin el incentivar a los niños a realizar sus terapias mientras juegan y se divierten, evitando problemas psicomotrices, de circulación, depresión y ansiedad.

La innovación del robot empieza desde la captación de movimientos estos son realizados por distintos sensores que en hombros y piernas están a cargo de un acelerómetro y giroscopio modelo Mpu6050 el cual cumple con la finalidad de medir el desplazamiento angular en función de tiempo, lo cual mediante pulsos eléctricos llega a la placa, posteriormente en esta se realiza la evaluación y programación secuencial de acciones transformando señales analógicas a digitales para ser redirigidas a los servomotores Mg995 con una capacidad de 15 kg fuerza.

Su objetivo principal es brindar apoyo en psicoterapias para niños que padecen de Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) dejando a un lado las terapias tradicionales y así incluir las nuevas tecnologías.

Este será el primer robot que brindará soporte a las terapias para los niños que padecen TDAH, aunado a esto los beneficios de I'mBot no solo se observarán en los niños que padecen TDAH sino en todos los niños que interactúen con él.

I'mBot cuenta con movimientos de flexión, extensión, abducción y aducción los, cuales son asignados por microcontroladores ESP8266 y ESP32 interconectados con giroscopios a través de señales inalámbricas. Dichos microcontroladores tienen una programación con una base en lenguaje C y C++.

Por otra parte, I'mBot cuenta con una bocina con tecnología bluetooth la cual tiene la capacidad de transmitir infinidad de sonidos y ordenes que ayuden a la estimulación del paciente, haciendo más eficientes las terapias y los resultados obtenidos.

Al adquirir a I'mBot, ya no será necesario disponer de una sala especializada la cual cuente con más artículos para el tratamiento del TDAH, o con requerimientos especiales, puesto que los especialistas podrán adecuar las terapias dentro de los lugares seleccionados para impartirla o para que estas sean brindadas desde casa al implementar a I'mBot y proporcionar capacitación para los padres. Esto ayudará a reducir costos considerablemente, obteniendo mayores resultados que los obtenidos con los métodos ya existentes.

En la capacitación de los padres, ellos aprenden nuevas habilidades y conocimientos para guiar a sus hijos y orientarlos, para manejar su conducta. Se ha demostrado que la capacitación de los padres en terapia conductual fortalece la relación entre padres e hijos, y disminuye las conductas negativas o problemáticas de los niños. [3] La capacitación de los padres en terapia conductual también se conoce como capacitación en manejo del comportamiento para padres, capacitación conductual para padres, terapia del comportamiento para padres o simplemente capacitación para padres.

En la terapia conductual con los niños, el terapeuta trabaja con ellos para que aprendan nuevas conductas que reemplacen las que no funcionan o las que causan problemas. El terapeuta también puede ayudar a los niños para que logren expresar sus sentimientos de maneras que no generen conflictos para ellos ni para otros infantes. Las metas de la terapia del comportamiento son aprender o fortalecer los comportamientos positivos y eliminar los comportamientos no deseados o problemáticos. La terapia conductual puede incluir capacitación en terapia conductual para los padres, terapia conductual con los niños o una combinación de ambas. Los maestros también pueden utilizar terapia conductual para ayudar a reducir las conductas problemáticas en el aula. [4]

- La terapia conductual les da a los padres las habilidades y estrategias para ayudar a su hijo.
- La terapia conductual ha demostrado ser tan eficaz como los medicamentos para tratar el TDAH en niños pequeños.
- Los niños pequeños tienen más efectos secundarios por los medicamentos para el TDAH que los niños mayores.
- No se han estudiado bien los efectos a largo plazo de los medicamentos para el TDAH en los niños pequeños.

Por medio de los giroscopios el robot imitara los movimientos de quien lo porte teniendo resultados parecidos que una sala sensorial como lo son:

- Controlar conductas impulsivas
- Tener mayor control al momento de prestar atención
- Reducir la hiperactividad del portador

Al implementar I'mBot en los centros especiales, estos podrán realizar terapias en las cuales se utilicen más de un robot y los niños al interactuar por medio de ellos, podrán mejorar su relación con su entorno y con los demás niños. Esto será un beneficio mayor ya que además de reducir en gran medida las problemáticas presentes en niños con TDAH, si más de un usuario están juntos propiciará a una comunicación y esto hará que comience un encuentro social; porque tenemos en cuenta que el TDAH afecta sus relaciones no solo con los padres de familia si no con personas que tienen contacto cercano a él.

### **Comentarios Finales**

En este artículo hemos presentado un nuevo muñeco didáctico imitador de movimientos, el cual servirá para ofrecer beneficios adicionales a los que proporciona una sala sensorial.

Este es un proyecto innovador puesto que no hay antecedentes de investigación o aplicación sobre la imitación de movimiento en ayuda al TDAH o algún trastorno que genere deficiencia en la psicomotricidad y conectividad de los infantes.

Lo más importante al momento de trabajar fue la comunicación del usuario con el robot humanoide. Se demostró que I'mBot tiene la capacidad de apoyar a las terapias impartidas a los niños que presentan los niños con el padecimiento de Trastorno por déficit de Atención e Hiperactividad, a además de que ayudo a mejorar la capacidad motriz del infante, teniendo así avances en su salud física, mental y apoyando en fomentar mejores relaciones con otras personas.

Surgieron nuevas ideas al momento de su desarrollo como lo es la comunicación entre la placa y el usuario por el medio wifi utilizando giroscopios como sensores y servomotores como actuadores.

El método principal de este fue una investigación tipo documental para adentrarnos profundamente en el tema además de una de tipo experimental ya que nuestro propósito era saber la población que presenta TDAH y con eso empezar la realización del diseño.

### Referencias

- [1]Urzua, A. y otros (2009). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad en niños escolarizados. [En línea] Chile: Revista chilena de pediatría. Disponible en: [http://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=50370.410620090004000048scrip=sci\\_artex](http://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=50370.410620090004000048scrip=sci_artex)
- [2]Villar O. Isabel, Impacto y detección de niños con trastornos por defecto de atención con imperactividad
- [3]Díaz Marta I., Ruiz María A y Villalobos Arabelia. “Manual de técnicas y terapias cognitivo conductuales”
- [4] Rodríguez B. Ricardo, Vetere Giselle. “Manual de terapia cognitiva conductual”

# IDENTIFICACIÓN DE *Fibrobacter succinogenes*, HONGOS ANAEROBIOS Y BACTERIAS TOTALES RUMINALES POR PCR (PUNTO FINAL) EN OVINOS SUPLEMENTADOS CON PROBIÓTICOS

Erika Yajaira Jiménez Elías Q.F.B.<sup>1</sup>, Q.F.B. Sandra Janeth Hernández Páez<sup>2</sup>, M. en C. Perla Ivonne Gallegos Flores<sup>3</sup>, Dr en C. Rómulo Bañuelos Valenzuela<sup>4</sup>, Dra en C. Lucía Delgadillo Ruiz<sup>5</sup>, Dr en C. Carlos Meza López<sup>6</sup>

**Resumen-** El objetivo fue identificar *Fibrobacter succinogenes*, hongos anaerobios y bacterias totales ruminales por PCR en ovinos suplementados con probióticos. Las unidades experimentales: borregos cruce Katahdin y Dorper. Suplementados con probiótico® en concentraciones de 100, 66 y 33%. El líquido ruminal se obtuvo a través de sonda. La extracción de ADN genómico se realizó con el kit Ultra Clean Microbial DNA, la cuantificación de DNA se realizó en un espectrofotómetro y las reacciones de PCR se realizaron con oligonucleótidos sintetizados por invitrogen. La cuantificación de DNA genómico fue mayor a 25 ng/μL. Se demostró el efecto inhibitorio del probiótico sobre *Fibrobacter succinogenes* en una concentración de 100%. Los hongos anaerobios y bacterias totales no se vieron afectados con la suplementación del probiótico. En este estudio se demostró que los probióticos son un aditivo que se puede utilizar con éxito ya que no modifico la población de hongos anaerobios y bacterias totales.

**Palabras clave-** Fermentación ruminal, PCR, Probiótico, microorganismos ruminales.

## Introducción

Existen diferentes productos o suplementos que permiten modular la fermentación ruminal tales como: búffers y productos alcalinizantes; antibióticos; extracto de plantas; aceites esenciales y probióticos o aditivos microbianos. El uso de alguno de estos suplementos tiene la finalidad de aumentar la degradación de carbohidratos estructurales y no estructurales, aumentar la producción de ácidos grasos volátiles (AGV's), estimular la producción de propionato, inhibir la producción de metano, controlar la producción de lactato y disminuir el amonio (Espíndola, 2010).

Los probióticos son "Cepas vivas de microorganismos estrictamente seleccionados que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren salud y un beneficio en el hospedador" (Markowiak y Śliżewska, 2018). De acuerdo con Milian, 2005, son productos naturales que se utilizan como promotores del crecimiento en los animales, permiten obtener mayores rendimientos, aumentan la resistencia inmunológica y reducen la cantidad de patógenos en el tracto gastrointestinal (TGI).

En la práctica pecuaria, suelen presentarse bajo formas destinadas a ser administradas en el agua o en el alimento. Los microorganismos que constituyen los probióticos son principalmente bacterias capaces de producir ácido láctico, que son las más conocidas, pero también se incluyen bacterias no lácticas, levaduras y hongos. Es importante destacar que existe una diferencia entre no rumiantes y rumiantes, en lo que se refiere a las posibilidades de utilización de los probióticos. Esto se debe a que los rumiantes son capaces de producir importantes cantidades de lactato y *Lactobacillus* en el retículo-rumen en condiciones naturales de acidez, resulta así que uno de los puntos de mayor interés del empleo de probióticos en rumiantes es controlar la acumulación de lactato en el rumen, lo que se intenta conseguir por medio de la estimulación de los microorganismos utilizadores de lactato y estimuladores de la síntesis de propionato (Caja *et al.*, 2003). Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue identificar *Fibrobacter succinogenes*, hongos anaerobios y bacterias totales ruminales por PCR (punto final) en ovinos suplementados con probióticos.

---

<sup>1</sup> Erika Yajaira Jiménez Elías Q.F.B. alumna de la Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas.

<sup>2</sup> Q.F.B. Sandra Janeth Hernández Páez, alumna de la Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas.

<sup>3</sup> M. en C. Perla Ivonne Gallegos Flores, Docente Investigador Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas. [perla\\_gf17@hotmail.com](mailto:perla_gf17@hotmail.com) (autor corresponsal).

<sup>4</sup> Dr en C. Rómulo Bañuelos Valenzuela, Docente Investigador Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas.

<sup>5</sup> Dra en C. Lucía Delgadillo Ruiz, Docente Investigador Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas.

<sup>6</sup> Dr en C. Carlos Meza López, Docente Investigador Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas.

## Materiales y métodos

### *Unidades experimentales*

Fueron animales de pelo tipo criollo, cruce de Katahdin y Dorper, los cuales presentaron una edad similar no mayor a las tres semanas de diferencia entre el mayor y el menor, con pesos al destete de 11 a 17 Kg. Los animales muestreados fueron alimentados con una dieta específica a base de rastrojo molido de maíz 45%, alfalfa molida 20%, grano de maíz 25%, melaza 8%, bicarbonato 1.5%, premezcla de vitaminas y minerales 0.1%, sal común 0.4%. La suplementación con el probiótico comercial® fue adicionada en el agua de bebida de los animales, utilizando concentraciones de 100, 66 y 33 %. Para esto se utilizaron corrales de malla de alambre, comederos de canoa, cubeta de 20 litros para bebedero individual para cada corral.

### *Extracción de líquido ruminal*

Para la obtención de la muestra a partir de las unidades experimentales (borregos) se realizó a través de una sonda ruminal en un volumen aproximado de 30 mL (para la identificación de la microbiota ruminal por PCR); esta alícuota fue conservada a -20 °C para su posterior procesamiento en el laboratorio. El experimento duró 110 días; de los cuales los tiempos de muestreo fueron m1 (tiempo 0), m2 (30 días), m3 (60 días) y m4 (110 días); el muestreo m3 se efectuó durante 48 hr continuas cada 6 horas, por lo que al final del experimento se obtuvieron 11 muestras para extracción de DNA de cada tratamiento. Lo anterior se efectuó de acuerdo con los protocolos de salud y bienestar animal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

### *Extracción de ADN*

Para la extracción de DNA genómico, se utilizaron 300 µL de líquido ruminal homogenizado; utilizando las especificaciones del kit Ultra Clean Microbial DNA Isolation de MO BIO Laboratories Inc.

### *Cuantificación de DNA*

La cuantificación de DNA en unidades de ng/ µL, se llevó a cabo en un espectrofotómetro (NanoDrop ND-2000 Thermo Scientific)

### *Reacción en cadena de la polimerasa (PCR).*

Las reacciones de PCR se realizaron con oligonucleótidos universales sintetizados por invitrogen (Bacterias totales, hongos anaerobios y *Fibrobacter succinogenes*). La mezcla de PCR fue a un volumen final de 25 µL el cual contenía: amortiguador de reacción 1X (Tris-HCl 20 mM pH 8.4, KCl 50 mM, Invitrogen), MgCl<sub>2</sub> 1.2 mM (Invitrogen), dNTPs 0.25 µM (Invitrogen), oligonucleotido 0.5 µM (Invitrogen), Platinum Taq DNA Polymerase 1 U (Invitrogen) y la concentración de DNA fue ajustada a 25 ng/µL. Para evitar contaminación la mezcla de la reacción se llevó a cabo en campana de flujo laminar (Lab Tech®).

### *Geles de Agarosa*

Los productos amplificados se sometieron a electroforesis en una cámara horizontal (Thermo® EC 330) en geles de agarosa al 1.5% en tampón TAE 1X (tris 0.04 M; ácido acético glacial 0.1% v/v; EDTA 0.5 M) con bromuro de etidio. Para ello se usó una cámara de electroforesis horizontal Thermo® EC 330. El corrimiento se realizó durante 45 min a 80 V/cm constantes.

### *Análisis digital*

Los geles fueron visualizados mediante irradiación con luz ultravioleta en un fotodocumentador (Bio rad ChemiDoc™ XRS+).

## Resultados y discusión

Los resultados de la cuantificación de DNA genómico fueron mayores a 25 ng/µL por lo que las reacciones de PCR fueron apropiadas y la pureza fue determinada considerando relaciones de absorbancia de 260/280, la cual presentó un rango de 1.7 a 1.8. La PCR permitió determinar de forma rápida y específica el efecto de los probióticos en la dieta sobre las poblaciones microbianas ruminales estudiadas (*Fibrobacter succinogenes*, hongos anaerobios y bacterias totales) mediante la identificación de estos. En este trabajo se demostró que el probiótico tiene un efecto inhibitorio sobre *Fibrobacter succinogenes* en una concentración de 100%; ya que no se observa la banda específica para el oligonucleotido (121 pb) en comparación con el control (figura 1), sin embargo, para las concentraciones de 66 y 33% esta banda sí está presente (Figura 2).





Figura 1. Detección cualitativa por PCR (punto final) de *Fibrobacter succinogenes* en líquido ruminal de borregos suplementados con probiótico. *Gel Control*. Carriles: 1 y 13, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días).

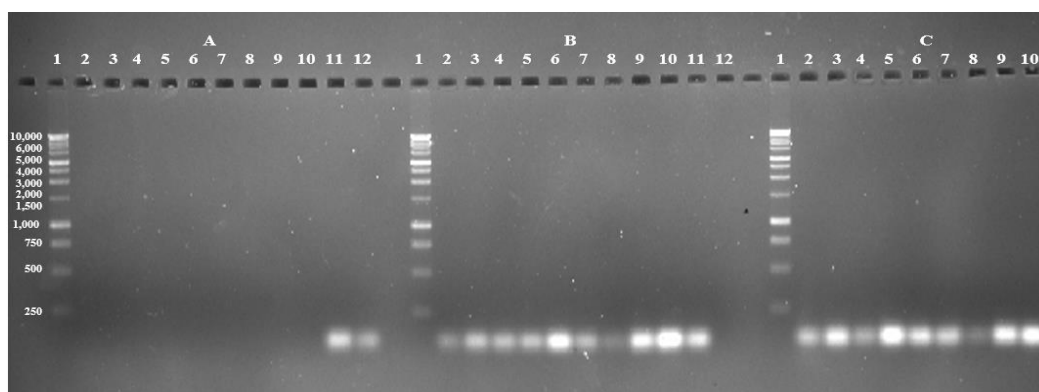


Figura 2. Detección cualitativa por PCR (punto final) de *Fibrobacter succinogenes* en líquido ruminal de borregos suplementados con probiótico. *Gel A*. Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días). *Gel B*. Probiótico 100%. Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días). *Gel B*. Probiótico 66%. Carriles: 2, Marcador de peso molecular; 3, m1 (tiempo 0); 4, m2 (30 días); 5-12, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 13, m4 (110 días). *Gel C*. Probiótico 33%. Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3-9, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 36, 42, 48 h-) y 10, m4 (110 días).

Para los hongos anaerobios (120 pb), estos no se vieron afectados con la suplementación del probiótico en ninguna de sus concentraciones (figuras 3 y 4).

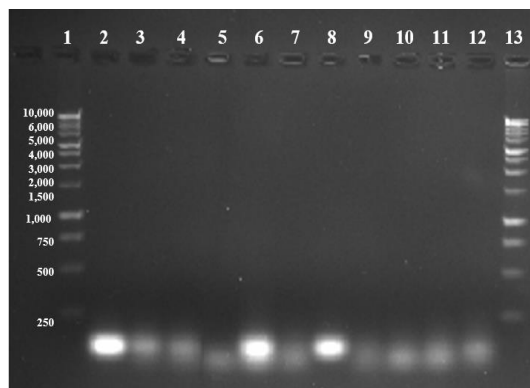


Figura 3. Detección cualitativa por PCR (punto final) de hongos anaerobios en líquido ruminal de borregos suplementados con probiótico. *Gel Control*. Carriles: 1 y 13, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días -6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días).

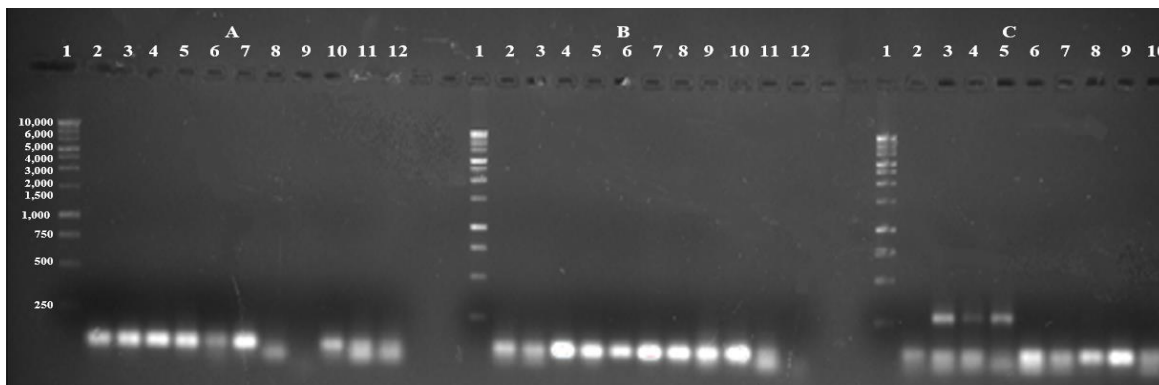


Figura 4. Detección cualitativa por PCR (punto final) de hongos anaerobios en líquido ruminal de borregos suplementados con probiótico. **Gel A.** Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días). **Gel B.** Probiótico 100%. Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días). **Gel C.** Probiótico 66%. Carriles: 2, Marcador de peso molecular; 3, m1 (tiempo 0); 4, m2 (30 días); 5-12, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 13, m4 (110 días). **Gel D.** Probiótico 33%. Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3-9, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 36, 42, 48 h-) y 10, m4 (110 días).

Con respecto a las bacterias totales (130 pb) estas se vieron afectadas únicamente en la concentración del 66% en el muestreo 4 (110 días) (figuras 5 y 6).

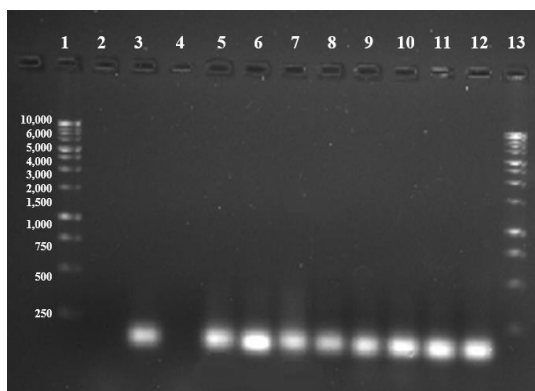


Figura 5. Detección cualitativa por PCR (punto final) de bacterias totales en líquido ruminal de borregos suplementados con probiótico. **Gel Control.** Carriles: 1 y 13, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días -6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días).

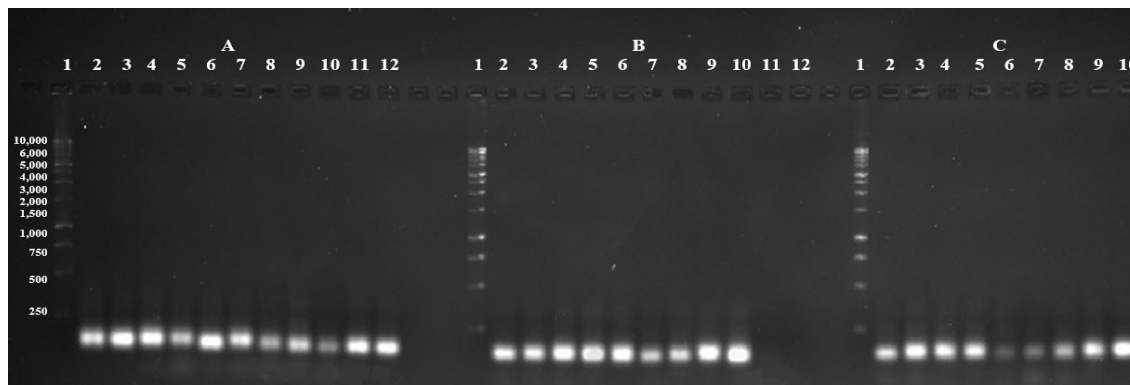


Figura 6. Detección cualitativa por PCR (punto final) de bacterias totales en líquido ruminal de borregos suplementados con probiótico. **Gel A.** Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días). **Gel B.** Probiótico 100%. Carriles: 1, Marcador

de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3, m2 (30 días); 4-11, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 12, m4 (110 días). **Gel B.** Probiótico 66%. Carriles: 2, Marcador de peso molecular; 3, m1 (tiempo 0); 4, m2 (30 días); 5-12, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 h-) y 13, m4 (110 días). **Gel C.** Probiótico 33%. Carriles: 1, Marcador de peso molecular; 2, m1 (tiempo 0); 3-9, m3 (60 días - 6, 12, 18, 24, 36, 42, 48 h-) y 10, m4 (110 días).

Las bacterias fibrolíticas (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* y *Ruminococcus flavefacie*) del rumen anaeróbico, los protozoos y los hongos degradan el material fibroso, lo que permite a los rumiantes utilizar la fibra vegetal para su nutrición. Las bacterias son los microorganismos más numerosos y al igual que las anteriores, juegan un papel importante en la degradación biológica de la fibra dietética. Rodríguez *et al.* (2012) plantean que son muchas las bacterias y levaduras que se pueden usar de forma beneficiosa para mantener una flora digestiva sana y en equilibrio; los microorganismos más usados son *Lactobacillus sp.*, *Sreptococcus faeccium*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. stearothermophyllus* y *Saccharomyces cerevisiae*. Los *Lactobacillus* crecen rápidamente en el intestino, son quizá los más conocidos, se trata de bacterias que pueden transformar la lactosa en ácido láctico, por lo que el aumento de ácido láctico disminuye el pH intestinal, lo cual afecta la supervivencia de microorganismos no beneficiosos para la flora ruminal, patógenos, entre otros.

El efecto de los probióticos parece estar relacionado con los mecanismos y procesos metabólicos llevados a cabo por los microorganismos ruminales, los cuales participan en la fermentación ruminal, formación de metano y producción de AGV's. Una mayor producción de propionato favorecida por la adición de probióticos, reduce el hidrógeno libre en el rumen, haciéndolo menos disponible para las bacterias metanogénicas; aunque en este estudio no se evaluaron estas bacterias, una reducción en la producción de metano puede hacer que haya más energía disponible para el huésped. *Fibrobacter succinogenes* se encuentran entre las bacterias del rumen que participan en la degradación de la fibra (Galindo *et al.*, 2017), igualmente, los hongos anaerobios ruminales desempeñan un papel estratégico en la digestión de alimentos fibrosos, ya que presentan una gran habilidad para colonizar paredes celulares lignificadas y para debilitar los tejidos fibrosos de las plantas, así como la degradación de los componentes estructurales de su pared celular (Park *et al.*, 2000). En este caso el probiótico no actuó sobre las poblaciones celulíticas excepto a una concentración del 100% en *Fibrobacter succinogenes*.

### Conclusión

En este estudio se demostró que los probióticos son un aditivo que se puede utilizar con éxito ya que no modificó la población de *Fibrobacter succinogenes*, hongos anaerobios y bacterias totales, ya que estos son implementados siempre y cuando no afecte el resto de las poblaciones microbianas y el ambiente ruminal. Por lo que se demuestra una vez más que la técnica de PCR es un método sensible, eficaz y específico para desarrollar estudios con poblaciones microbianas ruminales.

### Referencias

- Espíndola, M.S "Alternativas que permiten modificar la fermentación ruminal en vacas lecheras In: Rumen: morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa" 3ª Ed. *Imprenta América*, Valdivia Chile, 2010. 119-126.
- Markowiak, P., y Śliżewska K. "The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition" *Department of Biotechnology and Food Sciences*, Institute of Fermentation Technology and Microbiology, Lodz University of Technology. Vol. 10, No. 1, 2018. .
- Milian, G. "Empleo de probióticos a base de *Bacillus sp* y sus endosporas en la producción avícola" *Instituto de Ciencia Animal*. Apartado Postal 24. San José de las Lajas, La Habana. pp.16, 2005.
- Caja, G., E. González, C. Flores, M.D. Carro y E. Albanell. "Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos" *Avances en nutrición y alimentación animal*. Fira de Barcelona, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 193-214, 2003.
- Rodríguez, I., M. Salazar., E. Villalobos. "Lactobacillus spp del tracto intestinal de Gallus gallus con potencial probiótico" *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo*. Trujillo. Perú. Vol. 32, No. 2, 2012.
- Parker, R.B. "Probiotics, the other half of the antibiotic story" *Anim Nutr Health*. Vol. 29, pp 4-8, 1974.
- Galindo, J., Elías, A., Muñoz, E., Marrero, Y., González, N., Sosa, A. Ruminant activators, general features and their advantages for feeding ruminants *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 51, núm. 1. 2017.

## Epígonos del desarrollo latinoamericano en un mundo globalizante

Dr. José Alejandro Jiménez Jiménez<sup>1</sup>, Dr. Lorenzo Salgado García<sup>2</sup>,  
Dr. Jorge Vázquez Sánchez<sup>3</sup>, Dr. Alexander Yahir Jiménez Limón<sup>4</sup>

**Resumen**—El proceso de globalización de las economías de mercado, difiere en mucho del simple reacomodo o distribución de actividades pregonadas en la época del liberalismo económico.

**Ahora, para competir y mantener un cierto control, las naciones exacerban sus capacidades de innovación, so pena de ser sometidas por otras; o, sus gobernantes se vuelven cómplices en el saqueo de recursos por el capital internacional, bajo cualquiera de sus modalidades (industrial, comercial o financiera).**

**La inserción de los pueblos iberoamericanos a la globalización, bajo la gestión neoliberal, ha llevado a los conductores de la política económica de estas naciones, a promover acciones tales como el otorgamiento de subsidios, creación de obras en infraestructuras y promulgación de exenciones tributarias, destinadas a atraer proyectos e inversiones en sectores de recursos naturales o actividades de reconocido impacto y elevado costo social, que no garantizan un buen desenlace para el desarrollo regional ni la preservación del medio ambiente, ni la vida en el planeta.**

**Palabras clave**—Globalización, integración, capital humano, gobierno

### Introducción

A lo largo de más de 500 años, las diversas riquezas latinoamericanas han servido para favorecer las exigencias de las denominadas economías centrales en el contexto mundial. En estas últimas, los procesos de acumulación del capital se vieron favorecidos con la inserción de América Latina a los esquemas derivados de las economías de mercado céntricas, en sus diversos momentos<sup>5</sup> característicos (Marini, R. 1974: 16-23) y, sin que en contraparte, ello hubiese significado un beneficio paritario y recíproco para los pueblos latinoamericanos.

Como si fueran los epígonos<sup>6</sup> históricos de esas épocas de antaño, análogamente, los actuales mecanismos derivados de la globalización de las economías de mercado —implementados durante las últimas tres décadas en las regiones de Iberoamérica— vuelven a mostrar que esa supuesta añeja realidad no ha cambiado y que, lo característico de tales procesos económico-políticos e históricos, es que la abundancia en recursos naturales y humanos de América Latina, marcada por períodos de crecimiento del PIB, ha tenido y tiene como base fundamental, la exportación de productos primarios y alimentos hacia esas economías centrales.

En lo que respecta al nivel de tales exportaciones, conforme a los estudios de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL 2010), se sigue observando que, más de la mitad de las ventas externas corresponden todavía a productos primarios (monocultivos y minería). Todo ello, sin detrimento de que las manifestaciones de la conducción política en la región, o el tipo de gobiernos de la actualidad en Iberoamérica, se consideren a sí mismos progresistas, pero ello no se ha traducido en desarrollo<sup>7</sup> para las regiones iberoamericanas, aunque se argumente en sentido contrario, cuando sólo se tiene en la mira a la evolución del

<sup>1</sup> Dr. José Alejandro Jiménez Jiménez es Profesor-Investigador de la Facultad de Economía en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México; [alex\\_androus09@yahoo.com.mx](mailto:alex_androus09@yahoo.com.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Dr. Lorenzo Salgado García es Profesor-Investigador de la Facultad de Economía en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, [l\\_salgadomx@yahoo.com.mx](mailto:l_salgadomx@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> Dr. Jorge Vázquez Sánchez es Profesor-Investigador de la Facultad de Economía en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México;

<sup>4</sup> Dr. Alexander Yahir Jiménez Limón, es graduado del Doctorado en Economía Política del Desarrollo, de la Facultad de Economía en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México; [hdllalay@hotmail.com](mailto:hdllalay@hotmail.com)

<sup>5</sup> Tales momentos han quedado registrados como etapas históricas de expansión comercial (siglos XVI-XVIII), industrial (S. XIX), financiera y tecnológica (S. XX-XXI) o cualquier otro ordenamiento taxonómico que se prefiera, tal como “época de la conquista”, “período colonial”, “fase independentista”, “liberalismo”, “fase primaria exportadora”, “desarrollo hacia afuera”, “desarrollo hacia adentro”, “globalización”, “neoliberalismo”, etcétera.

<sup>6</sup> Se utiliza el término en su sentido originario griego, cuya etimología remite al prefijo *ἐπι* (sobre, encima de, hacia, después de) y *γένος* (nacimiento, origen, dar a luz, parir), el cual fue aplicado posteriormente como *sucesor*, *descendiente* o *el que nace después*. El término, aplicado a la luz de los efectos del desarrollo latinoamericano en un mundo globalizante, refiere a la reiteración actual de los ancestrales orígenes, nada favorables hacia el desarrollo sostenible de los pueblos iberoamericanos, al continuarse con tan epigónico sendero, como se detalla en esta presentación. Cfr. [etimologia.dechile.net](http://etimologia.dechile.net)

<sup>7</sup> Al concepto “desarrollo”, repetidamente, se le iguala con “crecimiento económico”, ignorando factores sociales de importancia, sin los cuales, la noción se reduce meramente a la existencia de procesos económicos cuantitativos. Para los que esto suscribimos, la idea de *desarrollo* pone atención en la acción participativa, deliberada y concertada de los grupos sociopolíticos, el uso de los instrumentos del poder político para obtener un mejor aprovechamiento de los recursos productivos internos y lograr adecuadas vinculaciones externas, acordes con las aspiraciones sociales. Ello supone, entre otras cosas, la confluencia de las capacidades de investigación científica y tecnológica con la estructura del poder, a fin de alcanzar las metas propuestas. Bajo esta concepción, el desarrollo, necesariamente es resultado de la concomitancia de los más diversos factores incluidos los ideológicos, es producto de los actores; y, en tal sentido, obliga a identificar a quiénes interesa el desarrollo y para qué, así como a quiénes perjudica y por qué. Jiménez (2005).

PIB como indicador de crecimiento.

### Descripción del Método

El método de la Economía Política y el análisis estadístico de fuentes, como CEPAL, yendo de lo abstracto a lo concreto y en sentido inverso, constituyen la base de los resultados y de nuestras conclusiones.

#### Expansión capitalista e Inserción Iberoamericana: Las grandes etapas

Conforme se hace una recuperación de la memoria histórica sobre el desarrollo regional iberoamericano, en las etapas de su inserción en los mercados internacionales, se percata uno de que no sólo durante décadas sino centurias completas, la región ha estado sujeta a la explotación y exportación de productos primarios<sup>8</sup>.

En la era actual, para salir de esta situación y responder a las exigencias propias de la acumulación, —la cual requiere permanentemente, de mercados de abastecimiento y venta cada vez más extensos—, aunada a la implosión de la URSS y el desmantelamiento del Pacto de Varsovia, se han acelerado los esquemas para las economías de mercado en un mundo globalizante que, dejado en manos del capital y dentro del juego de la supuesta libertad de las fuerzas del mercado, ha obligado, por una parte, a romper con los tradicionales mecanismos proteccionistas que frenaban el libre flujo de capitales, su expansión o la captación de las ganancias, favoreciendo mediante ese libre juego, la ruina de capitales incompetentes, la concentración del capital en manos de unas cuantas corporaciones de particulares y el libre saqueo de los recursos de los pueblos.

Todo ese imaginario libre juego de las fuerzas del mercado, es permitido sólo en tanto que sean favorables a los intereses de los amos del capital y para los efectos de apropiarse de las riquezas de las regiones del mundo, sin más trabas que la débil protesta de aquellos pueblos que estén organizados para impedirlo; puesto que, cuando esta última surge, el lenguaje cambia y este mismo gran capital, por otra parte, amparándose en la fuerza política y militar de sus respectivos Estados, comienza con las presiones políticas, se orquestan y aplican sanciones económicas, se hace uso hasta de la cooptación corrupta hacia los conductores de los gobiernos para concertar convenios, ventajosos sólo para los más grandes capitales, los cuales amenazan, sabotean e invaden militar y descaradamente los territorios de interés económico y estratégico, en nombre de la democracia y la libertad, no importando las masacres que se hacen contra los pueblos.

Aquellos acontecimientos del devenir de los hombres en el tiempo, reseñados en el ítem anterior, vuelven a reiterarse como si fuesen sus epígonos, en las mismas o en otras regiones de un mundo globalizante. Entre los hechos más recientes se hallan los siguientes: la Guerra en Somalia (1977), el embargo económico, comercial y financiero contra Cuba (1962-1992), la Guerra de los Balcanes entre eslovenos, croatas y serbios que dividió a Yugoslavia (1991), la invasión a Irak (2003), Afganistán (2001), los continuos conflictos en el Medio Oriente, las sanciones económicas contra Rusia e Irán (2018-2019), las presiones políticas, sanciones y amenazas contra Venezuela y su denominado socialismo del Siglo XXI (2019), etcétera, etcétera.

#### La integración regional en Iberoamérica: Los intentos

Siguiendo a Boersner (1982: 100-204) ya desde fines de 1824, en el Congreso de Panamá, con participación de los gobiernos de México, Río de la Plata, Chile y Guatemala se plantea la necesidad de la integración económica regional entre los nuevos Estados Independientes de Iberoamérica, sintetizada en el célebre enunciado de Simón Bolívar “*Un solo Estado, una sola Nación*” que pudiera hacer un frente unificado contra la codicia de las viejas potencias europeas y contra la denominada *Doctrina Monroe* de 1823 de los Estados Unidos de Norteamérica, expresada en la frase “*América para los americanos*”, quiénes, viendo las riquezas de la región, favorecieron, con la aplicación del “*divide y vencerás*”, su propio modelo confederado, apoyando la conformación de numerosos Estados, muchas naciones, según fuese reconocida su independencia respecto de la península Ibérica; de modo que, en 1826, la Asamblea de las Américas, del congreso de Panamá, aprueba el *Tratado de unión, liga y confederación perpetua*. Pero, no fue sino hasta 1890 cuando, en la primera Conferencia Internacional Americana, se establece la Unión Internacional de las repúblicas americanas, precursora de la Organización de los Estados americanos (OEA), instituida el 30 de abril de 1948 por 21 naciones en Bogotá, Colombia.

Después de constituirse como naciones independientes, en distintos momentos, los esfuerzos integradores iberoamericanos —en cualquiera de sus sentidos— fueron entorpecidos, o por los intereses extranjeros, o por los

---

<sup>8</sup> Recuérdense los trescientos años de saqueos por las entonces potencias colonialistas europeas de los siglos XVI al XIX; o, la etapa del denominado “desarrollo hacia afuera” derivada de la gran división internacional del trabajo entre países industrializados y países productores de materias primas y alimentos, de fines del siglo XIX y primeras décadas del siglo XX, que el industrialismo liberal, de los países europeos y de los estados Unidos de Norteamérica, exigió para favorecer su propio desarrollo industrial; pasando, después, por el denominado periodo sustitutivo de importaciones o “desarrollo hacia adentro”, a mediados del siglo XX y hasta inicios del segundo tercio de esta misma centuria, tiempo durante el cual, las prácticas keynesianas de esa época, no fueron capaces de mitigar las inherentes contradicciones que la expansión del capital propiciaba, manifestándose en una pérdida de credibilidad en el dólar a fines de los años sesentas y en la crisis de estanflación, iniciada desde el primer lustro de los setentas, con el incremento en los precios por barril del crudo petrolero. En esa segunda mitad del siglo XX, la teoría cepalina del subdesarrollo latinoamericano, fue la concepción dominante en esos años y le asignó a la integración regional un importante papel para superar el atraso y el subdesarrollo de la región, así se decía: “el mercado común responde al empeño de crear un nuevo módulo para un intercambio latinoamericano adecuado a los grandes exigencias: la industrialización y la de atenuar la vulnerabilidad externa de estos países” (CEPAL, 1959).

incumplimientos de acuerdos sobre aranceles, o también por el no mejoramiento en la relación de los términos de intercambio comercial, o las reticencias para establecer políticas comunes, cuando se trató de orientar los esfuerzos en dirección a la integración regional económica. De cualquier forma, los intentos más cercanos en esa última dirección, se sitúan en la segunda mitad del siglo XX, merced a la búsqueda de la industrialización por sustitución de importaciones o desarrollo “hacia adentro” como ya se señaló, más arriba.

Ha sido de los grupos empresariales regionales, conformados durante la etapa de sustitución de las importaciones, de donde surgieron, con posterioridad a ese periodo, asociaciones<sup>9</sup> y empresas translatinas centroamericanas que se expandieron vigorosamente, tras el proceso de apertura comercial (CEPAL, 2010).

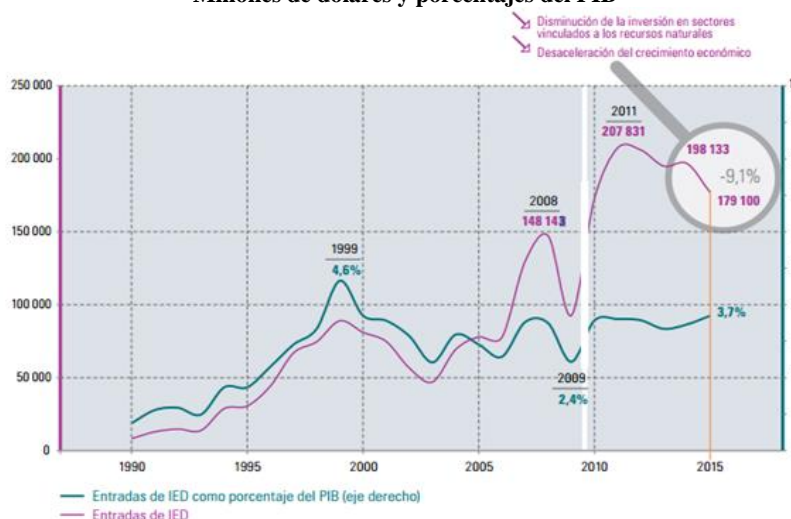
La perspectiva de integración tiene, pues, su propia historia y se ha tenido que enfrentar a los propios intereses de los Estados Unidos de Norteamérica, quienes en la etapa globalizadora, favoreciendo una integración con base en los principios neoliberales del conceso de Washington, han impulsado acuerdos de libre comercio o proyectos tales como el ALCA en 2003, frente al cual se han sobrepuesto otros de cuño más reciente. Uno de ellos, en esta última fase de reintentos de integración regional, se inició en 2006, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio entre la República Dominicana, Centroamérica y los Estados Unidos; otro más, como el UNASUR (Unión de Naciones Suramericanas) conformado en 2008 por doce países del cono sur latinoamericano (Perú, Colombia, Ecuador, Venezuela, Guyana, Surinam Bolivia, Brasil, Uruguay, Paraguay, Chile y Argentina) y la surgida en la reunión de Cancún, México, en febrero del 2010, la CELAC (Comunidad de Estados Americanos y Caribeños).

No es objeto de esta presentación, referirse a las adversidades de la integración latinoamericana, sino sólo tomar conciencia de ellas, para que —con esa vasta experiencia y en las actuales condiciones de reacomodos y cambios internacionales en un mundo globalizante— se vislumbren las ventajas o puedan atenuarse los factores que como otrora y de un modo epigónico, frenan las potencialidades del desarrollo regional iberoamericano.

**El epígono de la producción primario exportadora e inversión extranjera directa en Iberoamérica**

En lo que respecta a las exportaciones latinoamericanas, conforme a los estudios de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), tanto para el segundo como para el tercer lustro del siglo XXI, continúa observándose el que, pese a la caída de los precios internacionales de las materias primas, más de la mitad de las ventas externas corresponden todavía a productos primarios (monocultivos y minería); dicha caída de precios —derivada entre otros factores, de la contracción de la economía china y del incremento en la productividad, previa a dicha contracción— ha obligado a incrementar aún más, la masa de exportaciones para compensar una caída mayor de los ingresos nacionales correspondientes. No obstante, dentro de tal contexto, la propia Comisión de CEPAL llega a reconocer que, en “términos nominales, las entradas de inversión extranjera directa (IED) en América Latina y el Caribe —mostraron para 2015— signos de debilitamiento (CEPAL 2016:11) (gráfico 1).

**Gráfico 1**  
**América latina y el Caribe Inversión Extranjera Directa (IED) recibida, 1990-2015**  
**Millones de dólares y porcentajes del PIB**



Fuente: CEPAL (2016)

<sup>9</sup> La Asociación Latinoamericana de Libre comercio (ALLC) y el Mercado Común Centro Americano (MCCA), creados en 1960, constituyeron los primeros proyectos de integración, a los que se le sumaron los países del Pacto Andino y del Caribe. A ellos le han sucedido otros como el CARICOM (1963), el pacto andino (1969) transformado en la CAN (1996), la ALADI (1980), EL MERCOSUR (1991) y el G3 (1995). (Stay, R, 2011).



**Cuadro 1**  
**Iberoamérica, entrada de IED por subregiones receptoras y México (2005-2017)**  
 (Promedios simples en millones de dólares y porcentajes de variación)

| Subregión                   | 2005-2009 | 2011-2017 | 2016-2017 | 2016    | 2017    | Porcentajes de variación 2017-2016 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|------------------------------------|
| <b>Iberoamérica del sur</b> | 68,302    | 152,091.8 | 113,327.5 | 115,627 | 111,028 | -4                                 |
| <b>México</b>               | 26,279    | 31,185    | 33,251    | 34,776  | 31,726  | -8.8                               |
| <b>C.A.</b>                 | 5,815     | 10,450.6  | 12,803    | 12,523  | 13,083  | 4.5                                |
| <b>Caribe</b>               | 6,598     | 5,447.8   | 5,787.5   | 5,501   | 6,074   | 21.8                               |
| <b>Total A.L.</b>           | 106,993   | 199,175.2 | 165,168.5 | 168,426 | 161,911 | -3.6                               |

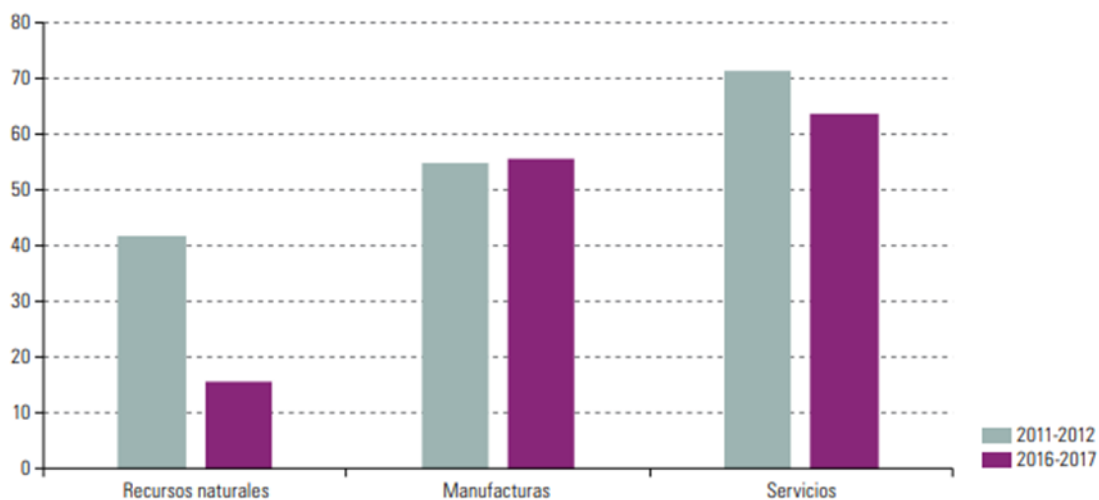
Fuente: Elaboración propia con base en CEPAL, IED, 2018

Como la tendencia de la IED ha sido canalizarse, en mayor proporción, hacia el sector servicios (CEPAL, agosto 2018:13) (Véase gráfico 2), ello no garantiza que se esté generando una mayor capacidad para impulsar el cambio estructural y el desarrollo sostenible de Iberoamérica.

Asimismo, el mencionado organismo y ha sostenido “que los países receptores de IED asociada a la explotación de materias primas, buscan que ésta impulse exportaciones basadas en aquellos recursos naturales con mayor generación de empleos y que, a su vez, contribuyan al incremento de ingresos fiscales a través de impuestos, además de impactar en el PIB, entre otros beneficios” (Ruiz, A. 2005).

**GRÁFICO 2**

América Latina y el Caribe: entradas de inversión extranjera directa según sectores, 2011-2012 y 2016-2017 (En miles de millones de dólares)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de cifras y estimaciones oficiales al 6 de junio de 2018.

Nota: Promedios anuales. Se excluyen Dominica, Guyana, Haití, Jamaica, el Paraguay, el Perú, Saint Kitts y Nevis, San Vicente y las Granadinas, Trinidad y Tabago y Venezuela (República Bolivariana de), por no contar con datos disponibles. La Argentina, Chile, Panamá y el Uruguay no disponen de datos de 2017.

**Efectos de la compulsión globalizadora e Iberoamérica**

Con la implementación del modelo neoliberal-globalizador, la mayoría de las economías en el mundo, sujetadas al credo en las leyes del mercado, dejaron de regular su crecimiento. El tema mismo del desarrollo, fue abandonado de la agenda de discusiones internacionales y se pensó que la liberalización económica, por sí sola, traería consigo el paso hacia los niveles de las economías del primer mundo (Estay, 2004). No obstante, y después de tres décadas de su ejecución, en todas las economías, los resultados —al menos para las economías subdesarrolladas— no han sido los esperados.

El actual proceso de globalización de las economías de mercado, se ha desenvuelto en condiciones distintas —dicho sea, diferentes en cuanto a su forma concreta de manifestación actualmente operante, pero perpetuando en esencia, las leyes inherentes de su propia motivación y desenlace, es decir, la apropiación de la riqueza de la

naciones— con relación a los momentos del liberalismo económico del siglo XVII y XIX, durante los cuales se propiciaron los fenómenos de internacionalización y multinacionalización del capital.

**Cuadro 2**  
**América Latina y el Caribe. Deuda externa bruta**  
**(Países seleccionados)**  
(En millones de dólares; promedio anual simple del periodo)

|                       | 2009-2013          | 2014-2018          | Porcentaje de variación |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| <b>América Latina</b> | <b>1,126,559.8</b> | <b>1,762,334.6</b> | <b>+56.43</b>           |
| <b>Argentina</b>      | 152,455.8          | 200,671.2          | +31.62                  |
| <b>Brasil</b>         | 498,937.4          | 674,100.4          | +35.10                  |
| <b>Chile</b>          | 103,835.8          | 168,100.4          | +61.90                  |
| <b>Ecuador</b>        | 73,010.0           | 116,895.0          | +60.10                  |
| <b>Colombia</b>       | 15,459.0           | 33,812.8           | +118.72                 |
| <b>México</b>         | 210,475.0          | 315,838.0          | +50.05                  |
| <b>Perú</b>           | 49,401.4           | 73,859.0           | +49.50                  |
| <b>Caribe</b>         | 17,722.0           | 23,803.4           | +34.31                  |
| <b>Total ALC</b>      | <b>1,234,282.0</b> | <b>1,786,137.8</b> | <b>+44.71</b>           |

Fuente: CEPAL, Balance preliminar 2018

Ello, sin embargo, no significa que tales procesos deban considerarse, en la actualidad, como simples acontecimientos del pasado que debieran ser olvidados; sino más bien, esto lleva a reconocer el hecho de que, las actuales oligarquías nacionales, las cuales tuvieron o siguen manteniendo el control de las riquezas de sus respectivos países, ahora tienen que enfrentar los requerimientos de una expansión del capital bajo nuevas condiciones tecnológicas, de endeudamiento creciente (véase cuadro 2) y de acumulación competitiva que difiere sustancialmente de una simple división internacional del trabajo —de la época de Adam Smith o de David Ricardo— o de que sea un fenómeno de reacomodo o distribución de actividades a escala mundial. Ahora tal expansión exige, cada vez más, mejor creatividad productiva o capacidades innovadoras mayores, para mantener un cierto control de sus propios procesos expansivos, so pena de ser sometidas a otras oligarquías más poderosas o de, sencillamente, ser cómplices en el saqueo de recursos por el capital internacional, bajo cualquiera de sus modalidades (industrial, comercial o financiero).

Al observar las tendencias presentadas por los informes consecutivos de CEPAL de los últimos ocho años (2011-2019), puede concluirse que, en términos generales, los países de la región, en la actual época de la globalización, bajo la conducción neoliberal, tienen más dificultades para alcanzar, no sólo crecimiento económico<sup>10</sup> sino lograr un desarrollo sustentable; puesto que, los países iberoamericanos al estar sujetos a las exigencias derivadas de la acumulación en los países desarrollados, han sido coaccionados de múltiples formas (invasiones, colonialismo, presiones político-económicas o comerciales y tratados) para especializarse en la implementación de industrias potencialmente contaminantes o de uso intensivo de los recursos naturales, pero simultáneamente, tienen que resolver las contrariedades que este tipo de actividades de crecimiento económico implica, referido esto a las exigencias, requisitos y normas ambientales que los actuales países desarrollados imponen a los países exportadores.

La inserción de los pueblos iberoamericanos, en un mundo globalizante económica y culturalmente, bajo la conducción neoliberal, ha llevado a promover como facilitadores al gran capital, la reducción de impuestos, el otorgamiento de subsidios y promulgación de exenciones tributarias, destinadas a atraer inversiones y proyectos en sectores de recursos naturales y actividades de reconocido impacto y costos sociales, que derivan en la degradación ambiental y, por tanto, no garantizan el desarrollo regional de los pueblos de Iberoamérica.

Esta dinámica conforme a los informes de CEPAL es originada por factores tanto externos como internos; por una parte, la economía mundial no ha tenido un crecimiento dinámico alto ni sostenido, como para que las diversas economías de las distintas regiones en el mundo puedan reactivarse, ni han podido recuperarse del impacto de la gran crisis financiera norteamericana del 2008.

El impacto de la tendencia a la caída de los precios de los productos básicos, específicamente los precios de los metales y de los productos agrícolas, energéticos derivados del petróleo, gas natural y carbón ha sido catastrófico para los ingresos de los países exportadores de estos bienes, aunque para los países centroamericanos y el Caribe como importadores netos de materias primas, —continúa dicho informe— pueda significar un mejoramiento en la evolución de los términos de intercambio.

<sup>10</sup> El informe 2015 de CEPAL destacó un crecimiento inferior al 1.1% respecto del que se registró en 2014 para América Latina y el Caribe. Con base en dichas tendencias, en 2017 la tasa de crecimiento regional fue de un 1.2% en promedio ponderado; y la proyección de 1.3 % de crecimiento del PIB regional Iberoamericano que para 2019 prevé dicho organismo (CEPAL 2018), no es muy alentadora, debido a la contracción de la economía mundial desde el 2008.



Por otra parte, en lo que respecta a las regiones iberoamericanas, éstas al estar especializándose en industrias potencialmente contaminantes o de uso intensivo de los recursos naturales, tienen que resolver la contrariedad que este tipo de crecimiento implica, respecto de las exigencias, requisitos y normas ambientales que los actuales países desarrollados imponen a los países exportadores.

### Las dificultades y los desafíos

Independientemente de la disminución de ingresos derivados de la tendencia a la disminución de los precios de los productos primarios, que afecta a la cuenta corriente de la región, disminuye las tasas de inversión internas y obliga incrementar el nivel de las exportaciones, la incertidumbre que representa la gran volatilidad de las monedas frente al dólar y la falta de liquidez en los mercados financieros internacionales son dificultades que inhiben las potencialidades de crecimiento y de desarrollo en la región (CEPAL 2015).

Todo esto significa que, en las actuales condiciones, parte de los recursos —los cuales pudieran servir para ampliar los marcos de la acumulación en el largo plazo, para uso de nuevas tecnologías, o para resolver problemas de desempleo, vivienda, salud, pobreza, etcétera— tengan que destinarse a resolver esos nuevos requerimientos esbozados en el ítem anterior y que no fueron exigidos a los ahora países desarrollados, lo cual disminuye las potencialidades del crecimiento y retrasa la resolución más pronta de tales problemas inherentes al desarrollo.

Asimismo, en la era de la globalización, dejada en manos del capital, una de las nuevas formas de despojo, por parte de los países desarrollados, es el uso de conocimientos ancestrales de uso o patrimonio común de los pueblos latinoamericanos sin que éstos reciban alguna indemnización por ello, para convertirse en fuente de acumulación privada para unos cuantos; todo lo cual, no garantiza un buen desenlace para la preservación del medio ambiente y la vida en el planeta.

### Consideraciones finales

De la estrategia que sigan los actores sociales y del peso específico que éstos posean en la conducción de los logros del desarrollo económico dependerán las potencialidades, los resultados o los efectos no deseados e imprevistos para el conjunto social en lo local, en lo regional o en lo territorial.

El desarrollo económico en un mundo globalizante, al hallarse bajo la conducción u orientación del capital, hacen epígonos de los aspectos históricos que han caracterizado la inserción de los pueblos iberoamericanos a la expansión del capital internacional y, en consecuencia, hacen pensar en que el interés social de la localidad seguirá siendo cuestionable; o bien, éste, como siempre, será pasado a un segundo plano, en la medida que, en las apariencias, lo que garantiza el funcionamiento del capital es la obtención de ganancias y el egoísmo individual, mas no el interés social, lo cual disminuye las potencialidades y limita las oportunidades estratégicas del desarrollo de los pueblos de Iberoamérica.

Para alcanzar la equidad social, es necesario que se tome en cuenta a la inclusión o participación social, en cuanto que, los fenómenos de la localidad propiciados por sus agentes (altos directivos del gobierno, empresarios y toda la comunidad regional involucrada) son los componentes constitutivos de la modalidad que asuma el desarrollo, de ello dependen los resultados y también las consecuencias de dicho proceso, derivado de las particularidades propias del espacio territorio y de la retroalimentación del cambio social a nivel global.

### Referencias y Bibliografía

Boesner, Demétrio (1982), *Relaciones Internacionales de América Latina*. Editorial Nueva imagen, México.

CEPAL (2010) *La Inversión Extranjera Directa en América Latina*. En: <http://es.scribd.com/doc/54640051/La-Inversion-Extranjera-Directa-en-America-Latina-2010>.

— (2015), *Estudio Económico de América latina y el Caribe. Desafíos para impulsar el ciclo de inversión con miras a reactivar el crecimiento*.

Versión electrónica en: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38713/1500454\\_es.pdf?sequence=62](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38713/1500454_es.pdf?sequence=62)

— (2018), *Panorama Social de América Latina*. Versión electrónica en:

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44395/S1900051\\_es.pdf?sequence=11&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44395/S1900051_es.pdf?sequence=11&isAllowed=y)

— (2018), *La Inversión Extranjera Directa en América latina y el Caribe 2018*. Versión electrónica en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43689-la-inversion-extranjera-directa-america-latina-caribe-2018>

Jiménez, José Alejandro (2005) “Las políticas de empleo en México y el desarrollo regional”, en: *Revista Aportes*, México, Mayo-Agosto, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

— (2017) *Eficiencia laboral, empresas y desarrollo. Una crítica propositiva*. Editorial académica española. Saarbrücken, Alemania.

Marini, R. Mauro (1974) *Dialéctica de la dependencia*. Editorial Era. México.

Ruiz Caro, A. (2005): *Los recursos naturales en los tratados de libre comercio con Estados Unidos*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. No. 92. 81 p. CEPAL.

Estay R., Jaime (2004), “El tema del desarrollo en la agenda Internacional. ¿Reaparición en los discursos?”. *Revista Problemas del desarrollo*, N° 35, abril, México.

— (2011), *La integración latinoamericana: etapas pasadas y escenarios posibles*. En: Dos Santos, Theotonio, *América Latina y el Caribe: Escenarios posibles y políticas sociales*. Cuadernos de FLACSO, UNESCO, Montevideo.

# BUS DE COMUNICACIÓN ELABORADO CON ARDUINO EN LA MATERIA DE ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS EN EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN

Ing. Guadalupe Jiménez Oyosa<sup>1</sup>, Ing. Isaías Torres Martínez<sup>2</sup>, M. T. E. Wendy Carranza Díaz<sup>3</sup>,  
M.I.I. Belinda Pastrana Gutiérrez<sup>4</sup>, M. C. Manuel Pérez Villegas<sup>5</sup>, C. José Rubén Pérez Arevalos<sup>6</sup>,  
C. Ilse Judith Pérez Jiménez<sup>7</sup>

**Resumen**— El TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN, en la materia de Arquitectura de Computadoras de la carrera Ingeniería Sistemas Computacionales, considerando el programa, las competencias previas, genéricas y transversales, de acuerdo a lo requerido al perfil de Egreso a lo establecido específicamente en la competencia de la unidad 1: Conoce e identifica los componentes y el funcionamiento en diferentes modelos de arquitectura, se plantea como objetivo lograr que el alumno conozca el funcionamiento del bus de comunicación diseñando e implementando con Arduino.

**Palabras clave**— Arduino, Competencias específicas, Arquitectura de computadoras, Bus de comunicación.

## Introducción

En el presente trabajo se muestra, el objetivo de principal en la materia de Arquitectura de computadoras, este va desde, el requerimiento de actividades prácticas para el beneficio y la promoción del desarrollo de las siguientes habilidades: Identificación y manejo de componentes de hardware y su funcionamiento, trabajo en equipo, análisis y aplicación interactiva.

Por este motivo, me di a la tarea de buscar, sugerir y guiar a los alumnos para, la elección de componentes, de la mano del dispositivo Arduino. A su vez ellos comprenden la importancia de la planificación, sin la intervención directa del docente, únicamente como guía, por lo tanto, el único requerimiento, aparte del uso de Arduino como PCB, fue la elaboración para conocer el funcionamiento del BUS de comunicación.

## Arduino

Es una plataforma económica de hardware libre consiste en una placa electrónica es una PCB (“Printed Circuit Board”, “Placa de Circuito Impreso”) que incorpora un microcontrolador re-programable y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios escolares a muy bajo costo y la cual se permite programarse con diferentes lenguajes, dando aún más flexibilidad.

Las PCBs superficies planas fabricadas de material no conductor, es la forma más pequeña y estable de construir un circuito electrónico. Así que la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna, de esta forma el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que

---

<sup>1</sup> La Ing. Guadalupe Jiménez Oyosa es Profesora en la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. [guadalupe.jo@minatitlan.tecnm.mx](mailto:guadalupe.jo@minatitlan.tecnm.mx) (**Autor Corresponsal**)

<sup>2</sup> El Ing. Isaías Torres Martínez es Profesor en la Carrera de Ingeniería en Sistemas en el Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. [istomar@hotmail.com](mailto:istomar@hotmail.com)

<sup>3</sup> La M. T. E. Wendy Carranza Díaz es Profesora en la Carrera de Ingeniería en Sistemas en el Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México [wendy.cd@minatitlan.tecnm.mx](mailto:wendy.cd@minatitlan.tecnm.mx)

<sup>4</sup> La M.I.I. Belinda Pastrana Gutiérrez es Profesora en la Carrera de Ingeniería en Sistemas en el Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. [bpastranag@hotmail.com](mailto:bpastranag@hotmail.com)

<sup>5</sup> M. C. Manuel Pérez Villegas es Profesor en la Carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, Puebla, México [mantenimiento-utt@outlook.es](mailto:mantenimiento-utt@outlook.es)

necesita el microcontrolador para funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite, existiendo en el mercado diferentes alternativas de arduino.

Brinda un software consistente en un entorno de desarrollo (IDE) que implementa el lenguaje de programación de arduino y el bootloader ejecutado en la placa. La principal ventaja es que el software de programación y del lenguaje de programación es su sencillez, facilitando el uso.

Facilita desarrollar elementos autónomos, se conectan a dispositivos que interactúa con el hardware y software, en el presente trabajo se realizó un Bus de Comunicación elaborado con Arduino.

### **Competencias específicas:**

La realización de propuestas de los programas de estudio que el sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica realiza, de acuerdo el proyecto Tunning ha acelerado enormemente en los sectores: social y productivo se consideran para el análisis de la información de estos y también permitirá definir las competencias específicas, son aquellas que definen una cualificación profesional concreta, es decir: saberes, quehaceres y manejo de tecnologías propias de un campo profesional específico. El dominio de estas competencias específicas aportaría, a los alumnos en formación, los conocimientos teóricos y las aplicaciones tecnológicas, propios de cada profesión ya que están vinculados a lo que se denomina “el saber hacer profesional” de cada una de las carreras, por la dinámica que presenta el campo laboral por lo que es importante considerar al desarrollar los planes de estudios. De acuerdo al Tecnológico Nacional de México las competencias se establecen de la siguiente manera:

### **Arquitectura de computadoras**

*“Lo que se denomina hardware de computadores consiste en circuitos electrónicos, visualizadores, medios de almacenamiento magnéticos y ópticos, equipos electromecánicos y dispositivos de comunicación. Por lo que la arquitectura de computadoras abarca la especificación del repertorio de instrucciones y las unidades hardware que implementan las instrucciones.”* ("Educación Superior Tecnológica Espacio Común ESTEC", 2019).

Las computadoras están muy ligadas a nuestras vidas de manera cotidiana, por lo que es importante conocer las características de las generaciones de las computadoras, así como las partes que la integran tanto como el software como el hardware y el funcionamiento. Por lo que es necesario conocer los fundamentos que la rigen.



Los alumnos usaron el siguiente material:

- material reciclado (cartón),
- Leds,
- Arduino,
- Regulador de voltaje,
- Conector hembra 2.1 mm con centro Positivo, entradas análogas,
- Pines de voltaje y tierra,
- Conector USB,
- Microcontrolador ATmega 328,
- Cerebro del Arduino,
- Puerto ICSP para programación serial,
- LED TX (Transmisor) y RX (Receptor) de la serial de comunicación serial,
- Cristal de cuarzo de 16 Mhz,
- Regulador de voltaje,
- Atmega 1U2 encargado de la comunicación con el PC,
- Pulsador reset y
- Pines digitales E/s y PWB

### Bus de comunicación

*“El Bus de datos es una ruta que conecta la CPU, la memoria y otros dispositivos de hardware en la tarjeta madre. El bus de datos es un grupo de cables paralelos, el número de cables en el bus afecta la velocidad a la que los datos pueden viajar entre los dispositivos del hardware. Los buses de datos pueden ser de 16 y 32 bits y pueden transferir 2 y 4 bytes respectivamente.”* ("Educación Superior Tecnológica Espacio Común ESTEC", 2019).

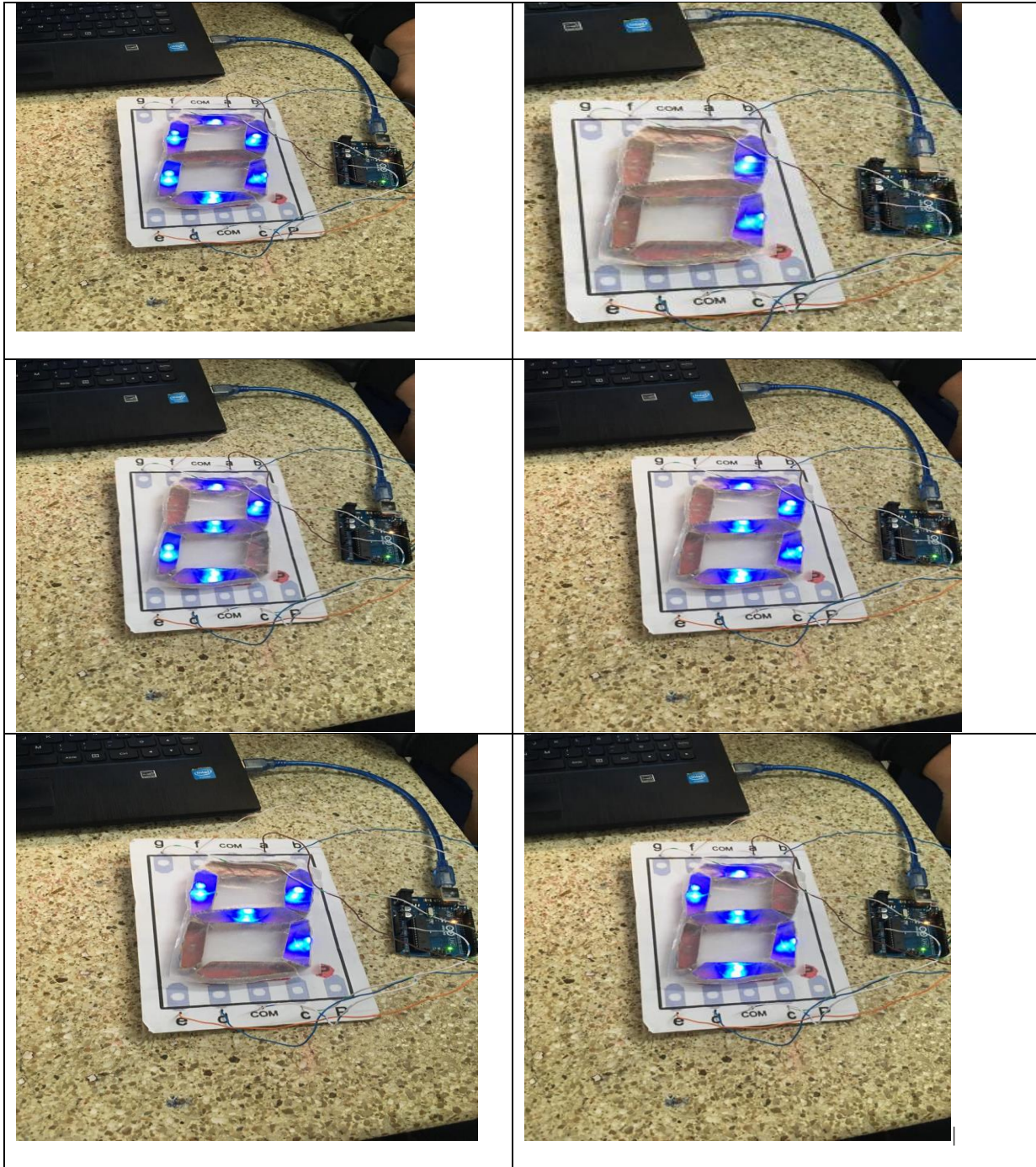
Haciendo una analogía las carreteras permiten guiar de un lugar a otro, es así que se logra transmitir la comunicación a través de caminos conocidos como buses, estos transmiten en grupos o paquetes en una frecuencia determinada, es lo que realizan los bus de comunicación, en la actualidad se construyen con Arduino.

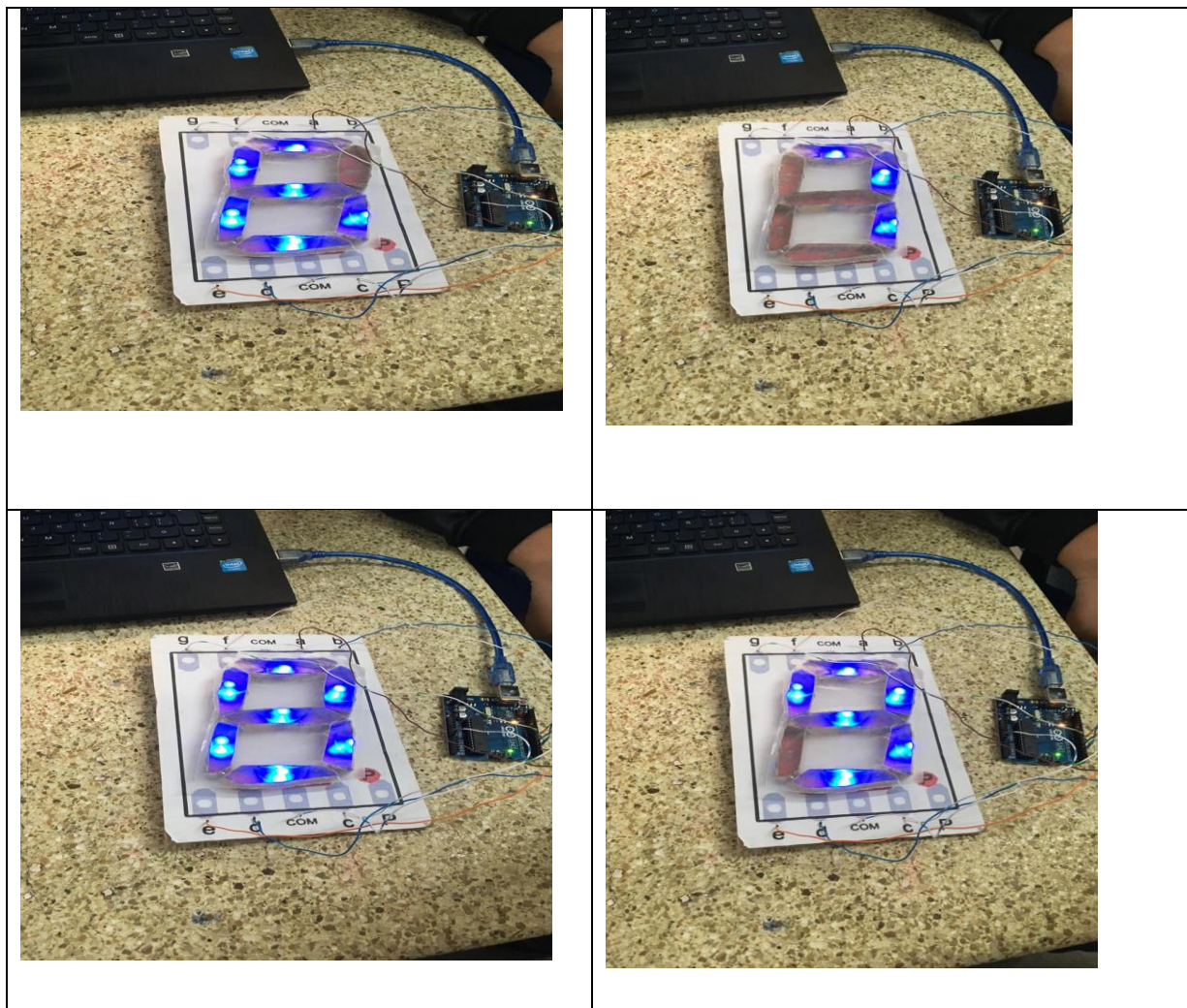
### ¿PARA QUÉ SIRVE UN PROTOTIPO?

Analizando la competencia específica del tema 1, de la asignatura de Arquitectura de computadora, consideré para lograr un aprendizaje rápido y entender el funcionamiento de un Bus de comunicación, decidí plantear a los alumnos sobre realizar esta práctica. Permitiendo aportar nuevas y mejores funcionalidades, lograr diseño que ellos decidieran escoger, que pusieran en práctica el conocimiento adquirido al término de dicho tema.

Realizando pruebas para lograr la funcionalidad del Bus de comunicación, con esto lograr que el objetivo de enseñanza-aprendizaje fue alcanzado. Esto permite ahorrar grandes costos y comprobando que se cumplió lo que se solicitó.

A continuación las fotos del prototipo que realizaron los alumnos:





### Comentarios Finales

Los prototipos sirven como apoyo para un MODELO DE ESTUDIO, el análisis se puede confirmar si se cubren las necesidades deseadas, si estéticamente resulta atractivo al target, si se entienden sus funcionalidades, etc. Así mismo permiten que los alumnos sean más creativos y despierten el interés de aplicar lo aprendido en clases para desarrollar este tipo de trabajo en este caso de simulación del funcionamiento de un Bus de comunicación relacionándose con un Arduino.

### Resumen de resultados

Lograron el objetivo planteado de la práctica mis alumnos del ISC: la capacidad de identificar, capacidad de investigación, trabajo colaborativo, la toma de decisiones, pensamiento crítico, capacidad de análisis, síntesis y

evaluación, uso de otras plataformas como es el Arduino, sobretodo el conceso de su equipo al decidir que materiales usar y el diseño del mismo prototipo tuvieron al final un trabajo interesante que los entusiasmó mucho.

### *Conclusiones*

El alcance logrado fue satisfactorio porque los alumnos pudieron establecer lo teórico con la simulación del bus de comunicación, les permitió conocer el funcionamiento del mismo, aparte despertó el interés de conocer y realizar otras prácticas poniendo a prueba la imaginación.

### *Recomendaciones*

Los maestros se deben implementar más prácticas en la materia de Arquitectura de computadoras, como este trabajo para simular el funcionamiento de los dispositivos que integran una computadora, para lograr el conocimiento teórico guiado con la práctica para se tengan mejores resultados en actividades de enseñanza y aprendizaje.

## **Referencias**

---

Diseño de productos, máquinas, ingeniería e industrialización. ingenieria@sendekia.com. (2017). ¿QUÉ ES UN PROTOTIPO Y PARA QUÉ SIRVE?. septiembre 27, 2019, de Sendekia Sitio web: <https://sendekia.com/que-es-un-prototipo-y-para-que-sirve/>

La ingeniería en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica. El proceso de diseño e innovación curricular para la formación y desarrollo de competencias profesionales. (Una experiencia institucional) Dr. Carlos Alfonso García Ibarra Doctor en Ciencia de los Materiales Mayo de 2009

MCI electronics. (--). ¿Que es Arduino?. septiembre 27, 2019, de MCI electronics Sitio web: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

VAZQUEZ GOMEZ, J. (2019). *Arquitectura de computadoras I* [Ebook] (1st ed.). Estado de México. Retrieved from [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/sistemas/Arquitectura\\_computadoras\\_I.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/sistemas/Arquitectura_computadoras_I.pdf)

## Comparación químico proximal del fruto jobo (*Spondias mombin* L.) en dos diferentes estados de maduración (verde y amarillo)

José Raúl Jiménez Reséndiz<sup>1</sup>, Dr. Javier Piloni Martini<sup>2</sup>, Dra. Norma Güemes Vera<sup>3</sup>, Dra. Lucila del Carmen Hernández Cortés<sup>4</sup> y Dra. Aurora Quintero Lira<sup>5</sup>

**Resumen.** El fruto *Spondias mombin* L., conocida como jobo, ciruela amarilla o de monte en México, es una pequeña drupa carnosa con piel fina de color amarillo y sabor agridulce, que se emplea como materia prima en la elaboración de diversos alimentos y con propósitos medicinales. El objetivo del estudio fue la comparación de la composición química proximal del fruto en dos diferentes estados de maduración (verde y amarillo), debido al interés por parte de los consumidores en el mejoramiento de los hábitos alimenticios saludables, así como de su uso agroindustrial. Los resultados muestran diferencias significativas en humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra, proteína, carbohidratos, pH, y grados Brix (°Bx). Mientras que el color y acidez titulable no muestran diferencias significativas entre los frutos estudiados.

**Palabras clave:** *Spondias mombin* L., jobo, frutos

### Introducción

El género *Spondia* es uno de los cinco pertenecientes a la familia Anacardiaceae, y está constituido por 17 especies. Las especies más conocidas y consumidas son la ciruela mexicana (*S. purpurea* L.), jobo (*S. mombin* L.) y jocote (*S. radlkoferi* J. D. Smith), las cuales son consideradas nativas de México y forman parte de las selvas bajas caducifolias y subcaducifolias; se distribuyen a lo largo de la costa occidental y la zona sureste del país (Cruz *et al.*, 2012). La *Spondias mombin* L. se encuentra en las zonas tropicales de América, Asia y África a una altura de entre 0 y 2,000 msnm; en México es conocido como jobo, ciruela amarilla o ciruela de monte y se encuentra principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco, Yucatán, Chiapas y Oaxaca (Tiburski *et al.*, 2011). La fruta es una drupa carnosa con piel fina de color amarillo y sabor agridulce, de aproximadamente 2 a 2.5 cm de grueso y de 3 a 4 cm de largo y contiene una pepita de cerca de 2.5 cm de largo con semillas múltiples (Cruz *et al.*, 2012). El sabor y aroma de esta fruta exótica es principalmente responsable de la alta aceptación relacionada con sus atributos sensoriales (Tiburski *et al.*, 2011), razón por la que se emplea para la preparación de jugos, paletas, helados, yogures y mermeladas (Soares *et al.*, 2006). Además, esta planta es usada en muchos países para el tratamiento de diversas enfermedades incluyendo las infecciosas debido a sus propiedades antibacterianas, antivirales, antimaláricas, antihelmínticas y antiinflamatorias (Pérez-Portero *et al.*, 2013). Sin embargo, la información es escasa y aún no se ha realizado una caracterización extensa y global que señale el valor nutricional real del jobo (Soares *et al.*, 2006), debido principalmente a que su cultivo está basado en la agricultura informal como huertos de traspatio, cercas vivas y granjas pequeñas, y a que crece de manera silvestre en zonas de difícil acceso (Alia-Tejagal *et al.*, 2012); a pesar de que el conocimiento del valor nutricional tiene una gran importancia y una contribución potencial para la mejora del consumo, considerando la gran preocupación de consumidores de todo el mundo sobre hábitos alimenticios saludables y asociando frutas con una fuente primaria de nutrientes y compuestos funcionales (Tiburski *et al.*, 2011).

---

<sup>1</sup> José Raúl Jiménez Reséndiz es pasante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [jj334382@uaeh.edu.mx](mailto:jj334382@uaeh.edu.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Javier Piloni Martini es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [chipiloni@hotmail.com](mailto:chipiloni@hotmail.com)

<sup>3</sup> La Dra. Norma Güemes Vera es Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [njgv2002@yahoo.com.mx](mailto:njgv2002@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup> La Dra. Lucila del Carmen Hernández Cortés es Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [lucila\\_hernandez783@uaeh.edu.mx](mailto:lucila_hernandez783@uaeh.edu.mx)

<sup>5</sup> La Dra. Aurora Quintero Lira es Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [auroraql@yahoo.com.mx](mailto:auroraql@yahoo.com.mx)



## Descripción del Método

### *Material Vegetativo*

El fruto de jobo (*Spondias mombin* L.), verde y maduro (Figura 1) fue adquirido del mercado local de la región de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. La composición química proximal y los análisis físico-químicos se realizaron en los laboratorios del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



**Figura 1.** Frutos utilizados para el análisis químico proximal y físico-químicos (T1=Verde, T2=Amarillo)

### *Análisis químico proximal de los frutos*

La determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo y fibra se realizaron siguiendo la metodología de la A.O.A.C., (2005), proteína por el método Bradford (Bradford, 1976) y la determinación de la concentración de carbohidratos fue por diferencia de peso de la suma de humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra y proteína (Jiménez *et al.*, 2013). El análisis químico proximal del fruto fue realizado por triplicado.

### *Análisis fisicoquímicos de los frutos*

La determinación de acidez titulable fue realizada siguiendo la metodología de la A.O.A.C. (2005). El pH se midió directamente de la muestra con ayuda de un potenciómetro calibrado previamente (4 y 7; HANNA INSTRUMENTS, USA). El porcentaje de sólidos solubles totales (SST) se determinaron al colocar una gota del jugo obtenido del fruto en un refractómetro (ATAGO N1, Japan) en unidades °Brix. El color de la epidermis (Figura 2) se midió con un colorímetro (Minolta, USA) en el sistema de color  $L^*a^*b^*$ , calibrado con un plato reflector color blanco, el análisis fisicoquímico de los frutos se realizaron por triplicado (Torres *et al.*, 2013; Díaz-Pérez, 1998)



**Figura 2.** Frutos utilizados para el análisis de color de los dos tratamientos (T1=Verde, T2=Amarillo)

### *Análisis estadístico*

Los resultados experimentales fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), se hizo la comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia ( $P \leq 0.05$ )

### Comentarios Finales

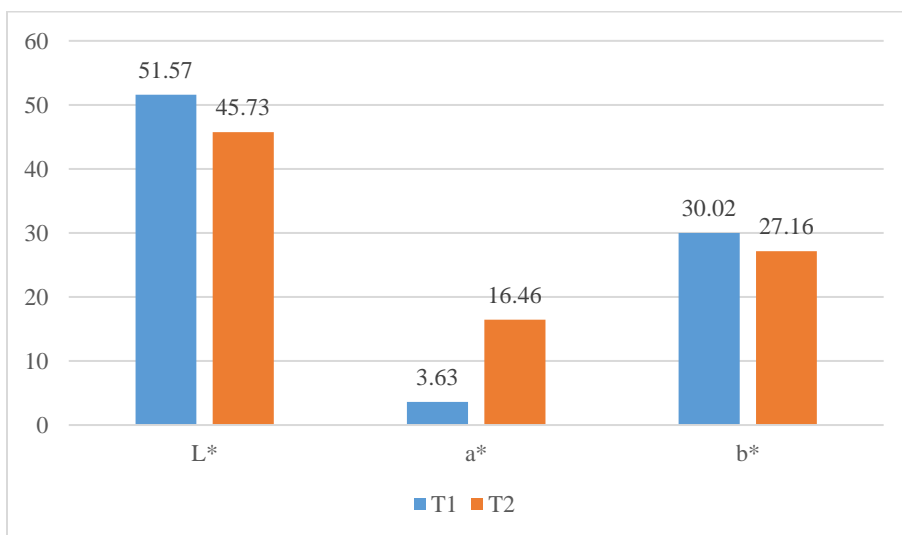
#### Resumen de resultados

En el Cuadro 1 se reportan los resultados obtenidos del análisis químico proximal de los dos frutos: fruto verde (T1) y fruto amarillo (T2). Todos los parámetros muestran diferencias significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos. El T2 fue el que presentó un mayor porcentaje de humedad (86.97%), cenizas (0.73%) y carbohidratos (10.40%), mientras que el T1 presentó un porcentaje ligeramente más bajo, con 85.51%, 0.62% y 9.78% respectivamente, sin embargo, los valores de humedad fueron superiores a los reportados por Muñoz (2010) y Tiburski *et al.* (2011), mientras que los valores de cenizas y carbohidratos fueron inferiores a los reportados por estos autores. Por su parte los valores de extracto etéreo, fibra y proteína fueron superiores en el T1, con 1.09%, 2.57% y 0.43% respectivamente, sin embargo los valores de extracto etéreo de ambos tratamientos de fibra de T1 fueron mayores a los reportados por Muñoz (2010) y Tiburski *et al.* (2011), mientras que el porcentaje de fibra de T2 y de proteína de ambos tratamientos tienen un valor significativamente menor a lo reportado por los mismos autores. Las diferencias que se observan entre los tratamientos T1 y T2 se pueden atribuir a los procesos metabólicos que sufre el fruto en las etapas de maduración y deterioro, en los cuales se ocupan los nutrientes contenidos en el pericarpio con el propósito de mantener la homeostasis. Además, cabe resaltar que T2 estaba compuesta por un mayor porcentaje de mesocarpio que de epicarpio, lo cual puede tener un impacto importante en los resultados obtenidos.

| Tratamiento | Humedad (%)             | Cenizas (%)            | Extracto etéreo (%)    | Fibra (%)              | Proteína (%)           | Carbohidratos asimilables (%) |
|-------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| T1          | 85.51±0.20 <sup>a</sup> | 0.62±0.01 <sup>a</sup> | 1.09±0.07 <sup>a</sup> | 2.57±0.59 <sup>a</sup> | 0.43±0.01 <sup>a</sup> | 9.78 <sup>a</sup>             |
| T2          | 86.97±0.12 <sup>b</sup> | 0.73±0.02 <sup>b</sup> | 0.80±0.06 <sup>b</sup> | 0.69±0.13 <sup>b</sup> | 0.42±0.01 <sup>b</sup> | 10.40 <sup>b</sup>            |

**Cuadro 1.** Resultados del análisis químico-proximal de los dos tratamientos (T1=Verde, T2=Amarillo) a,b, diferentes superíndices en una misma columna indican que las medias difieren significativamente ( $P \leq 0.05$ )

En la Figura 3 se muestran los resultados de las mediciones de color, los cuales indican que existe una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos, siendo que T1 presentó una mayor luminosidad respecto a T2. Los valores de  $a^*$  muestran que T2 tienen una tendencia hacia el color rojo significativamente mayor que T1, lo que refleja mayor contenido de carotenoides y clorofila (González, 2010), por su parte los valores de  $b^*$  tienden hacia el color amarillo y no muestran una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ). Tanto los valores de  $a^*$  y  $b^*$  de ambos tratamientos fueron menores a los reportados por Mercado y Carett (2016).



**Figura 3.** Resultados del análisis de color de los dos tratamientos (T1=Verde, T2=Amarillo)

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de los dos tratamientos (T1 y T2). Todos los parámetros muestran una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos. El T1 fue el que presentó un mayor porcentaje de ácido cítrico (1.30%), mientras que el T2 presentó un porcentaje más bajo (1.16%).

Por otra parte, los valores de pH y °Brix de T1 fueron inferiores a los de T2. Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los mencionados por Tiburski *et al.* (2011), quienes reportaron 1.46% de ácido cítrico, un pH de 2.83 y 14.9°Brix, estos frutos eran provenientes de Aracajú, Brasil. Otros autores como Mercado y Carett (2016), reportaron valores de 1.96% de ácido cítrico, un pH de 3.09 y 14.47°Brix, en frutos provenientes de la zona de Planeta Rica, Córdoba en Colombia.

| Tratamiento | Acidez titulable (% Ácido cítrico) | pH                     | °Brix                   |
|-------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| T1          | 1.30±0.07 <sup>a</sup>             | 2.27±0.01 <sup>a</sup> | 12.27±0.25 <sup>a</sup> |
| T2          | 1.16±0.06 <sup>a</sup>             | 2.53±0.01 <sup>b</sup> | 13.87±0.09 <sup>b</sup> |

**Cuadro 2.** Resultados de los análisis fisicoquímicos de los dos tratamientos (T1=Verde, T2=Amarillo) a,b, diferentes superíndices en una misma columna indican que las medias difieren significativamente ( $P \leq 0.05$ )

### Conclusiones

El jobo (*Spondias mombin* L.) es un fruto que sufre un proceso rápido de maduración por lo cual debe ser recolectado en un estado de maduración verde (madurez fisiológica) para que cuando llegue a los mercados haya madurado y tenga su característico color amarillo (madurez comercial). Al llegar al estado de maduración comercial (amarillo), el jobo tiene un mayor porcentaje de humedad, cenizas, carbohidratos asimilables, pH y °Bx que en su estado de maduración verde; pero, a su vez, tiene un menor contenido de extracto etéreo, fibra y proteína, siendo la acidez el único parámetro que no mostro una diferencia significativa entre ambos tratamientos. Esto es debido a los procesos metabólicos que sufre en las etapas de maduración y deterioro del fruto. Este tipo de fruto se puede utilizar dándole un valor agregado y poderlo transformar en diferentes productos agroindustriales.

### Referencias

- Alia-Tejacal, I.; Astudillo-Maldonado, Y.I; Núñez-Colín, C.A.; Valdez-Aguilar, L.A.; Bautista-Baños, S.; García-Vázquez, E.; Ariza-Flores, R. & Rivera-Cabrera, F. (2012) Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35 (5), 21-26.
- A.O.A.C. (2005) *Methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Bradford, M.M. (1976) *Bioquímica Analítica*, 72, 248-254.
- Cruz, A.; Pita, A. & Rodríguez, B. (2012) *Jocotes, Jobsos, Abales o Ciruelas Mexicanas*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Díaz-Pérez, J.C.; Zavaleta, R.; Bautista, S. & Sebastián, V. (1998) Cambios físico-químicos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) cosechada en dos diferentes estados de madurez. *ResearchGate*, 1, 1-12. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/269410142>
- González, I. (2010). *Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (Psidium guajava L.) colombiana* (Trabajo de grado M. Sc. Ciencias-Química). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Jiménez, P. P.; Masson, S. L.; Quiral, R. V. (2013) Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega 3. *Revista Chilena de Nutrición*, 40 (2), 155-160.
- Mercado, V. S. & Carett, G. J. (2016) *Caracterización de las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y capacidad antioxidante de la pulpa obtenida de jobo (Spondias mombin L.) de dos zonas del departamento de Córdoba* (Tesis de ingeniería de alimentos). Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Muñoz, M. (2010) *Composición de alimentos*. México: McGrawHill.
- Pérez-Portero, Y.; Suárez-López, F.; Camacho-Pozo, M.; Hung-Guzmán, B.; García-Garrido, M. & Ross-Mesa, A. (2013) Actividad de *Spondias mombin* frente a microorganismos de importancia clínica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12 (4), 405-412.
- Soares, E. B.; Gomes, R. L. F.; Carneiro, J. G. M.; Nascimento, F. N. d.; Silva, I. C. V., & Costa, J. C. L. d. (2006). Caracterização Física e Química de Frutos de Cajazeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28 (3), 518-519.
- Tiburski, J.H.; Rosenthal, A.; Deliza, R.; de Oliveira, R.L. & Pacheco, S. (2011) Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. *Food Research International*, 44, 2326-2331.

Torres, Ramiro, Montes, Everaldo J, Pérez, Omar A, & Andrade, Ricardo D. (2013). Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información tecnológica*, 24(3), 51-56. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007>

Vera, G. (2016) Determinación de azúcares totales, hidratos de carbono disponibles y factores de cálculo de energía en alimentos. Chile: Universidad de Chile.

# Caracterización y amplificación de señales electromiográficas para su aplicación en un sistema servomecánico mediante modulación por ancho de pulso

Dr. Cesar Felipe Juárez Carrillo<sup>1</sup>, Dra. Marlen Valdés Fuentes<sup>2</sup>, Juan Manuel Baltazar Rosales<sup>3</sup>  
Dr. Enrique García Trinidad<sup>4</sup>, Dr. José Antonio Rosales Martínez<sup>5</sup>, Dr. Jesús Martínez Martínez<sup>6</sup>, Dr. Emmanuel  
Arcos Hernández<sup>7</sup>, Dr. Manuel Peralta Gutiérrez<sup>8</sup>

**Resumen**— Según datos del INEGI (2018), el 4.3% de la población en México tiene algún tipo de discapacidad. Dentro de estas existen las localizadas en las extremidades superiores del cuerpo y ocurren en dos casos: cuando no se forman correctamente en la gestación o por accidente a lo largo de la vida cotidiana y laboral. Por lo tanto, es importante darle la atención necesaria a esta situación para lograr en ellos una mejor calidad de vida. En el presente trabajo se realiza un sistema de amplificación de señales electromiográficas (EMG) aplicadas a un servomecanismo. Las señales (EMG) son una respuesta extracelular generada por el músculo esquelético, algunos elementos que participan son el K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>. La respuesta que se genera es una diferencia de potencial y se adquiere mediante electrodos cutáneos. Estas señales de tipo analógico son amplificadas y filtradas para ser digitalizadas mediante una tarjeta de adquisición de datos para transferirlas por medio de una interfaz a un software donde son visualizadas y caracterizadas. Posteriormente, son convertidas a señales moduladas por ancho de pulso (PWM) y activan un servomecanismo que permite el movimiento funcional de una prótesis.

**Palabras clave**—adquisición, amplificación, procesamiento, PWM, electromiográfica.

## Introducción

El desarrollo que ha ocurrido en el siglo XX en los campos de la ciencia y la tecnología de han dado al hombre la oportunidad de satisfacer de manera más eficiente y cómoda algunas necesidades que se llegaron a pensar más lejanas de cubrir o incluso imposible de hacerlo.

Sin embargo, el imbatible avance del conocimiento ha generado como consecuencia, el surgimiento natural de distintas especializaciones, en el campo de la medicina, la ingeniería, informática, etc. Tal es así que la ingeniería y la medicina se unen para crear nuevos proyectos multidisciplinarios, donde se realizan múltiples estudios dirigidos hacia nueva tecnología humana, como órganos artificiales y extremidades de amplio funcionamiento ya sea inferiores y superiores. En México existe un índice alto de discapacidad, por lo cual es importante disminuir esta problemática ayudando con proyectos que solucionen la vida cotidiana de las personas con discapacidad. Los humanos pueden perder la movilidad de una extremidad superior por diferentes factores que se pueden presentar en vida ya sea en el desarrollo del embarazo, en la gestación o por algún accidente producto de un descuido a lo largo de la vida. Por tal motivo el presente trabajo hace hincapié en el desarrollo de prótesis de extremidades superiores. Donde se utilizan las señales electromiográficas (EMG), las cuales se obtienen del cuerpo humano y se caracterizan para su aplicación en un sistema servo mecánico accionado mediante modulación por ancho de pulso (PWM).

<sup>1</sup> El Dr. Juárez Carrillo Cesar Felipe es profesor de sistemas robóticos y mecatrónicos en el Tecnológico de estudios Superiores de Huixquilucan, México. [cesar.juarez@tesh.edu.mx](mailto:cesar.juarez@tesh.edu.mx)

<sup>2</sup> La Dra. Valdés Fuentes Marlen es profesora en el área de fisiología, en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México. [marlenvaldes@yahoo.com.mx](mailto:marlenvaldes@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> El alumno Baltazar Rosales Juan Manuel es alumno de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México [mauel\\_5445@hotmail.com](mailto:mauel_5445@hotmail.com)

<sup>4</sup> El Dr. Trinidad García Enrique es profesor de sistemas robóticos y mecatrónicos en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México [e.n@live.com.mx](mailto:e.n@live.com.mx)

<sup>5</sup> Dr. José Antonio Rosales Martínez es profesor de sistemas robóticos y mecatrónicos en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México. [manerblind@hotmail.com](mailto:manerblind@hotmail.com)

<sup>6</sup> Dr. Jesús Martínez Martínez es profesor de sistemas robóticos y mecatrónicos, en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México [Jesmtzmtz@hotmail.com](mailto:Jesmtzmtz@hotmail.com)

<sup>7</sup> Dr. Emmanuel Arcos Hernández es profesor de Ingeniería Civil en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México. [emmanuel.arcos@tesh.edu.mx](mailto:emmanuel.arcos@tesh.edu.mx)

<sup>8</sup> Dr. Manuel Peralta Gutiérrez es profesor de Ingeniería Civil en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México. [manuel.peralta@tesh.edu.mx](mailto:manuel.peralta@tesh.edu.mx)

### Metodología y materiales.

El sistema utilizado, es un arreglo de amplificadores operacionales que se compone de un amplificador instrumental SSM2141 encargado de adquirir la señal y amplificarla, un amplificador operacional TL084 para realizar la inversión y un TL074 para poder quitar el ruido de la señal. Se utilizó una placa perforada protoboard para el montaje de los componentes y así poder hacer pruebas al adquirir la señal. Una vez adquirida la señal se realizó un circuito para su aplicación sobre una placa fenólica utilizando software de simulación.

### Adquisición de señales

La función del cuerpo humano a nivel nervioso es muy importante ya que el sistema nervioso es el encargado de mandar señales a los músculos y que estos a su vez reaccionen a cada señal mandado por las neuronas musculares al generar un estímulo en el musculo [1]. Dichas señales suceden en la célula que es la encargada de generar dichas señales a través de la membrana celular. Esta membrana genera una barrera entre el interior de la célula y el exterior de la misma. La barrera generada se puede modelar como un capacitor ya que se encarga de transmitir y almacenar cargas eléctricas. Existen diversos medios con los cuales se puede transferir cargas eléctricas, principalmente iones, generando así las señales [2]. Las señales electromiográficas pueden ser representadas como un circuito eléctrico, ya que responden de manera parecida a las mismas leyes de la física. Las células requieren de un consumo de energía química, todas las células poseen una diferencia de potencial en el interior y exterior celular el cual se denomina potencial de membrana y que se debe a la existencia de concentraciones iónicas a ambos lados de la membrana celular. Las señales eléctricas pueden ser breves y de gran amplitud (potencial de acción), cuya función es transmitir la información rápidamente y a grandes distancias. Las modificaciones del potencial de membrana resultan de cambios conformacionales de proteínas estructurales llamados canales iónicos, que provocan variaciones de la permeabilidad selectiva de la membrana a los iones.

El proceso que sucede en la célula para generar voltaje empieza cuando se genera un estímulo, la membrana celular es la encargada de capacitar los tipos de cargas intracelulares y extracelulares donde participan los elementos K+, Na+ y Cl-, se considera un sistema de dos compartimientos (A,B) el cual contiene diferentes concentraciones de electrolitos, en solución acuosa, donde hay una concentración en A más que en B. en este momento si hay una membrana entre ellos no existirá diferencia de potencial entre ellos. La fórmula característica de este modelo es la ecuación de Nernst. Ecuación 1.

$$E_k = \frac{RT}{z} * \ln \left( \frac{[K^+]_{in}}{[K^+]_{ex}} \right) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde  $E_k$  , es la diferencia de potencial estable en el equilibrio electroquímico o simplemente potencial de equilibrio del ión. R es la constante general de los gases (8,314 joule K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>), T es la temperatura absoluta, Z es la valencia del ión, F es la constante de Faraday y K<sup>+</sup>in y K<sup>+</sup>ex son las concentraciones del ión.[2]

Para lograr el cálculo se necesita saber las concentraciones intracelulares y extracelulares las cuales se muestran a continuación en la siguiente tabla:

|     | intra    | extra        |
|-----|----------|--------------|
| Na+ | 14mEq/l  | 135-145mEq/l |
| K+  | 140mEq/l | 3.5-5mEq/l   |

Tabla 1: se muestran los miliequivalentes por litro de cada elemento.

A continuación en la figura 1 se muestra el circuito realizado mediante software para la adquisición de señales y en la figura 2 el diagrama de la adquisición de la señal EMG.

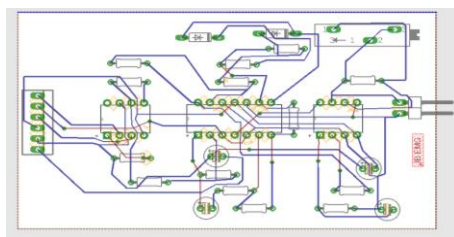


Figura 1. Diseño del circuito amplificador.

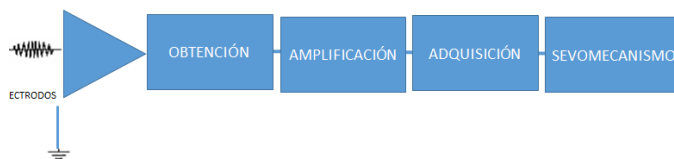


Figura 2. Diagrama.

### Servomecanismo

Para lograr el movimiento del mecanismo se necesitan motores con control de posición, es decir que el eje se sitúe en el ángulo que se desee. Para poder mover un motor de este tipo no es necesario que sea de revolución continua, con el giro de 180 grados es suficiente. Un tipo de motor que cumple con lo anterior es el servomecanismo, el cual se utiliza bastante en el área de robótica por su amplia aplicación en diferentes sistemas. La conexión de un servomecanismo se realiza mediante tres cables que por lo regular son de color rojo (alimentación), amarillo (señal), y café (tierra). El servomecanismo realiza un control de posición en bucle cerrado, donde se utiliza un potenciómetro para poder saber la posición exacta del sistema, pero también ocupa un circuito de control. La señal que recibe el circuito de control es un tren de pulsos, estos pulsos se repetirán con un periodo de 20 ms [4]. La anchura del pulso indicara donde se deberá posicionar el mecanismo. El centro se corresponde con una anchura de 1.3 ms, los extremos con anchuras de 0.3ms y de 2.3 ms [5]. Estos servos son muy útiles para realizar sistemas con un movimiento limitado ya que solo pueden moverse 180 grados en su totalidad. El uso del servomecanismo en el proyecto se tomó en cuenta ya que se desea simular el agarre de una mano con dimensiones específicas del servomecanismo, las dimensiones del servomecanismo se muestran en la figura 4. Dicho agarre solo tiene capacidad de moverse aproximadamente 180 grados, esto tomando en cuenta las dimensiones de la prótesis de mano ya diseñada.

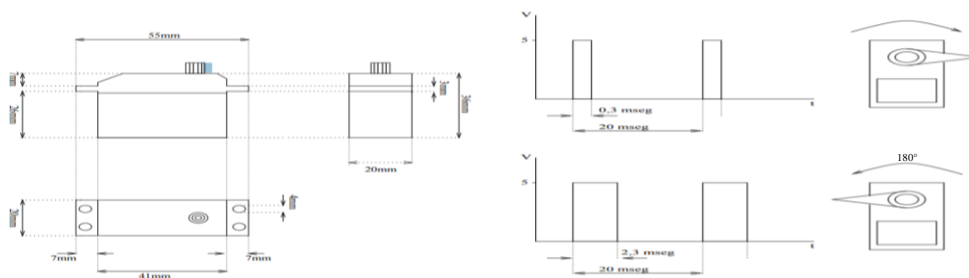


Figura 4. Plano del servomecanismo y Señal PWM con grados de accionamiento del servomecanismo.

### Señal PWM

Por lo general, todo sistema que procesa información binaria para controlar un proceso analógico requiere de una etapa de entrada analógica-digital y una etapa de salida digital-analógica que son los convertidores ADC y DAC. En la etapa de salida, es posible sustituir en DAC por un algoritmo de modulación por ancho de pulsos (PWM) [6]. Una unidad PWM permite asignar duración de tiempo en alto y en bajo a un dato digital de n bits que se considera salida de la etapa procesadora, la señal PWM se puede visualizar en la figura 5 como una señal cuadrada con voltajes positivos y negativos.

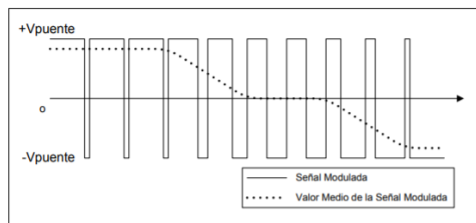


Figura 5. Señal modulada y valor medio

En este proyecto se utilizó una señal PWM para accionar al servomecanismo ya que este cuenta con una etapa de control el cual necesita de una señal para ser accionado. Es en la etapa de adquisición de datos donde se obtiene esta señal y mediante software, la señal es convertida para solo ocupar la parte positiva como se muestra en la figura 6. Posteriormente, la señal es regresada a la tarjeta de adquisición de datos para así enviar el pulso PWM al servomecanismo para ser accionado.

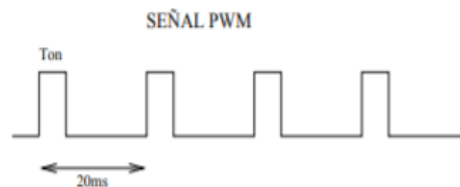


Figura 6. Señal PWM

### Comentarios finales

#### Resumen de resultados

En este trabajo se estudio el comportamiento de la célula y el como se puede aprovechar su naturaleza para obtener un voltaje biológico. Esta señal llamado electromiográfica se amplificó para poder ser llevada a una tarjeta de adquisición de datos y asi poder visualizarla de manera gráfica como se puede observar en la figura 7 y 8. Para asi poder convertir dicha señal en PWM y aplicarla a un servomecanismo mediante el codigo que se muestra en la figura 8. El servomecanismo se acciona y logra hacer su cometido, simular el movimiento de aprension de mano.

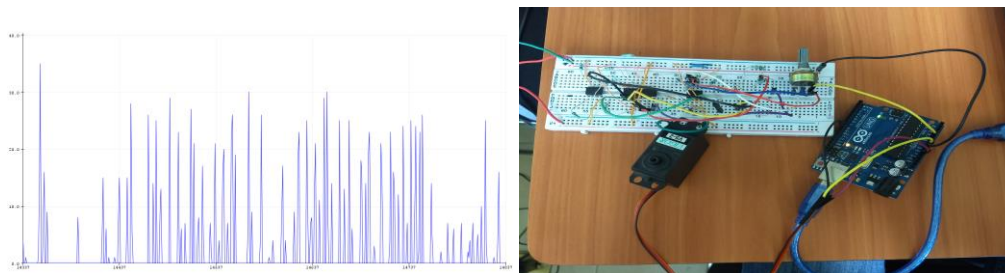


Figura 7. Señal final obtenida y circuito electrónico completo.

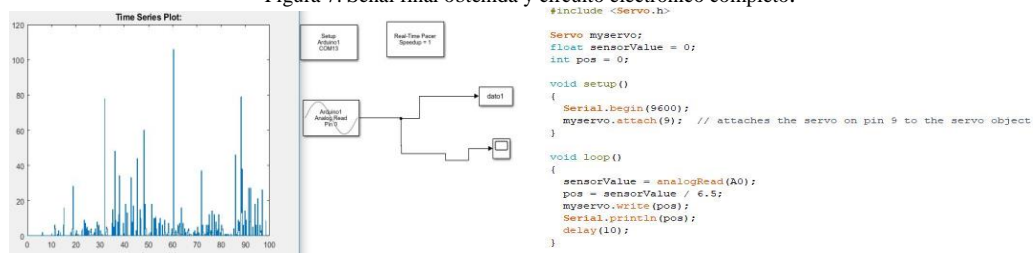


Figura 8. Obtencion de señal mediante software y código para activación de servomecanismo.

### Conclusiones

Los resultados fueron satisfactorios ya que se puede utilizar la señal electromiográfica del cuerpo para poder aplicarlas a un servo mecanismo y así poder replicar el movimiento de la mano gracias al procesamiento de señales capturadas y aplicadas.

#### Recomendaciones

Para los investigadores que quieran seguir con el trabajo se aconseja que utilicen cable coaxial para los electrodos ya que son menos propensos a transmitir ruido al obtener las señales, utilizar un amplificador diferencial INA106 ya que el circuito aporta mayor ganancia al adquirir la señal. Se puede implementar una etapa de amplificación y filtrado mediante el uso de software evitando el uso de circuitos analógicos.



## Referencias

- [1] J.F. Saiz, J.M. Ferrero, J.M. Ferrero, J.L. Martinez, "Multichannel Acquisition Of Bioelectric Signals Using The Flying Capacitor Technique", Engineering in Medicine and Biology Society 1991. Vol.13: 1991. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE, pp. 1724-1725, 1991.
- [2] Vicente C. Carlos, Legaz, M. Estrella, Biofísica, Ciencia de la vida. Síntesis, 1999.
- [3] Siamak Najarian, Javad Dargahi, Siamak Hajizadeh Farkoush, Goldis Darbemamieh, Mechatronics in Medicine A Biomedical Engineering Approach, McGraw Hill Professional, 2012.
- [4] Airin Rahman, Md. Moshir Rahman, Md. Rabiul Islam, "A study of THD minimization of three phase inverter using modified THPWM", Electrical Information and Communication Technology (EICT) 2017 3rd International Conference on, pp. 1-4, 2017.
- [5] Li Yue, Liu Zhigui. El diseño del servomecanismo automático para la densidad del tejido de punto de trama sistema de medición de visión de alta precisión. IEEE.
- [6] Herrera L. Juan Carlos, Teoría PWM (modulación por ancho de pulso) CIDETEC IPN 2010.

## Notas Biográficas

El Dr. Cesar Felipe Juárez Carillo. Recibió el grado de Doctorado en Ingeniería de Sistemas Robóticos y Mecatrónicos en el Instituto Politécnico Nacional, en la Ciudad de México. Actualmente es profesor investigador adscrito al Tecnológico de Nacional de México, en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan en la División de Ingeniería Mecatrónica. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel candidato. Sus áreas de interés son: La teoría de control, sistemas biomecánicos, control moderno aplicado a fluidos térmicos y sistemas Mecatrónicos.

La Dra. Valdés fuentes Marlen. Recibió el grado de Doctora en Ciencias en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Actualmente es Profesora en el área de fisiología, en la Universidad Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México.

El Alumno Baltazar Rosales Juan Manuel. Es alumno del Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan en la carrera de Ingeniería Mecatrónica. Actualmente se encuentra realizando un proyecto de investigación.

El Dr. Enrique García Trinidad es profesor adscrito de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan y en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez en el Estado de México. Es candidato a Investigador en el Sistema Nacional de Investigadores. Es miembro de la IEEE Robotics and Automation Society y de la IEEE Computational Intelligence Society. Terminó sus estudios de Doctorado en Ingeniería de Sistemas Robóticos y Mecatrónicos en el Instituto Politécnico Nacional, en la Ciudad de México. Ha publicado 9 artículos a nivel nacional e internacional.

Dr. José Antonio Rosales Martínez. Recibió el grado de doctor en ingeniería eléctrica con especialidad en control automático en la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es profesor asociado B en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan. Sus áreas de interés son el análisis en frecuencia de sistemas no lineales, control por modos deslizantes y observadores de estado.

El Dr. Jesús Martínez Martínez. Recibió el grado de Doctorado en Ingeniería de Sistemas Robóticos y Mecatrónicos en el Instituto Politécnico Nacional, en la Ciudad de México. Actualmente es profesor investigador adscrito al Tecnológico Nacional de México, en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan en la División de Ingeniería Mecatrónica. Sus áreas de intereses son: La teoría de control, los observadores lineales y no lineales, sistemas dinámicos, sistemas Mecatrónicos y sincronización de sistemas robóticos.

Dr. Emmanuel Arcos Hernández es ingeniero mecánico por el Instituto Politécnico Nacional, con Maestría en Ciencias en Termodinámica por la misma institución. Recibió el grado de doctor en ingeniería mecánica con especialidad en termodinámica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es profesor asociado C en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan. Cuenta con 2 artículos indexados en las áreas de Geotecnia marina. Sus áreas de interés son en Energías Renovables y Geotecnia marina. Obtuvo el perfil deseable por el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan, México en el 2019.

Dr. Manuel Peralta Gutiérrez es ingeniero mecánico por el Instituto Politécnico Nacional, con Maestría en Ciencias en Termodinámica por la misma institución. Recibió el grado de doctor en ingeniería mecánica con especialidad en termodinámica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es profesor titular A en el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan. Cuenta con 4 artículos indexados en las áreas de microfluídica. Sus áreas de interés son los fenómenos de transporte en escalas micrométricas, medios porosos, fluidos geológicos y flujos multifásicos. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel candidato y obtuvo el perfil deseable por el Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan en el 2019.

# ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA LICITACIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

MIH. Oscar Alberto Kampfner Rodríguez<sup>1</sup>, M. en I. Martín Silva Badillo<sup>2</sup>,  
M. en C. José Jesús Zúñiga Razo<sup>3</sup> y Luis Jesús Castro Corona<sup>4</sup>

**Resumen**-De acuerdo a estadísticas de Transparencia Internacional, en los países en vías de desarrollo es donde se presenta el mayor índice de corrupción en el ejercicio de recursos públicos. En México, el gasto público en inversión y las compras del gobierno federal, representan importantes erogaciones, por lo que su ejercicio debe realizarse con transparencia. Conagua, es una de las dependencias del gobierno federal que ejerce mayor presupuesto para la construcción de infraestructura hidráulica y para la contratación de obras, se apega a la ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con la Misma, que contempla entre otras modalidades la adjudicación directa y a través de invitación a cuando menos tres personas. La propuesta considera que el Órgano Colegiado esté constituido por la autoridad responsable de la convocatoria, un superior jerárquico nivel central y por la Secretaría de la Función Pública.

**Palabras clave**—Licitación, Contratación, Obra, Pública.

## Introducción

De acuerdo a estadísticas de diferentes Organizaciones No Gubernamentales (ONG), relacionadas con el combate a la corrupción, la Organización Económica para el Desarrollo (OCDE) y Transparencia Internacional, entre otras, en los países con bajo nivel de desarrollo y/o en vías de este, es donde se presenta el mayor índice de corrupción en el ejercicio de los recursos públicos; en casos extremos no cuentan con una legislación adecuada para regular el gasto público, o bien esta sobre normada.

En México, el gasto público en inversión y las compras del gobierno federal, representan importantes erogaciones con efecto multiplicador en la economía, razón por la cual el ejercicio de estos recursos requiere realizarse con la mayor transparencia y en equidad de condiciones para quienes participan en su realización.

Corresponde a la Secretaría de la Función Pública (SFP) proponer al ejecutivo federal la reglamentación para llevar a cabo los procedimientos para la contratación de obra pública, así como para vigilar su cumplimiento. La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con la Misma (LOPSRM) además de definir la forma realizar la contratación por parte del Gobierno Federal en ésta materia, tiene como espíritu transparentar la gestión pública en materia de contratación y define claramente las formas y procedimientos de su realización, y con ello, entre otras cosas, trata de prevenir posibles actos de corrupción por parte de servidores públicos. También, pretende garantizar que los contratos de obra pública se realicen en las condiciones más convenientes para el Estado.

La LOPSRM señala en su primer artículo, las dependencias y entidades del gobierno federal que están obligadas a observarla; a nivel estatal se tiene la propia legislación para llevar a cabo la licitación de obra pública y que en muchas ocasiones es observada por los Municipios con el mismo fin.

La LOPSRM desde su primera promulgación ha sufrido diferentes modificaciones que tienden a transparentar los procedimientos de licitación e inhibir posibles actos discrecionales. En su artículo 27, señala los procedimientos que pueden ser utilizados por las dependencias para adjudicar contratos:

- I. Licitación pública;
- II. Invitación a cuando menos tres personas, o
- III. Adjudicación directa.

Cabe mencionar que la misma LOPSRM señala que la regla general para llevar a cabo la adjudicación de un contrato de obra pública, debe ser a través de una licitación pública mediante convocatoria pública, para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que deben ser abiertas públicamente para brindar las condiciones de igualdad para todos los interesados, y así se garantice al Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad y demás circunstancias pertinentes.

Sin embargo, en el artículo 41 se contempla la posibilidad a la excepción de realizar la licitación pública y celebrar contratos a través de los procedimientos de invitación a cuando menos tres personas o de adjudicación directa. En este artículo se exige que las empresas invitadas al procedimiento de invitación a cuando menos tres

<sup>1</sup> MIH. Oscar Alberto Kampfner Rodríguez, es Profesor de Hidráulica en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Pachuca, México. [oscar.kampfner@itpachuca.edu.mx](mailto:oscar.kampfner@itpachuca.edu.mx) (autor corresponsal)

<sup>2</sup>M. en I. Martín Silva Badillo, es Profesor de Estructuras en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Pachuca, México. [masbtt@yahoo.com.mx](mailto:masbtt@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup>M. en C. José Jesús Zúñiga Razo es Profesor de Hidráulica en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Pachuca, México. [josejesus.zunigarazo@yahoo.com.mx](mailto:josejesus.zunigarazo@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup>Luis Jesús Castro Corona estudiante en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Pachuca, México.

personas cuenten con la capacidad de respuesta inmediata, con los recursos técnicos, financieros y demás que se requieran, para la ejecución de los trabajos a contratar; la selección de las empresas siempre presenta importantes factores discrecionales que en nada fortalecen al principio de transparencia que debe privar en las contrataciones públicas.

Así también el artículo 43 presenta las condiciones que se deben observar para llevar a cabo la contratación de obras públicas a través de invitación a cuando menos tres personas y adjudicación directa, siempre bajo la responsabilidad del titular de la dependencia que convoca. Es de señalar que estos procedimientos de licitación resultan sencillos de realizar y es en estos donde se pueden presentar posibles actos de discrecionalidad en la adjudicación de contratos, debido a que es atribución del titular de la dependencia convocante, invitar a por lo menos 3 personas para que participen en la licitación, o bien en su caso, adjudicar el contrato en forma directa.

Por otra parte, la Ley y la SFP tratan de privilegiar el uso del procedimiento de licitación pública, ya que considera que en la invitación a cuando menos tres personas, aun cuando existe competencia entre ellas, no se apega del todo a una “competencia perfecta”, debido a que se tienen barreras para la participación de posibles interesados a participar en el procedimiento de contratación. Esta situación puede traer como consecuencia lo siguiente:

1. Las empresas invitadas para participar en el procedimiento de licitación no oferten su mejor precio, o bien pudiera darse el caso de un probable acuerdo entre ellas para fijar el monto de la propuesta económica. En efecto, mientras un mercado determinado se aproxime en la medida de lo posible al supuesto de competencia perfecta (situación donde se tiene la mayor cantidad posible de proveedores participando en el mercado), habrá menos probabilidad de que un proveedor o un grupo de proveedores en particular tengan la capacidad de fijar y controlar el nivel de precios, resultando así una mayor eficiencia en la asignación de recursos.

2. No se logren las mejores condiciones para el Estado, al no existir una competencia leal entre las personas participantes.

También, la SFP considera que la adjudicación directa es un procedimiento que se realiza sin que exista competencia, adjudicándose el contrato a una persona que ha sido preseleccionada por el representante de la dependencia y por tanto puede existir discrecionalidad. Este tipo de licitación no favorece la transparencia en el ejercicio de recursos públicos, ni tampoco asegura las mejores condiciones para el estado en la ejecución de obras públicas.

### Descripción del Método

#### *Presupuesto para obra pública en la Comisión Nacional del Agua*

Las inversiones que realiza el Gobierno Federal en materia de infraestructura pública y de beneficio social, son un detonador del desarrollo económico, además de tener el impacto esperado para los diferentes fines con que se construye, como el de salud, educación, transporte, etc., tiene un efecto multiplicador en la economía nacional. Si la inversión es amplia y en constante crecimiento, la economía crece y se desarrolla en los diversos sectores y regiones; si por el contrario se inhibe y no crece, en muchos sectores y regiones tiene un impacto negativo.

El presupuesto que autoriza el Congreso de la Unión para su aplicación en materia de infraestructura es relevante, así de acuerdo con Transparencia Presupuestaria para el segundo trimestre del 2018, el gasto total en inversión fue de \$643,892.7 millones, incluido en el Presupuesto de Egresos de la Federación y se compone por tres rubros:

1. Inversión física, la cual concierne a los programas y proyectos de inversión, fideicomisos, provisiones para contingencias que se presenten en el país y aportaciones destinadas a entidades federativas y municipios;
2. Subsidios de inversión, y
3. Otros tipos de inversión como son los recursos que se recuperan por el otorgamiento de préstamos personales de corto y mediano plazo e hipotecarios o inversiones financieras

Particularmente para la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en materia de inversiones en infraestructura hidráulica, de acuerdo al Presupuesto de Egresos de la Federación, se contemplaron las siguientes inversiones en los capítulos de gasto 4000 (subsidios), 5000 (adquisiciones) y 6000 (obra pública):

| AÑO  | MONTO (MILLONES \$) |
|------|---------------------|
| 2018 | 16,966              |
| 2017 | 16,283              |

|      |        |
|------|--------|
| 2016 | 31,208 |
| 2015 | 38,959 |
| 2014 | 21,715 |
| 2013 | 30,280 |

**Cuadro 1. Inversiones contenidas en el Presupuesto de Egresos de la Federación para los años señalados**

En la actual administración federal, CONAGUA llevó a cabo licitaciones por los montos siguientes:

| AÑO  | MONTO ( MILLONES \$) |
|------|----------------------|
| 2018 | 6,493                |
| 2017 | 7,781                |
| 2016 | 5,589                |
| 2015 | 9,300                |
| 2014 | 21,551               |
| 2013 | 9,946                |

**Cuadro 2. Inversiones aplicadas por CONAGUA**

Como puede observarse, los montos en los que el gasto de CONAGUA se ejecuta por medio de licitaciones, es importante, su efecto en la economía es relevante y por ende su aplicación transparente y que le ofrezca las mejores condiciones de competitividad le garantizará a la sociedad y al Estado mexicano que su efecto en la economía sea el más adecuado en términos de eficiencia económica.

En los últimos tres años de la actual administración, de los recursos que CONAGUA licitó, lo hizo bajo las siguientes modalidades.

| MODALIDAD            | 2016  | %   | 2017  | %   | 2018  | %   | TOTAL  | %   |
|----------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|--------|-----|
| Licitación Pública   | 4,043 | 81  | 5,270 | 68  | 4,994 | 77  | 14,307 | 74  |
| Invitación a 3       | 894   | 18  | 1,267 | 16  | 1,081 | 17  | 3,242  | 17  |
| Adjudicación Directa | 33    | 1   | 1,236 | 16  | 416   | 6   | 1,685  | 9   |
| Total                | 4,970 | 100 | 7,773 | 100 | 6,491 | 100 | 19,234 | 100 |

**Cuadro 3. Modalidad de las contrataciones de CONAGUA. Montos en millones de pesos**

Las cifras difieren un poco con respecto al Cuadro 2, ya que en algunos casos también se utilizó la figura de convenios entre dependencias.

Como puede observarse, las modalidades de Invitación a 3 personas y de Adjudicación Directa, casi siempre se utilizan al límite máximo que establece la LOPSRM, con las probables consecuencias y efectos que se han venido mencionando.

El porcentaje global para estos últimos 3 años que se analizan, en las modalidades referidas, alcanza el 25% y suma 4,927 millones de pesos, que quizá si se hubiesen licitado de forma pública, podría haberle ofrecido mejores condiciones técnicas y económicas al Estado y se hubiera contribuido a una mejor eficiencia del mercado.

El análisis que queda por hacer es en total de la Administración Pública Federal, los Gobiernos Estatales y Municipales, y quizá los resultados sean parecidos o incluso con porcentajes mayores en estas modalidades, amén de los montos mayores.

*Órgano Colegiado, una propuesta de mejora*

Aun y cuando en algunos casos es justificado el uso de los procedimientos de licitación por invitación a cuando menos 3 personas y adjudicación directa, estos procedimientos no garantizan que el ejercicio de los recursos públicos sea eficiente y transparente, por esta razón la LOPSRM ha sido reformada varias ocasiones, siempre en busca de evitarla discrecionalidad en la adjudicación de contratos de obra pública.

Si bien es cierto que la LOPSRM trata de prevenir los posibles actos discrecionales, lo cierto es que en la mayoría de las ocasiones estos son puestos en evidencia a posteriori, es decir, son observados después de que se realizan auditorias por parte de los órganos de control. En este sentido la LOPSRM no cumple con la prevención de posibles actos de corrupción y se puede decir que las medidas que aplica son reactivas.

La propuesta de un Órgano Colegiado surge como una necesidad imperante para transparentar los procedimientos de licitación por invitación y/o adjudicación directa e inhibir el factor humano en la adjudicación de contratos de obra pública, debido a que los Comités de Obra Pública no han mostrado eficacia en la prevención de actos de corrupción.

Una alternativa para prevenir los actos discrecionales en los procedimientos de licitación ya mencionados, es que sean verificados desde que se están llevando a cabo. Para este caso, durante el desarrollo de estos procedimientos de licitación, se propone la intervención de un Órgano Colegiado, que a la vez que sea el encargado de validar las diferentes etapas de estos procedimientos.

La propuesta considera que dicho Órgano debe estar conformado de la siguiente manera:

**Presidente**

Personal de la SFP o personal de otra instancia fiscalizadora que sea designado por ésta.

**Vocal A**

Personal de la dependencia convocante.

**Vocal B**

Personal superior jerárquico de la dependencia convocante, que puede ser de Organismos de Cuenca o de Oficinas Centrales, para el caso de CONAGUA.

En un primer momento, este Órgano Colegiado debe poner especial atención en la actuación de los servidores públicos que intervienen en la elaboración del catálogo de conceptos y presupuesto base, ya que siempre existe la posibilidad de que se filtre información que sea de beneficio de alguna(s) de las empresas interesadas en estos procedimientos de licitación. Para cuidar este aspecto, se propone que el personal de la Vocalía A firme una carta responsiva y/o de confidencialidad, en la que se señale con toda claridad las sanciones a las que se podrán hacerse acreedores en el supuesto de que brinden información privilegiada a cualquier empresa que participe en la licitación.

También resulta conveniente advertir a los servidores públicos que tengan conflicto de intereses, que deberán manifestarlo por escrito de manera previa al inicio de la licitación, aunque esto de alguna manera en los últimos se prevé en un Protocolo de Actuación de Servidores Públicos, se considera indispensable normarlo en la Ley o su Reglamento.

En un segundo momento, el Órgano Colegiado, a través de la Vocalía A, da inicio al procedimiento de licitación emitiendo la convocatoria pública y llevando a cabo la visita de obra y junta de aclaraciones. Posteriormente recibe las propuestas técnicas y económicas a través de los medios establecidos en la LOPSRM.

La Vocalía A debe de enviar una copia de las propuestas a la Vocalía B y a la Presidencia; ambas Vocalías de manera separada y en paralelo realizan la revisión de dichas propuesta y elaboran su proyecto de dictamen de adjudicación y lo envían a la Presidencia del Órgano, para que sean revisadas y en caso de ser correctas, la Presidencia del Órgano Colegiado pueda emitir el fallo correspondiente.

En cada paso del procedimiento propuesto, los servidores públicos que intervengan deben firmar los documentos que se generen, para que en caso de que incurran en algún posible acto de corrupción, se les pueda fincar las sanciones correspondientes.

Es necesario señalar que no se trata de proponer un proceso para adjudicar un contrato de obra pública que demande un mayor tiempo del que actualmente establece la LOPSRM para las licitaciones, por lo que los tiempos para realizar el procedimiento propuesto se deberán ajustar a los actuales.

De esta forma se busca lograr una transparencia adecuada en el ejercicio de los recursos públicos y de manera adicional se logrará:

1. Garantizar al Estado las mejores condiciones ejecución de las obras públicas.
2. Prevención en posibles actos de corrupción.

Para estar en condiciones de implementar este procedimiento de licitación, es necesario modificar la LOPSRM para que contemple el establecimiento del Órgano Colegiado y sus funciones, o en tanto se alcanza ésta meta, se pueda lograr a través de un mecanismo que emita el Órgano de Control respectivo.

En este mismo orden de ideas, esta propuesta se puede implementar en las legislaciones estatales e incluso alcanzar a las municipales de ser el caso. El efecto deseado con esta propuesta, es inhibir en los diferentes niveles de la administración pública, desde el inicio de los procedimientos de contratación, los posibles actos de corrupción a los que continuamente están expuestos los servidores públicos, derivados de la propia naturaleza humana.

Se considera necesario, eliminar definitivamente las opciones de licitación en las modalidades Invitación a cuando menos 3 personas y de Adjudicación Directa, salvo por casos excepcionales que tengan que ver con la ocurrencia de emergencias y/o de seguridad nacional, ya que está comprobado que son alternativas que fomentan la falta de competencia entre las empresas, son fuente probable de discrecionalidad y corrupción y no garantizan las mejores condiciones técnicas y económicas para el Estado, y que en caso de que se llegasen a utilizar bajo éstos supuestos, también se aplique en lo conducente, la alternativa que hemos denominado Órgano Colegiado.

## Comentarios Finales

### Conclusiones

Se prevé que esta forma de llevar los procedimientos de licitación por invitación restringida y/o adjudicación directa, no solo impactará la forma de licitar de CONAGUA, también podría alcanzar a todas las dependencias obligadas a observar la LOPSRM. De ser positivo el resultado, se puede extender esta figura a las dependencias descentralizadas como Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad, etc., que

actualmente llevan sus procedimientos de licitación con una reglamentación diferente y por tanto vulnerable al factor humano.

Se debe revisar a profundidad la legislación vigente y la normatividad en la materia para buscar mecanismos de control diferentes y no tan burocráticos, que inhiban y prevengan sobre todo, posibles actos de corrupción.

Una alternativa al respecto, es el establecimiento del denominado en éste artículo, Órgano Colegiado, el cual se prevé, sea preventivo y no reactivo, para lo cual, en tanto se modifica la LOPSRM o su reglamento, podría aplicarse a través de acuerdos o circulares que emita la SFP, o bien, se puede establecer tomando los acuerdos necesarios a través del Comité de Obras Públicas, ente que en la actualidad verifica y valida los procesos de licitación; este ente, actualmente no previene la posible comisión de actos discrecionales en la adjudicación de contratos, a través de las modalidades de invitación a cuando menos 3 personas y adjudicación directa.

### Referencias

Secretaría de la Función Pública. (2017). 1.3.2 Invitación a cuando menos tres personas (LOPSRM y LAASSP). 15 de agosto de 2018, de Presidencia de la República Sitio web:

<https://www.gob.mx/sfp/acciones-y-programas/1-3-2-invitation-a-cuando-menos-tres-personas>.

Secretaría de la Función Pública. (2017). 1.3.3 Adjudicación directa (LOPSRM y LAASSP). 1 de septiembre de 2018, de Presidencia de la República Sitio web: 1.3.3 Adjudicación directa (LOPSRM y LAASSP).

Transparencia Presupuestaria, observatorio del gasto. (2018). Obra Pública Abierta, información al segundo trimestre de 2018. 5 de septiembre de 2018, de Presidencia de la República Sitio web:

[http://www.transparenciapresupuestaria.gob.mx/es/PTP/Obra\\_Publica\\_Abierta](http://www.transparenciapresupuestaria.gob.mx/es/PTP/Obra_Publica_Abierta).

Secretaría de la Función Pública. (2018). COMPRANET. 6 de septiembre de 2018, de Presidencia de la República Sitio web:

<https://compranet.funcionpublica.gob.mx/web/login.html>

## Plan estratégico para la empresa Acuicultura Caribe Sur S.P.R. de R.L.

Ing. Ileana Esmeralda Kim Camargo<sup>1</sup>, Ing. Marcela del Carmen Sánchez Cortez<sup>2</sup>,  
MC. Martha Alicia Cázares Morán<sup>3</sup>, MA. Francisco Javier Valladarez Ávila<sup>4</sup>, Lic. Addy Consuelo Chavarría Díaz<sup>5</sup>

**Resumen**— En este artículo se presentan los resultados de una investigación enfocada en el diseño de un plan estratégico para la empresa Acuicultura Caribe Sur S.P.R. de R.L., ya que al decretarse como reserva de la biosfera la región Caribe Mexicano en 2016 y limitar la pesca comercial, creció el potencial económico para las granjas acuícolas en Quintana Roo en ubicaciones específicas, así como la variedad de especies destinadas al consumo interno. Este estudio, guiado por visitas *in situ*, entrevistas e indagación de referentes teóricos, fue de tipo exploratorio, no experimental; con el uso de distintas herramientas, se integró el FODA e identificaron estrategias, la más viable, fue plasmada en un Cuadro de Mando Integral y un Mapa Estratégico; asimismo, se encontró que la falta de planeación ha tenido un impacto negativo para la empresa, con altos costos y poca rentabilidad, aún tratándose de un sector preponderante para la entidad.

**Palabras clave**— Acuicultura, plan estratégico, FODA, estrategias, cuadro de mando integral.

### Introducción

México se distingue como un país con gran potencial de desarrollo del cultivo de especies del mar, debido al clima, recursos naturales y especies nativas con potencial para cultivarse, existen leyes que favorecen las inversiones en acuicultura y el gobierno otorga facilidades gubernamentales para establecer granjas; sin embargo, el cultivo de especies, como la tilapia (*Oreochromis niloticus*), no ha alcanzado las expectativas y el nivel de desarrollo deseado (Martínez, 2006), (SEDARPE, 2015), (Gobierno de la República, 2016). En diciembre de 2016, fue declarada por decreto presidencial el área Natural Protegida, con carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano (CONANP, 2018), que abarca la totalidad del litoral de Quintana Roo, a fin de proteger la mayor parte “de los ecosistemas marinos del estado y porciones costeras, así como preservar la diversidad biológica y los servicios ambientales que sirven de soporte a las actividades humanas”; a decir de la misma Comisión, dicha reserva incluye cinco regiones clasificadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como prioritarias marinas, así como 14 sitios prioritarios terrestres: tres de prioridad extrema, ocho de prioridad alta y tres de prioridad moderada.

Quintana Roo, un estado mayormente turístico, con una enorme diversidad en flora y fauna en playas, islas, bahías, cenotes, ríos, lagunas, selvas, y humedales, busca diversificar y consolidar el posicionamiento del estado como multidesestino turístico, y desarrollar y fortalecer los sectores económicos no turísticos (Plan Gran Visión 2000 - 2025, 2017), lograrlo representaría un crecimiento económico para la entidad y un beneficio directo para sus habitantes. De acuerdo con la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA, 2017), la demanda en la producción de acuicultura en la entidad se ha incrementado de 2006 a 2016, debido a que los productos del mar se han ido agotando y a las regulaciones actuales, lo que ha detonado el interés en dicha actividad, integrando la transformación, comercialización y prestación de servicios relacionados, desarrollando a la vez fuentes de empleo. Lo anterior, es también una opción más en la protección de especies marítimas en peligro de extinción y el abastecimiento de alimentos a la población local y extranjera. El cultivo de tilapia se ha registrado en estados como Baja California, Coahuila, Sinaloa, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Aguascalientes, Jalisco, Hidalgo, Morelos, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Colima, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Oaxaca (SEDARPE, 2015).

La empresa Acuicultura Caribe Sur S.P.R. de R.L. inició operaciones en junio de 2012; está ubicada aproximadamente a 40 km de la ciudad de Chetumal, en los terrenos agropecuarios del ejido Sergio Butrón Casas, municipio de Othón P. Blanco en la carretera federal Chetumal – Villahermosa. Su giro principal es la cría, cultivo y

<sup>1</sup> La Ing. Ileana Esmeralda Kim Camargo, es egresada de ingeniería en gestión empresarial del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, [esmekim15319@gmail.com](mailto:esmekim15319@gmail.com)

<sup>2</sup> La Ing. Marcela del Carmen Sánchez Cortez, es egresada de ingeniería en gestión empresarial del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, [sacm730516@gmail.com](mailto:sacm730516@gmail.com)

<sup>3</sup> La MC. Martha Alicia Cázares Morán, es profesora de Ingeniería en Gestión Empresarial en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, [acm0629@yahoo.com.mx](mailto:acm0629@yahoo.com.mx) (autor correspondiente).

<sup>4</sup> El MA. Francisco Javier Valladarez Ávila, es profesor de Ingeniería en Gestión Empresarial en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, [fjvalladarez21@hotmail.com](mailto:fjvalladarez21@hotmail.com)

<sup>5</sup> La Lic. Addy Consuelo Chavarría Díaz, es profesora de Ingeniería en Gestión Empresarial en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, [addy0614@hotmail.com](mailto:addy0614@hotmail.com)

producción de carne de pescado tilapia (*Oreochromis niloticus*), la cual se comercializa en la zona norte del estado (Tulum, Playa del Carmen y Cancún). El producto de tilapia para venta y consumo que presenta la empresa al mercado, proviene de un criadero en el que son alimentadas con alimento rico en nutrientes, llegan a alcanzar un peso de aproximadamente 1 kilo 500 gramos, el color y sabor del filete es agradable, de bajo costo para el cliente, considerado para todo tipo de segmento de consumidores, adaptado a controles de manejo y producción para su venta, regulados por la Comisión de Sanidad e Inocuidad de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPE) en Quintana Roo. Así, aún cuando la empresa ya se encuentra establecida y tiene un mercado detectado, se requiere del plan estratégico para direccionarla acorde al contexto estatal y nacional, y elevar su competitividad en el sector.

### *Marco referencial*

Independientemente del tamaño de las organizaciones, la planificación estratégica desempeña un papel central en la gestión de las mismas. De acuerdo con Delgado (2015), el plan estratégico es el factor aglutinante de las individualidades, brinda la dirección que le facilita “a todo el personal conocer y apreciar hacia dónde vamos y lo que queremos ser y hacer”, permite con ello, “entender y comprender que cada actividad, por pequeña que sea, colabora con el logro del objetivo final que es la suma de todos los esfuerzos”; todas estas apreciaciones van encaminadas a mitigar los principales prejuicios que habitualmente tienen los directivos en relación a la planificación, y a presentar sus principales beneficios, disminuyendo los posibles riesgos causados por la natural incertidumbre del ambiente (Sainz, Steiner, & Gallardo, 2012); aunque desenvolverse bajo las acciones de un plan estratégico advierte la utilización de un sistema de procedimientos completo, flexible, consistente, continuo y estable, en cada una de las áreas que la conforman (Lerma & Bárcena, 2015); entre otras, Steiner (2012), señala algunas de las ventajas de dicho plan: es esencial para cumplir con las responsabilidades de la alta dirección, introduce un nuevo conjunto de fuerzas decisivas en un negocio, exige el establecimiento de objetivos, revela y aclara oportunidades y peligros futuros.

Para redefinir el camino de una empresa, así como recordar los objetivos de su creación para mantenerla en un equilibrio que la conduzca al éxito, es importante realizar un análisis estratégico para identificar los factores que se pueden considerar para mejorar, innovar y crecer, identificando, lo que se desea y con ello fijar con claridad las estrategias a desarrollar; Ceja (2004), Steiner (2012), Ancín et al (2012), Cannice (2012) y Lerma y Bárcena (2015) mencionan que la estrategia implementada asegura la eficacia y la eficiencia para el logro de los resultados deseados, pensándose que de manera continua existan mejoras donde se aprovechen los recursos de la misma. En la empresa, las estrategias se formulan e implementan mediante un medido análisis que se percate de la situación interna y externa que la rodea, determinando que el recurso humano y financiero, son parte fundamental para su estabilidad y permanencia en la competitividad (Fincoswsky, 2009), (Cannice, 2012), (Hernández, 2012).

Las técnicas para el estudio externo son variadas, destacando entre otras, el análisis de factores políticos, económicos, sociales y tecnológicos (PEST); mencionan Gutiérrez (2012) e Ibarra (2013), que estos son propicios para evaluar condiciones de mercado esencialmente externas, es así, que esta herramienta visualiza el crecimiento o declive de un mercado, y en consecuencia, la posición potencial y dirección de la empresa; otra técnica es la Matriz de Perfil Competitivo (MPC), la cual ayuda a conocer qué empresas del sector son más fuertes, para concentrar sus recursos y mejorar su posición competitiva, también determina qué negocios debido a su posición competitiva conviene mantener pero no para invertir (Ancín, 2012). Otra de las técnicas con altos índices de aplicación, que integra factores internos y externos es el análisis FODA (acrónimo de las palabras Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), que consiste en mejorar los aspectos de la empresa en relación al mercado, tal como señalan Hunger (2007), Cannice (2012), Galindo (2012) y Hernández (2012), la clasificación de los factores del FODA se divide en dos técnicas: del ambiente interno y externo de la empresa, y de esta manera planificar estrategias a futuro.

Para convertir la estrategia de la empresa en objetivos claros e identificables (despliegue), el Cuadro de Mando Integral (CMI) o Balanced Scorecard (BSC) es una herramienta útil que presenta una metodología clara de enlace entre la estrategia de la empresa y la acción; creado en 1992 por Kaplan y Norton, permite describir y comunicar una estrategia de forma coherente y clara en una empresa, está conformado por cuatro perspectivas alineadas entre sí: financiera, del cliente, procesos internos y de aprendizaje y crecimiento. De acuerdo con Norton y Kaplan (2005), el CMI debe transformar el objetivo y la estrategia de una unidad de negocio en objetivos e indicadores tangibles; los indicadores representan un equilibrio entre los indicadores para accionistas y clientes y los indicadores internos de los procesos críticos de negocio, innovación, formación y crecimiento. Los indicadores están equilibrados entre los resultados y los inductores que impulsan la actuación futura y el CMI está equilibrado entre las medidas objetivas y fácilmente cuantificadas de los resultados y las subjetivas, y en cierto modo crítico, es inductor de la actuación de los resultados; en la estrategia se requiere que todos los empleados estén vinculados y la



impulsen en su trabajo cotidiano en tres procesos: la comunicación descendente, la definición de objetivos personales y de equipo y, los sistemas de remuneración e incentivos vinculados al CMI. Para representar visualmente la estrategia, Kaplan y Norton (2004) diseñaron el mapa estratégico, donde se describe el proceso de creación de valor a través de las relaciones causa-efecto entre los objetivos que se plantean en cada perspectiva.

### Descripción del Método

#### Metodología

A partir de múltiples visitas *in situ*, la indagación en diversas fuentes para la construcción del marco teórico y entrevistas con el sector público vinculado con la acuicultura, fue posible orientar este estudio de carácter exploratorio, no experimental, y conocer las técnicas favorables para el análisis interno y externo de la empresa Acuicultura Caribe Sur S.P.R. de R.L.

Con el análisis estratégico a la empresa se identificaron la misión, visión y valores; a continuación se aplicó la matriz PEST; lo anterior, fue de la mano con la matriz de perfil competitivo (MPC), que permitió identificar la situación que guardaba la empresa con respecto a sus competidores en la entidad, donde se identificaron los factores decisivos de éxito de la granja motivo de este estudio, así como los competidores más representativos del mercado, se asignó una ponderación a cada factor, con el objeto de indicar la importancia relativa de ese factor para la granja (sin importancia/muy importante); posteriormente, se asignó a la empresa y a cada uno de los competidores, la debilidad (1, grave o menor, 2) o fortaleza (menor, 3 o 4, importante); a continuación, se multiplicó la ponderación asignada a cada factor clave por la clasificación correspondiente otorgada a cada granja, el resultado ponderado indicó la fuerza o debilidad relativa de cada competidor en cada factor determinante de éxito; finalmente, se sumó la columna de resultados ponderados por cada granja, el más alto indicó al competidor más amenazador y el menos al más débil. A continuación, se procedió a construir la matriz FODA, como paso previo a la identificación y formulación de estrategias. Con los resultados obtenidos, se realizó el cruce correspondiente, donde fueron identificadas distintas estrategias que la empresa podría poner en marcha; una vez determinada la más viable, se elaboró el Cuadro de Mando Integral, cada perspectiva con sus respectivos objetivos, indicadores, metas, actividades, presupuestos estimados, responsables y tiempo de realización. Finalmente, se elaboraron el Mapa Estratégico y las fichas técnicas de los indicadores que resultaron en el CMI.

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

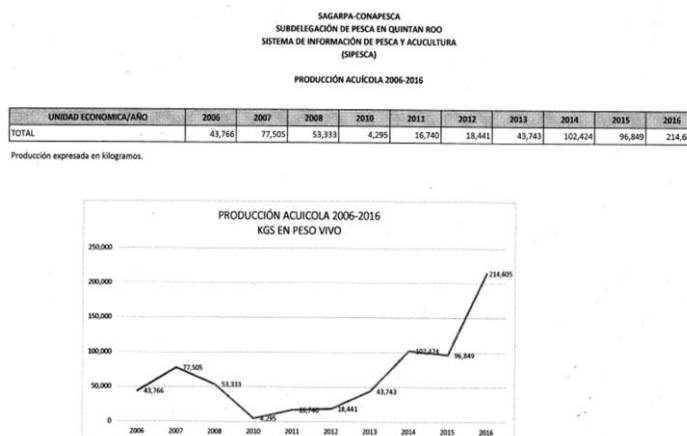
Esta investigación se orientó a formular un plan estratégico para una empresa de acuicultura ubicada en el sur de Quintana Roo (fuera de las zonas y subzonas incluidas en la reserva de la biosfera Caribe Mexicano); dicha empresa está interesada en aprovechar el potencial de ampliación y diversificación que surge a partir de las limitantes para la pesca comercial y el desarrollo de la acuicultura señaladas en el decreto de creación de la citada reserva. Los resultados obtenidos se presentan por cada análisis que se hizo.

#### Matriz de evaluación PEST

Dentro de los factores políticos, se encontró que con la creación de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, fueron delimitadas las áreas para la pesca comercial y acuicultura, con lo que se protegen especies en peligro, pero a la vez, en aquellas áreas ubicadas fuera de las zonas y subzonas restringidas para esas actividades comerciales, es posible establecer, ampliar y diversificar la producción artificial de especies para su comercialización en Quintana Roo, siempre y cuando se cumpla con la legislación vigente; lo anterior, para el municipio de Othón P. Blanco, representa una ventaja en este sector, debido a que existe demanda, tanto para consumo interno, como para la atención al sector turismo (nacional e internacional), que ha ido en constante incremento. En estas actividades se carece de infraestructura necesaria tanto pública como privada, así como la base tecnológica y la coordinación gubernamental necesarios; sin embargo, se considera una actividad con potencial en núcleos de negocio o micro *clúster* en el rubro pesquero ya que los acuicultores tienen la capacidad de producir: coronado, chac-chi, picuda, caracol, robalo, red fish, tilapia y mojarra, (Gobierno de la República, 2016), (Plan Gran Visión 2000 - 2025, 2017).

Al abordar el resto de los factores, la CONAPESCA documenta que de 2006 a 2016 la producción acuícola pasó de 46,766 a 214,605 kg en peso vivo (figura 1); de igual forma, para 2017 tenía registradas 19 granjas activas. La mayoría de estas granjas de acuicultura se enfocan al cultivo de tilapia, debido a que para su manejo es considerado un pez noble; para su producción se requiere de una temperatura promedio de 27/28 grados y aguas de calidad, condiciones que en el estado están presentes, lo que lo convierte en una región idónea para desarrollar esta actividad (Meyer, 2004), (Instituto Tecnológico de Chetumal, 2008); el Estado reconoce que con la creación de la reserva de la biosfera, es importante enfocar proyectos para la instalación de granjas de producción de especies

acuícolas como nuevas opciones para el mejoramiento del ingreso económico de los lugareños, mediante la diversificación de actividades y creación de nuevos empleos que contribuyan al desarrollo del municipio, considerando la actividad pesquera equilibrada, integral y sustentable (Gobierno de la República, 2016); de igual forma, se destaca la necesidad de orientar cualquier práctica hacia la sustentabilidad.



**Figura 1. Producción acuícola en Quintana Roo, 2006-2016 (CONAPESCA, 2017)**

*Matriz de perfil competitivo*

Para desarrollar la Matriz de Perfil Competitivo, se tomaron en cuenta las granjas acuícolas que tuvieron mayor producción en Quintana Roo en los años 2016 y 2017; de acuerdo a los valores de las calificaciones ponderadas se determina que la granja de Leona Vicario es el competidor más fuerte con 3.51 puntos, y la Granja de Miguel Hidalgo, con un total de 1.9 puntos, es la más débil con respecto a la granja estudiada (figura 2).

| FACTORES CLAVES DEL ÉXITO                        | VALOR       | GRANJA SERGIO BUTRON |                     | GRANJA HUAY PIX |                     | GRANJA MIGUEL HIDALGO |                     | GRANJA LEONA VICARIO |                     |
|--|-------------|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|  |             | CLASIFICACIÓN        | RESULTADO PONDERADO | CLASIFICACIÓN   | RESULTADO PONDERADO | CLASIFICACIÓN         | RESULTADO PONDERADO | CLASIFICACIÓN        | RESULTADO PONDERADO |
| 1 Competitividad en precios                      | 0.14        | 4                    | 0.56                | 3               | 0.42                | 3                     | 0.42                | 3                    | 0.42                |
| 2 Producción en toneladas al año                 | 0.16        | 4                    | 0.64                | 4               | 0.64                | 3                     | 0.48                | 4                    | 0.64                |
| 3 Superficie de cultivo                          | 0.1         | 4                    | 0.4                 | 3               | 0.3                 | 3                     | 0.3                 | 4                    | 0.4                 |
| 4 Participación en el mercado.                   | 0.25        | 4                    | 1                   | 2               | 0.5                 | 1                     | 0.25                | 3                    | 0.75                |
| 5 Personal adecuado con experiencia para el ramo | 0.25        | 4                    | 1                   | 1               | 0.25                | 1                     | 0.25                | 4                    | 1                   |
| 6 Fácil acceso a las instalaciones               | 0.05        | 1                    | 0.05                | 4               | 0.2                 | 3                     | 0.15                | 4                    | 0.2                 |
| 7 Antigüedad de producción en ramo               | 0.05        | 3                    | 0.15                | 1               | 0.05                | 1                     | 0.05                | 2                    | 0.1                 |
| <b>TOTAL PONDERADO</b>                           | <b>1.00</b> |                      | <b>3.8</b>          |                 | <b>2.36</b>         |                       | <b>1.9</b>          |                      | <b>3.51</b>         |

**Figura 2. Resultados de la matriz de perfil competitivo aplicada a la granja Acuicultura Caribe Sur S.P.R. de R.L.**

*Matriz FODA*

Para establecer el análisis FODA, previamente se elaboró la matriz de evaluación de factores externos (MEFE), con la que se obtuvo una puntuación en oportunidades de 1.81 contra 0.85 de las amenazas, siendo esto un factor favorable para la empresa; mientras que en la aplicación de la matriz de evaluación de factores Internos (MEFI), el total ponderado de las fortalezas fue 1.8, en tanto, el valor de las debilidades fue de 0.824, lo cual es otro elemento positivo para la organización. Estos resultados en conjunto, dieron paso a la realización del cruce del FODA, del cual fue posible identificar cuatro estrategias, una por cuadrante (figura 3). Asimismo, por los valores obtenidos en las puntuaciones correspondientes, el cuadrante con mayor peso fue el de oportunidades *versus* debilidades (OD), razón por la que se determinó que esa sería la estrategia a desarrollar en el cuadro de mando integral, y dado su impacto, el resto se convertirían en objetivos.

| CUADRANTE                         | ESTRATEGIAS  |
|-----------------------------------|--|
| FO<br>Fortalezas/Oportunidades    | Participación en apoyos de subsidios federales, estatales y municipales.   |
| DO<br>Debilidades/Oportunidades** | Mejora de la eficiencia operativa mediante la certificación de sus procesos, ampliación de fuentes de ingresos con el desarrollo de nuevos productos y la promoción de los mismos. |
| FA<br>Fortalezas/Amenazas         | Implementar Seguridad e Higiene en la Granja Acuicultura Caribe Sur.   |
| DA<br>Debilidades/Amenazas        | Proceso de Certificación de la Granja Acuicultura Caribe Sur.  |

Figura 3. Estrategias identificadas para la granja Acuicultura Caribe Sur S.P.R de R.L.

Mapa estratégico

A efecto de representar visualmente la totalidad de la estrategia de Acuicultura Caribe Sur, se utilizó el mapa estratégico, donde se establecieron las relaciones causa efecto entre los objetivos de las cuatro perspectivas del CMI (Figura 4).



Figura 4. Mapa estratégico de la empresa Acuicultura Sur S.P.R. de R.L.

Indicadores del CMI

Una vez desarrollado el CMI, resultaron 13 indicadores en total; en la figura 5 se enlistan por cada perspectiva.

| PERSPECTIVA               | INDICADORES   |
|---------------------------|---|
| FINANCIERA                | 1. Porcentaje de incremento de ventas<br>2. Porcentaje de incremento de utilidades<br>3. Porcentaje de ingresos por nuevo producto  |
| CLIENTE                   | 1. Porcentaje de clientes actuales satisfechos<br>2. Porcentaje de nuevos clientes captados   |
| PROCESOS INTERNOS         | 1. Porcentaje de personal regularizado en sus condiciones laborales<br>2. Porcentaje de implementación del programa de seguridad e higiene<br>3. Porcentaje de implementación del proceso de certificación de sanidad e inocuidad<br>4. Cantidad de nuevos empleados contratados<br>5. Porcentaje del programa de marketing implementado<br>6. Porcentaje del proceso del nuevo producto implementado |
| APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO | 1. Porcentaje de personal capacitado para operar el proceso del nuevo producto<br>2. Porcentaje de personal capacitado para operar el programa de marketing   |

Figura 5. Indicadores resultantes del CMI por cada perspectiva

Conclusiones

Este estudio permitió contar con una visión integral de la empresa, pero a la vez, obtener un panorama de la acuicultura en Quintana Roo; con la formulación del plan estratégico se pudo observar que la producción de otras especies de alto valor comercial, como la langosta, es posible para Acuicultura Caribe Sur S.P.R. de R.L. debido a que su principal competidor enfrenta restricciones en la parte norte del estado dada su ubicación geográfica cercana a una subzona de la reserva; asimismo, al incursionar en esquemas de calidad a través de la certificación de sanidad e inocuidad alimentaria, se abre para la empresa la posibilidad de incursionar en nuevos mercados nacionales e internacionales; una de las áreas de oportunidad que le representan una fuerte desventaja a la organización es la incertidumbre laboral de los trabajadores. Finalmente, fue posible determinar que la falta de planeación ha tenido un

impacto negativo para dicha organización, lo que se ve reflejado en los altos costos y poca rentabilidad del negocio, aun cuando se trata de un sector preponderante para Quintana Roo.

### *Recomendaciones*

A partir de los resultados producto de esta investigación, es posible sugerir que la marca de la empresa sea registrada ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), antes incluso, de la puesta en marcha del programa de marketing; futuras indagaciones sobre el tema de acuacultura en Quintana Roo y específicamente en Othón P. Blanco, podrían profundizar en la factibilidad de la producción de otras especies de gran demanda para el consumo interno, así como en el encadenamiento productivo con la zona norte de la entidad, factor que es el talón de Aquiles para los sistemas productivos del centro y sur. El acercamiento de acuacultores con las certificaciones de calidad, les brinda la posibilidad de mejorar su infraestructura productiva y no únicamente exportar, sino establecer contratos mas rentables con los mayores centros de consumo en Quintana Roo; lo anterior, debido a que en la consulta de referentes teóricos sobre el tema, no apareció una gran variedad de opciones y la información en las dependencias oficiales fue dispersa, aun cuando la acuacultura es un sector de interés para el estado.

### **Referencias**

- Ancín, J. M. (2012). El plan estratégico en la práctica. México: Alfaomega.
- Cannice, H. K. (2012). Administración una Perspectiva Global y Empresarial. México: McGrawHill.
- Ceja, G. G. (2004). Planeación y Organización de Empresas. México: Edamsa.
- CONANP. (2018). Programa de manejo, Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano. México: SEMARNAT.
- Delgado, J. V. (2015). ¡Planificando estratégicamente! (Lulu.com, Ed.) Los Ángeles, California, USA: Windmills International Editions, Inc.
- Fincoswsky, E. B. (2009). Organización de Empresas. México: McGrawHill.
- Galindo, C. G.-F. (2012). Administración. México: Patria.
- Gobierno de la República. (16 de abril de 2016). Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de CONANP: [www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/EPJ\\_RB\\_CM\\_12abril2016\\_scc.pdf](http://www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/EPJ_RB_CM_12abril2016_scc.pdf)
- Hernández, J. R. (2012). Administración Estratégica de la Visión a la Ejecución. México: Alfaomega.
- Hunger, T. L.-J. (2007). Administración Estratégica y Política de Negocios. México: Pearson.
- Ibarra, M. (9 de julio de 2013). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Industrial. Recuperado el 31 de octubre de 2017, de Tesis: [repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114128/cf-ibarra\\_mb.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114128/cf-ibarra_mb.pdf?sequence=1)
- Instituto Tecnológico de Chetumal. (2008). Uso de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis Niloticus*) en la península de Yucatán. Chetumal, Quintana Roo, México: Margarita Rosa Dzib Dzul.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2004). Mapas estratégicos. Cómo convertir los activos intangibles en resultados tangibles. (E. G. 2000, Ed.) Barcelona, España: Planeta De Agostino Profesional y Formación, SL.
- Lerma, A., & Bárcena, S. (2015). Planeación Estratégica Por Áreas Funcionales. México: Alfaomega.
- Martínez, D., & Milla, A. (2012). Análisis del Entorno. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Martínez, M. A. (2006). Manejo del cultivo de la tilapia. Nicaragua: CIDEA.
- Meyer, L. (2004). Introducción a la Acuacultura. Tegucigalpa, Honduras: Zamorano.
- Norton, R., & Kaplan, D. (2005). Cuadro de Mando Integral. Valencia, España.
- Plan Gran Visión 2000 - 2025. (2017). Gobierno del estado de Quintana Roo. (Q. R. Chetumal, Ed.) Recuperado el 23 de agosto de 2017, de [sede.qroo.gob.mx: sede.qroo.gob.mx/portal/descargas/2000-2025.pdf](http://sede.qroo.gob.mx: sede.qroo.gob.mx/portal/descargas/2000-2025.pdf)
- Sainz de Vicuña Ancín, J. M. (2015). *Plan Estratégico en la Práctica*. México: Alfaomega.
- SEDARPE. (2015). Guía de referencia técnica para la operación de granjas de tilapia en Quintana Roo. Chetumal Quintana Roo: estado de Quintana Roo.
- Steiner, G. (2012). Planeación estratégica, lo que todo director debe saber. México: Patria.

# EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE CÉLULAS MADRE MESENQUIMALES DERIVADAS DE MÉDULA ÓSEA (BMMSC'S) EN UN MODELO ANIMAL DE DAÑO DE CARTÍLAGO AL PABELLÓN AURICULAR

Ing. Teresa Lara Estrada<sup>1</sup>, Dr. en C. Álvaro Tovar Cuevas<sup>2</sup>, Dr. en C. Jorge Vergara Galicia<sup>2</sup>, Dra. Martha de Nuestra Señora de San Juan Rodríguez Sahagún<sup>2</sup>, Mtro. Iván López Pérez<sup>2</sup>, Mtra. Norma Silvia Vázquez Sánchez<sup>2</sup>, Dr. en C. Luis Daniel Hernández Ortega<sup>2,3,4</sup>

**Resumen**— Las bmMSC's son células que pueden diferenciarse en diversos linajes celulares, tales como adipogénico, osteogénico y condrogénico, entre otros. Además, secretan una gran cantidad de moléculas bioactivas que favorecen la proliferación celular. Para el presente estudio se utilizaron 9 conejos, 1 para la extracción de médula ósea y 10 conejos para evaluar la regeneración celular condrogénica (lesión de cartílago del pabellón auricular con punzocat de 2mm). La medula extraída fue separada por medio de gradientes de densidad para obtener el concentrado mononuclear, el cual fue añadido a frascos de cultivo T75 para aislar las bmMSC's y realizar una expansión por pasajes consecuentes, una vez se contó con una densidad celular adecuada se procede a administrar las células en la zona de penumbra de la lesión, se evaluó la regeneración en la zona de lesión, y se comparó con el grupo control.

**Palabras clave**— bmMSC's, cartílago, regeneración, conejos.

## Introducción

Las células madre se definen por su potencial de autorrenovación y la capacidad de diferenciarse en numerosos tipos de células, incluidas las células de tejido adiposo, hueso y cartílago.

Uno de los campos de la medicina regenerativa que más expectativas ha levantado en los últimos años es la terapia celular. El uso de las células madre mesenquimales, también llamadas células estromales mesenquimales (MSC's) ha tenido gran impacto en el ámbito biomédico como estrategia terapéutica.

Las MSC's provienen de origen mesodérmico, son células multipotenciales con capacidad de autorrenovación, y se encuentran en diferentes tejidos del organismo (Mareschi, et. al. 2012) (médula ósea, tejido adiposo, páncreas, hígado, músculo esquelético, dermis, membrana sinovial, hueso trabécula, sangre de cordón umbilical, tejido pulmonar, pulpa dental, ligamento periodontal, etc.). Existen estudios que revelan que del 0.01 al 0.001% de las células mononucleares de médula ósea humana son MSC's. Al igual que las MSC's de otras fuentes, las Células Madre Mesenquimales de Médula Ósea (BMMSC's) tienen la capacidad de diferenciación multipotencial pero a diferentes porcentajes dependiendo el tejido de interés, por ejemplo, este tipo de Células Madre tienen una capacidad de diferenciación del 100% en los linajes adipogénicos y condrogénicos, sin embargo en la diferenciación osteogénica solo posee una capacidad del 71.4 % (Arévalo, et. al. 2007)

Las MSC's tienen actividad migratoria selectiva a sitios de daño, así como remodelación y por su capacidad para evadir al sistema inmunitario y colaborar en la reparación tisular mediante la secreción de factores de crecimiento y una gran cantidad de moléculas bioactivas, estas moléculas tienen actividad inmunoreguladora y tienen la capacidad de inducir la regeneración en microambientes donde existe una lesión tisular. Diversos estudios pre-clínicos y clínicos analizan su efecto en la regeneración tisular con resultados alentadores (Fiore, et. al. 2017).

Hasta el momento, con los estudios y avances disponibles, la reconstrucción de tejidos, más específicamente la reparación de tejido cartilaginoso no ha sido del todo alcanzada. La ingeniería de tejidos ha sido de gran ayuda, buscando desarrollar nuevas estrategias tanto para encontrar sustitutos funcionales que puedan asemejarse lo mayor posible al tejido cartilaginoso, con el objetivo de ayudar a personas con deficiencias o pérdidas del tejido (Zapata, et. al. 2017)

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco A. C. <sup>2</sup> Departamento de Ciencias Biomédicas, Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara. <sup>3</sup> Departamento de Investigación, Centro Universitario UTEG. <sup>4</sup> Biosential S.A. de C.V., Pablo Neruda 3265, Guadalajara, Jalisco, México, CP 44630.

### *Las Células MSC's*

Debido a que las MSC's se pueden aislar de múltiples tejidos adultos, permiten así, que pueda considerarse su aplicación como células autólogas, evitando con esto los problemas éticos y legales que implica una donación de tejido para trasplante (García, 2008)

La Sociedad Internacional de Terapia Celular (ISCT), definió tres propiedades principales que deben cumplir las células para ser consideradas como MSC's: deben adherirse al plástico, tener expresión positiva de los marcadores de membrana CD105, CD73, CD90 y expresión negativa de CD45, CD34, CD11b, CD19, y HLA clase II, y finalmente la capacidad de diferenciación en líneas celulares de hueso, cartílago y tejido adiposo al ser cultivadas en condiciones adecuadas (Ikebe, et. el. 2014) El aislamiento de MSCs provenientes de médula ósea es considerado como la principal fuente de obtención. No obstante, se han aislado de muchos otros tejidos tales como tejido adiposo, placenta, sangre de cordón umbilical, pulpa dental, entre otros (Arbos, et. al. 2013; Linero, et. al. 2013) Sin embargo, la mayoría de estos tejidos tiene inconvenientes particulares para su obtención, por ejemplo, las células de cordón y placenta solo se pueden procesar cuando existe una donación producto de un parto sin complicaciones, además que en ocasiones no pueden ser programados, la obtención de tejido de pulpa dental suele ser muy poco eficiente, dado que la cantidad disponible por pieza dental es muy pequeña. Por otra parte, la obtención de médula ósea suele ser un procedimiento mínimamente invasivo que es fácilmente programable, cabe mencionar que las BMMSC's conforman aproximadamente el 0.01-0.001 % de la población total de las células nucleadas de la médula ósea (Linero, et. al. 2013). Por lo que posterior a su aislamiento es necesario expandir su número mediante cultivo *in vitro* y aunque no se ha establecido una dosis específica óptima para aplicaciones en terapia; se considera aceptable administrar de  $1.0-2.0 \times 10^6$  MSC's por kg de peso corporal (Ikebe, et. el. 2014).

Estudios recientes han demostrado que las MSC's tienen la característica diferenciarse en múltiples linajes tanto mesodérmicos como endodérmicos y ectodérmicos, incluso en células de tejido nervioso (Linero, et. al. 2013) y a su vez, indican que las MSC's son capaces de diferenciarse tanto *in vitro* como *in vivo* (Prósper, et. al. 2016) Se cree que gran parte de los efectos de los tratamientos *in vivo* dependen de secreción de citocinas beneficiosas y factores de crecimiento para la reparación, regeneración e inmunomodulación en tejidos dañados incluso más que por la propia diferenciación hacia el tejido dañado (Ikebe, et. el. 2014). En el caso particular de cartílago se ha demostrado que las células solo contribuyen en cerca del 15% de la reparación alcanzada (Fraser et al. 2006).

### *Condrogénesis*

Los estudios de condrogénesis *in vitro* han sido realizados, tanto en sistemas 2D como 3D, sin embargo, la eficiencia suele ser baja. Los sistemas 3D basados en andamios moleculares, suelen ser mucho más eficientes que los libres de andamios. Esto debido a que este tipo de sistema tiende a mimetizar el microambiente al que las células están sometidas *in vivo*, mejorando la comunicación intercelular, adhesión de sus proteínas de unión, etc. Aún con este incremento los resultados no son comparables con lo observable *in vivo*, en parte esto se debe a que estos andamios utilizan proteínas que encontramos en la matriz extracelular (colágeno, proteoglicanos, ácido hialurónico, etc.) o combinaciones de ellas, sin embargo, la matriz extracelular es mucho más compleja que eso, por lo que el desarrollo de modelos *in vivo* continúa siendo determinante para el establecimiento de este tipo de terapias (Liu et al. 2016; Nam et al. 2018).

Particularmente el tejido cartilaginoso se compone de una matriz extracelular compleja pero cuyas proporciones proteicas varían en función de los diferentes tipos de cartílago, entre los que encontramos:

**Cartílago elástico:** El cartílago es un tejido conjuntivo avascular que, dependiendo de la composición de la matriz extracelular y su ubicación en el cuerpo humano, se clasifica como cartílago elástico, fibrocartílago y cartílago hialino. El cartílago elástico contiene haces de elastina dispersas en la matriz extracelular que le proporcionan rigidez y elasticidad al tejido. Este tejido se encuentra en el oído y en la epiglotis (Vaca, et. al. 2017).

**Cartílago de pabellón auricular:** El pabellón auricular forma parte del oído externo y tiene como propósito captar y direccionar las ondas sonoras hacia el conducto auditivo. Está formado por un esqueleto de cartílago elástico con formas definidas, cubierto en su totalidad por piel y situado en la pared lateral de la cabeza, unido a ella por su parte media y libre en el resto de su extensión. La ubicación anatómica del pabellón auricular está entre una línea horizontal superior que coincide con la parte más lateral de la ceja y otra inferior, un poco más abajo del septum caudal. Su eje mayor, mide generalmente 60 a 65 mm y su eje transversal 25 a 35 mm (Dávalos, et. al. 2009).

### *Patologías y malformaciones del cartílago de pabellón auricular*

La oreja, debido a su situación expuesta en la cabeza, es un órgano susceptible de sufrir múltiples traumas e incluso pérdida; así mismo, es asiento de neoplasias malignas, carcinomas y melanomas que igualmente finalizan en

amputación. Fuera de estas razones, la ausencia congénita del pabellón auricular es la segunda malformación facial de origen congénito más frecuente después del labio y paladar fisurados (Mantilla, 2008).

La microtia es una malformación congénita del pabellón que varía desde una reducción de tamaño hasta la ausencia completa de la oreja (Melgarejo-Ramírez, et. al. 2014).

El tratamiento que existe hoy en día y que se ha considerado que funciona de mejor manera son los injertos autólogos de los cuales se obtiene tejido cartilaginoso del pabellón auricular, tabique nasal y sobre todo de cartílago costal cuando se requiere regenerar cierta lesión e implantarlo. Como se ha mencionado, tanto el septum nasal como el pabellón auricular pueden tener malformaciones, patologías e incluso se puede presentar la ausencia de tales tejidos, razones por las cuales hemos decidido enfocar el proyecto de investigación en la generación de un modelo animal para explorar las alternativas de regeneración *in vivo*.

### Descripción del Método

#### *Sede y periodo del estudio*

Este trabajo se realizó en conjunto de las instalaciones del Laboratorio de Biología Molecular y Genética, del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara, el Laboratorio de Tecnología Farmacéutica del Centro Universitario UTEG, el laboratorio X del CIATEJ y el Laboratorio de Microscopía de la empresa Biosential S.A. de C.V., en el periodo del 23 de julio de 2018 al 18 de octubre de 2018.

#### *Universo de estudio*

Conejos machos de la especie *Oryctolagus cuniculus* de la raza neozelandés

#### *Consideraciones éticas*

El presente estudio se ajusto a la NOM-062-ZOO-199. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Los animales se mantuvieron en jaulas individuales, con espacio suficiente e higiene constante sometidas a un ciclo de luz-oscuridad de 12 hrs (c/u), y tuvieron libre acceso a agua y alimento *ad libitum*.

#### *Aislamiento de las BMMSC's*

Para realizar el procedimiento de extracción de médula ósea, se utilizó un conejo que no formaba parte de los grupos de estudio, se indujo la anestesia analgesia mediante una inyección intraperitoneal de Zoletil 50®. Una vez logrado esto, se depiló la piel del conejo y se realizó una incisión con bisturí, se procedió a una punción al fémur con ayuda de una aguja pediátrica para extracción de médula ósea. Inmediatamente el contenido de la jeringa se colocó en un tubo estéril (tipo falcón), la muestra fue diluida en PBS en relación 1:1. Para llevar a cabo la separación por gradiente de densidad, en un tubo (tipo falcon) se agregaron aproximadamente 20 ml de medio Ficoll® Paque y con una pipeta se adicionó la muestra deslizando lentamente por las paredes del tubo cuidadosamente para que no se mezclen los líquidos manteniendo 2 fases bien definidas. Posteriormente el tubo fue sometido a una centrifugación de 450G por 30 minutos, terminado esto se removió la capa de células mononucleares cuidadosamente y se coloca en un nuevo tubo, se adiciona PBS en relación 1:1 con el concentrado mononuclear, nuevamente se centrifugó a 2800 rpm por 10 min, posteriormente se remueve el sobrenadante. El pellet obtenido se resuspendió en 15 ml de DMEM Gibco® adicionado con 1X de Glutamax, 1X de aminoácidos no esenciales, 1X de vitaminas y 0.075 ml de antibiótico penicilina/estreptomina y 10% de suero fetal bovino descomplementado (SFB), todo el contenido se vierte en un frasco de cultivo T75, el cual se colocó en una incubadora a 37°C, 5% de CO<sub>2</sub> y 85% de humedad relativa. El medio fue cambiado cada 3 días, hasta obtener una confluencia del 90%, posteriormente se realizó un split de las células distribuyéndolas equitativamente en 3 frascos T75, mismos que fueron cultivados hasta un 90% de confluencia.

Para el desprendimiento de las BMMSC's, se retira el medio de cultivo de los frascos de cultivo, se agrega a cada frasco 5 ml de PBS para hacer un breve enjuague y quitar los restos de SFB, posteriormente se retira. Se adiciona enzima TryPLE y se coloca a 37°C dentro de la incubadora de CO<sub>2</sub> 5 minutos para disociar a las células adherentes del frasco de cultivo, una vez pasado el tiempo y después de verificar el desprendimiento de las BMMSC's el contenido de los 3 frascos es colocado en un tubo de 50ml, con el objetivo de neutralizar la enzima, se agregan 10ml de medio de cultivo con SFB al 10%. El SFB tiene la capacidad bloquear la enzima TryPLE deteniendo acción antes de lesionar las células. Posteriormente el contenido del tubo se centrifuga a 2800 rpm para formar un pellet celular, el cual es lavado con PBS y centrifugado nuevamente a 2800 rpm. El pellet obtenido es resuspendido en PBS para realizar el conteo celular mediante un contador automático Countess® II FL de Invitrogen®, con la suspensión celular se realizó una dilución hasta obtener una densidad celular de 10 millones de células por ml, 0.6 ml fueron colocados en una jeringa de insulina para su aplicación, 2.5 millones fueron separados

para los análisis de diferenciación y el remanente fue utilizado para la caracterización por citometría de flujo.

#### *Desarrollo del modelo animal*

Los conejos fueron divididos en 2 grupos, 1.- lesión en el pabellón auricular y 2.- lesión en el pabellón auricular + BMMSC's. Previo a la realización de las lesiones circulares se utilizó Microdacyn como antiséptico para reducir la posibilidad de infecciones, el sitio de la lesión fue anestesiado de manera local con Lidocaina al 10%, posterior a ello se hizo un orificio con ayuda de un punzocat de 2 mm que atravesó todo el pabellón auricular como lo podemos observar en la figura 1A. Cabe mencionar que debido a la herida, hubo un sangrado en la lesión, lo cual resulta favorable ya que puede utilizarse como un soporte natural para las BMMSC's sin necesidad de recurrir a ningún andamio sintético. Concomitante al desarrollo de la lesión se administraron 0.10ml de la solución conteniendo las BMMSC's en la zona de penumbra de la lesión tal como aparece en la figura 1B. La lesión fue monitoreada durante 6 semanas, recolectando evidencia fotográfica cada semana, a la sexta semana se procedió a tomar una biopsia para estudios posteriores del tejido.



**Figura 1.** A) Lesión circular generada por el punzocat, B) administración de las BMMSC's

#### *Análisis de marcadores mesenquimales*

El análisis de la expresión de los marcadores de membrana CD73, CD90, CD105 y CD44, así como la ausencia de los marcadores hematopoyéticos CD45, CD34, CD11b, CD19 y HLA-DR se realizó para las BMMSC's mediante citometría de flujo con el kit de Stemflow Human Mesenchymal Stem Cells (hMSC) analysis (Becton Dickinson kit cat. 562245).

Nueve tubos eppendorf de 1.5 mL fueron preparados con un millón de células suspendidas en 300µL de PBS/BSA 0.1% por cada microtubo. La fijación de las células fue realizada usando paraformaldehído al 4% frío durante 20 min en agitación constante a 120 rpm. Una vez fijadas las células se prosiguió con el marcaje de los anticuerpos, y siguiendo las instrucciones del fabricante, el sobrenadante fue desechado y se resuspendieron en 300µL de PBS/BSA 0.1% para proceder con el análisis usando el citómetro Accuri C6 BD.

#### *Análisis de multidiferenciación*

El análisis de multidiferenciación consiste en diferenciar las células BMMSC's a diferentes linajes del mesodermo: osteoblastos, adipocitos y condrocitos como lo establece la ISCT. Para este experimento se sembraron 125,000 células por pozo en 18 pozos y se añadieron los medios específicos durante 28 días. Una vez completado el protocolo de inducción, tanto las células diferenciadas como las células indiferenciadas se tiñeron con el colorante correspondiente para corroborar la diferenciación hacia cada tipo celular.

##### *Adipocitos*

La diferenciación hacia adipocitos se realizó utilizando el medio Human Adipocyte Differentiation (SIGMA 811D). La tinción con rojo oleoso corrobora la diferenciación hacia adipocitos. El rojo oleoso se fija a las vacuolas lipídicas características de los adipocitos, tiñe de rojo brillante los triglicéridos neutros y los lípidos que conforman las gotas de lípidos multiloculares (con más de una gota de lípidos).

##### *Condrocitos*

El proceso de diferenciación hacia condrocitos se realizó utilizando el medio Chondrocyte Differentiation (SIGMA 411D). La tinción con azul alciano corrobora la diferenciación hacia condrocitos. El azul alciano se fija a las fibras de colágeno de la matriz extracelular producidas por los condrocitos.

##### *Osteoblastos*

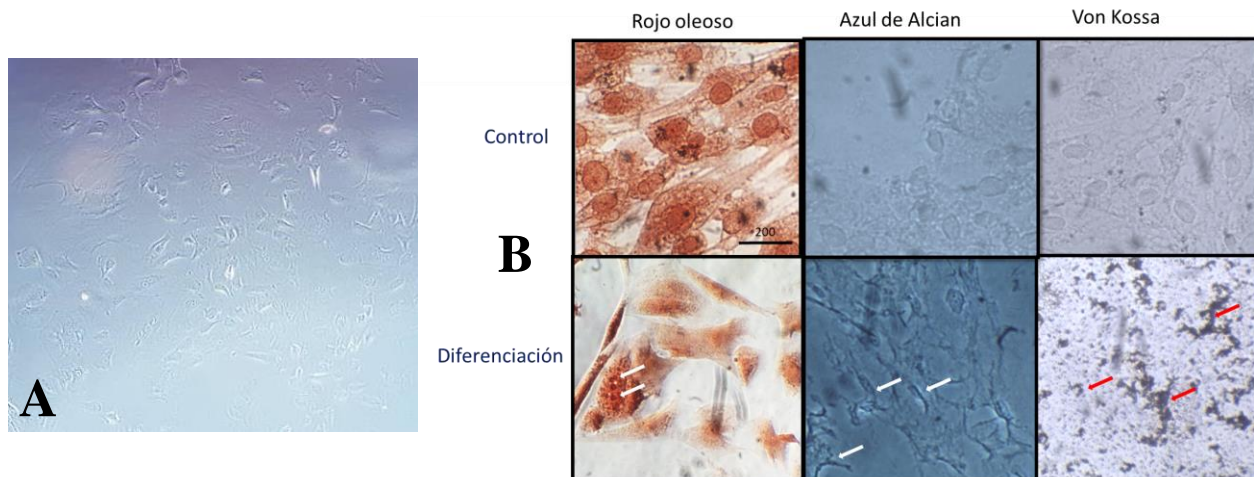
La diferenciación se realizó utilizando el medio Human Osteoblast Differentiation (Sigma 417D). La tinción con Von Kossá corrobora la diferenciación hacia osteoblastos. El Von Kossá tiñe de color negro o marrón los depósitos de calcio producidos por los osteoblastos.

### **Comentarios Finales**



*Resumen de resultados*

En este trabajo investigativo se estudió el efecto de la administración de BMMSC's en un modelo animal de daño de cartílago al pabellón auricular, los resultados de la investigación incluyen el análisis de los marcadores mesenquimales los cuales cumplen con los criterios de la ISCT, al encontrar positividad en CD90, CD44, CD105 y CD73 en un 96.8, 100, 96.5 y 75.5% respectivamente, así mismo una negatividad en la expresión del cocktail de marcadores hematopoyéticos y HLA tipo II de un 99.7%. las células mostraron el fenotipo fibroblastoide y adherencia al plástico característica como lo vemos en la figura 2A, así mismo el análisis de multidiferenciación evidencia la presencia de gotas de lípidos multioculares en la diferenciación a adipocitos, la presencia de fibras de colágeno en la diferenciación a condrocitos y la presencia de depósitos de calcio en la diferenciación a osteoblastos como lo podemos apreciar en la figura 2B.



**Figura 2.** A) Células adherentes de fenotipo fibroblastoide, B) ensayo de multidiferenciación celular, donde se aprecian las vacuolas de lípidos, fibras de colágeno y depósitos de calcio respectivamente.

Por último, se documentó fotográficamente el avance y resolución de la herida en ambos grupos, siendo evidente que en el grupo al que se administraron las BMMSC's se observó una resolución completa de la herida a las 6 semanas como se aprecia en la figura 3A, mientras que el grupo control mostro únicamente la formación de un cayo de regeneración como se evidencia en la figura 3B.



**Figura 4.** A) Regeneración completa del tejido cartilaginoso B) Formación del cayo de regeneración

*Conclusiones*

Los resultados demuestran el efecto positivo de la administración de BMMSC's en la regeneración de las heridas sobre el tejido cartilaginoso, sin embargo, estudios complementarios deben ser realizados para demostrar que el tejido regenerado tiene una composición normal y comparable al antes de provocada la lesión, para este seguimiento se tomó una biopsia de la zona regenerada para posteriores estudios histológicos y moleculares como se puede observar en la figura 5.

### Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en la estandarización de los sistemas de andamiaje o en la generación de apósitos que faciliten la colocación de las células directamente en la zona de la lesión, evitando colocarlas solo en la zona de penumbra, con lo que el efecto terapéutico pudiera llegar a incrementar significativamente.

### Referencias

- Arbós, A., Nicolau, F., Quetglas, M., Ramis, J. M., Monjo, M., Muncunill, J., ... Gayà, A. *Obtención de células madre mesenquimales a partir de cordones umbilicales procedentes de un programa altruista de donación de sangre de cordón*. *Inmunología*, 32(1), 3–11. 2013.
- Arévalo R. Jenny A., Páez G. diana M. Rodríguez P Viviana M. "Células madre mesenquimales: características biológicas y aplicaciones clínicas". *N O V A*, 5(8), 177-184. 2007.
- Dávalos Dávalos, P., Ramírez Rivera, J.I., & Dávalos Dávalos, P.A. Otoplastia en orejas prominentes: alternativa quirúrgica. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*, 35(2), 107-114. 2009.
- Fiore, E., Picazo, E., Aquino, J., & Mazzolini, G. Células madre mesenquimales y medicina regenerativa en la cirrosis hepática. *Medicina (Buenos Aires)*, 77(2), 135-142. 2017
- Fraser JK, Wulur I, Alfonso Z, et al. Fat tissue: an underappreciated source of stem cells for biotechnology. *Trends Biotechnol.* 24(4):150-154. 2006.
- García, E. *Medicina Regenerativa: Células Madre Como Nueva Terapia Biológica Aplicada En El Trasplante Osteocondral*. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. 2008
- Ikebe, C., & Suzuki, K. Mesenchymal Stem Cells for Regenerative Therapy: Optimization of Cell Preparation Protocols. *BioMed Research International*, 2014, 1–11. 2024.
- Li L, Duan X, Fan Z, Chen L, Xing F, Xu Z, Chen Q, Xiang Z. Mesenchymal Stem Cells in Combination with Hyaluronic Acid for Articular Cartilage Defects. *Scientific Reports*. 8:9900. 2018.
- Línero, I. M., Doncel, A., & Chaparro, O. *Proliferación y diferenciación osteogénica de células madre mesenquimales en hidrogeles de plasma sanguíneo humano*. *Biomédica*, 34(1), 67. 2013.
- Mantilla Martín, A. I. (2008). Reconstrucción auricular: experiencia de 24 años. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*, 34(2), 107-118
- Mareschi, K., Rustichelli, D., Calabrese, R., Gunetti, M., Sanavio, F., Castiglia, S., ... Fagioli, F. Multipotent Mesenchymal Stromal Stem Cell Expansion by Plating Whole Bone Marrow at a Low Cellular Density: A More Advantageous Method for Clinical Use. *Stem Cells International*, 1–10, 2012.
- Melgarejo-Ramírez, Y., Sánchez-Sánchez, R., García-López, J., Brena-Molina, A., Gutiérrez-Gómez, C., Ibarra, C., & Velasquillo-Martínez, C. (2014). Estructura del tejido remanente de microtia y su utilidad como fuente de condrocitos para la ingeniería de tejidos. *Investigación en discapacidad*, (4), 58-66.
- Nam YJ, Rim YA, Lee J, et al. Current Therapeutic Strategies for Stem Cell-Based Cartilage Regeneration. *Stem Cells International*. Article ID 8490489, 2018.
- Prósper, F., Gavira, J. J., Herreros, J., Rábago, G., Luquin, R., Moreno, J., Robles, J. E., & Redondo, P. Trasplante celular y terapia regenerativa con células madre. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 29(Supl. 2), 219234. 2006.
- Vaca-González, J. J., Gutiérrez, M. L., & Garzón-Alvarado, D. A. Cartílago articular: estructura, patologías y campos eléctricos como alternativa terapéutica. Revisión de conceptos actuales. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 31(4), 202–210. 2017.

### Notas Biográficas

La **Ing. Teresa Lara Estrada** actualmente es estudiante de la Maestría en Innovación Biotecnológica, del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., cuenta con una Ingeniería en Nanotecnología por la Universidad de Guadalajara y participa activamente en diversos proyectos de investigación involucrando el uso de células mesenquimales de diversos orígenes.

El **Dr. en C. Álvaro Tovar Cuevas** es Técnico Académico responsable del laboratorio de Inmunología del Centro Universitario de Tonalá, es autor de diversos artículos científicos publicados en revistas indexadas y 1 patente en trámite.

El **Dr. en C. Jorge Vergara Galicia** es Profesor Investigador del Centro Universitario de Tonalá, ha publicado diversos artículos en revistas internacionales, ponencias internacionales y diversos proyectos de investigación en colaboración con Universidades del sureste del país.

La **Dra. Martha de Nuestra Señora de San Juan Rodríguez Sahagun** Médico especialista de otorrinolaringología y Jefa del Departamento de Salud Enfermedad como Proceso Individual del Centro Universitario de Tonalá.

El **Mtro. Iván López Pérez** es Coordinador de la Licenciatura en Médico Cirujano y Partero del Centro Universitario de Tonalá, con amplia experiencia en el desarrollo de protocolos clínicos.

La **Mtra. Norma Silvia Vázquez Sánchez** es Técnico Académico responsable del laboratorio de Microbiología del Centro Universitario de Tonalá.

El **Dr. en C. Luis Daniel Hernández Ortega** Profesor Investigador y responsable del Laboratorio de Biología Molecular y Genética del Centro Universitario de Tonalá, cuenta con un posdoctoral internship en la Universidad de Washington, es colabora activamente con el departamento de Investigación del Centro Universitario UTEG y es Director Científico de la empresa Biosential S.A. de C.V. cuenta con diversos artículos científicos publicados en revistas científicas internacionales y ponencias internacionales y nacionales.

# JUEGOS DE MAYORÍA PONDERADA REDEFINIDOS POR AUSENTISMO Y ABSTENCIONISMO: SU APLICACIÓN AL CASO MEXICANO

Dr. José Leonel Larios Ferrer<sup>1</sup>

**Resumen**—En este trabajo se hacen diferentes aportaciones a la Nueva Economía Política (NEP), abordando de manera específica el papel que tiene el ausentismo y abstencionismo dentro de un Juego de Mayoría Ponderada (JMP) grupal. La razón de estudiar este tipo de tópicos es porque no existe en la literatura política y económica una matematización de los conceptos y juegos que aquí se proponen. Se encuentra que, bajo ciertas condiciones, el ausentismo favorece a la coalición ganadora y el abstencionismo la perjudica. La aplicación de la teoría a dos de las más recientes Cámaras de Diputados de México permitió comprobar que el ausentismo y abstencionismo juegan un papel interesante al coparticipar en la aprobación de los diferentes acuerdos.

**Palabras clave**—Nueva Economía Política (NEP), Juego de Mayoría Ponderada (JMP), Juego redefinido por ausentismo, Juego redefinido por abstencionismo, parlamentos mexicanos.

## Introducción

La presente investigación surge de la necesidad de analizar matemáticamente la forma en que el ausentismo y el abstencionismo pueden incorporarse a los juegos políticos. Este tipo de juegos pueden ser analizados con la teoría de juegos cooperativos, específicamente con los Juegos de Mayoría Ponderada (JMP) los cuales son un caso particular de los juegos simples. En la literatura, usualmente a este tipo de tópicos se les coloca dentro del Análisis de Estabilidad de Coaliciones (AEC), misma que se aborda desde la teoría económica con la Nueva Economía Política (NEP)<sup>2</sup>.

Algunas de las características de la NEP son: i) Usa la elección racional de los agentes; ii) El comportamiento político es maximizar la utilidad de los agentes; iii) Las políticas públicas son resultado de racionalidad e interacción entre agentes; y iv) Se usa un método deductivo. A grandes rasgos, siguiendo a Bonilla y Gatica (2005), la NEP se divide en las siguientes ramas: i) Teoría espacial del voto; ii) Teoría de juegos e información asimétrica aplicada a la competencia política; y iii) Ciclo político económico. De las dos primeras ramas es que se puede abordar al AEC políticas, usando para ello distintos modelos de teoría de juegos. El desarrollo de la Teoría Espacial del Voto (TEV) se le relaciona más con la teoría de juegos cooperativos, donde se ve, por ejemplo, cómo las coaliciones intentan retener el poder. Por su parte, la teoría de juegos e información asimétrica aplicada a la competencia política se maneja más con la teoría de juegos no cooperativos mediante conceptos como el Equilibrio de Nash.

Algunos de los avances recientes dentro de la TEV se preocupan por seguir describiendo a los agentes políticos, por una parte, cuando éstos son los electores (ver por ejemplo los trabajos de Hinich y Munger (1994) y Bonilla (2004)) y por otra donde estos agentes son los partidos o coaliciones de los mismos (ver por ejemplo los trabajos de Wittman (1983) y Greene (2002)). Para fines de esta investigación, la conducta del electorado se deja de lado, pero se toma en cuenta implícitamente como aquel que define las condiciones iniciales de los diferentes juegos abordados.

Adentrándose ya en los modelos con teoría de juegos, muchos autores han seguido haciendo algunas aportaciones importantes usándolos para explicar la competencia electoral (ver los trabajos de Przeworski (1991), Hunter (1998) y Geddes (1991)). También se ha usado la teoría de juegos para estudiar los parlamentos como es el caso de los trabajos de Carreras (1992), Carreras y Owen (1995), Riker (2001), Nacif (2003), Benton (2004), Rodríguez y Santacruz (2016) y Hernández y Venegas (2017). El trabajo de Benton (2004) se refiere, aunque de manera indirecta, al concepto de “traición política”, la cual puede existir dentro de cada partido y que por lo mismo se tiende a formar subcoaliciones dentro del mismo. Dicha traición podría extenderse a una traición entre coaliciones y por tanto dividir

---

<sup>1</sup> El Dr. José Leonel Larios Ferrer es Profesor-Investigador en la Universidad Politécnica de la Energía, Tula, Hidalgo. [leonel.larios@upenergia.edu.mx](mailto:leonel.larios@upenergia.edu.mx)

<sup>2</sup> Muchos de los autores de la NEP pertenecen también a la teoría de Elección Pública (EP), la cual a grandes rasgos estudia el comportamiento del gobierno y de los electores con un análisis de carácter positivo. Se pone en claro que, al compartir la misma metodología y los mismos supuestos teóricos de la NEP, la EP podría bien representar el marco teórico del presente trabajo, específicamente dentro de la Escuela de Rochester (cuyo principal representante es William Riker) en el análisis de formación de coaliciones y/o dentro de la Escuela de Virginia (cuyos representantes principales son James M. Buchanan y Gordon Tullock) en su estudio sobre legislaturas.

a las mismas. En los congresos esto se puede presentar en formas directas de voto como lo es la aprobación o rechazo de las distintas propuestas que presenten los diferentes partidos, o bien, de maneras indirectas de voto como lo son la abstención y ausentismo. Trabajos como los de Nacif (2003), de Benton (2004) y de Rodríguez y Santacruz (2016), pasan por alto (o al menos no desarrollan formalmente) el papel que el “ausentismo” y el “abstencionismo” tienen dentro de sus juegos políticos para llegar a sus resultados. Este tipo de conceptos se buscan definir formalmente y usarlos para los distintos juegos a desarrollar dentro del presente trabajo. No se ha encontrado en la literatura una formalización matemática de juegos que incorporen el ausentismo y abstencionismo de los jugadores.

Así, el objetivo de la presente investigación es proponer y analizar juegos de mayoría ponderada que incorporen el papel del ausentismo y abstencionismo de jugadores grupales, así como aplicar dicha teoría al estudio de dos de los más recientes parlamentos mexicanos.

Para lograr el objetivo anterior se describe de manera técnica a los juegos simples e índices de poder de decisión en un primer apartado. Después se presentan los juegos propuestos, los cuales incorporan el papel del ausentismo y abstencionismo. Para aplicar la teoría desarrollada se estudian a dos de las más recientes legislaturas mexicanas, usando para ello distintos códigos formulados en *Scilab*. Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

### Descripción del Método

#### *Juegos simples e índices de poder*

En esta sección se discuten los principales conceptos para entender los juegos simples y ver a los juegos de mayoría ponderada como un caso particular de los mismos. Así también se presentan los principales índices de poder que se manejan en la literatura para medir el poder de decisión de los jugadores en los juegos simples.

Se comienza entonces por analizar dos de los valores más comunes en los juegos de negociación en la teoría de juegos: los valores de Shapley (Shapley-Shubik) y de Banzhaf, dando antes la definición de un juego cooperativo.

**Definición 1 (Juego cooperativo (Carreras et al., 1992: 108)).** *Un juego cooperativo es un par  $\Gamma \equiv (N, v)$ , donde  $N$  es un conjunto de jugadores (llamada gran coalición) y  $V: 2^N \rightarrow \mathbb{R}$  es una función característica (donde  $2^N$  denota el conjunto potencia de  $N$ ) que asigna a cada coalición de jugadores un pago o valor, con  $v(\emptyset) = 0$ .*

**Definición 2 (Índice de Shapley (IS) (Gilles, 2010: 75)).** *Sea  $\Gamma = (N, v)$  un juego cooperativo, con  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  el conjunto de jugadores y  $v$  su función característica. Denótese con  $S = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$ ,  $1 \leq n_j \leq n$ , una coalición en  $N$ , con  $n = |N|$  y  $s = |S|$ . El Índice de Shapley (IS) se define como:*

$$S_i \equiv S_i(v) = \sum_{\substack{i \in S, S \subseteq N \\ i = 1, 2, \dots, n}} \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!} [v(S) - v(S \setminus \{i\})] = \frac{1}{n} \sum_{i \in S, S \subseteq N} \frac{1}{{}_{n-1}C_{s-1}} [v(S) - v(S \setminus \{i\})],$$

donde  ${}_{n-1}C_{s-1} = \binom{n-1}{s-1} = \frac{(n-1)!}{(n-s)!(s-1)!}$ .

En este índice de estabilidad se le da la misma probabilidad de ocurrencia a la formación de las coaliciones de tamaño  $s = |S|$ . Así,  $S_i$  es el valor esperado de la contribución marginal del jugador  $i$  cuando todos los órdenes de formación de la coalición son igualmente probables. Como se puede observar dicho índice depende de las combinaciones del tamaño de las diferentes coaliciones de las que el jugador  $i$  puede formar pero sin contarse a él mismo, por ello es que se considera a  ${}_{n-1}C_{s-1}$ .

**Definición 3 (Índice de Banzhaf (IB) (Sánchez, 1994: 103)).** *En un juego cooperativo  $(N, v)$ , como el de la definición 1, para todo  $n$  existe una función  $\beta$  tal que:*

$$\beta_i(v) = \frac{1}{2^{n-1}} \sum_{S \in 2^N} [v(S) - v(S - \{i\})], \quad \forall i \in N.$$

A  $\beta_i(v)$  se le llama el Índice de Banzhaf (IB) correspondiente al jugador  $i$ .

Por la forma en que se construyen ambos índices es importante señalar que, cuando se aplican a juegos de mayoría ponderada (definidos a continuación), el índice de Shapley es más apropiado cuando todos los jugadores tienen un valor común al juzgar una propuesta. Por su parte, el índice de Banzhaf se ajusta más cuando todos los jugadores tienen su propio valor al juzgar una propuesta determinada.

**Definición 4 (Juego Cooperativo Simple (JS) (Peleg y Sudholter, 2007: 16-17)).** *Un Juego Cooperativo Simple o Juego Simple (JS)  $v$  es aquel donde para toda coalición  $S \subseteq N$  se tiene que: i)  $v(S) = 0$  o  $v(S) = 1$ ; ii)  $v(n) = 1$ ; y iii)  $v(S) \leq v(T) \leq N$  tal que  $S \subseteq T$ .*

Todo Juego Simple (JS) está determinado por la colección de coaliciones ganadoras ( $W$ ) como sigue:  $W = \{S \subseteq N : v(S) = 1\}$ .

*Observaciones:* i)  $N \in W$  y  $\emptyset \notin W$  en todo juego  $v$ ; y ii) Si  $S \subseteq T$  y  $S \in W \Rightarrow T \in W$ .

Con base en la segunda observación, se puede acotar aún más al juego  $v$  considerando sólo la colección de coaliciones mínimas ganadoras ( $W^m$ ) definida de la siguiente manera:  $W^m = \{S \subseteq W: T \in W \mid S \subseteq T\}$ .

**Definición 5 (Juego de Mayoría Ponderada (JMP) (Peleg y Sudholter, 2007: 17)).** Un Juego de Mayoría Ponderada (JMP) es un caso particular de un juego simple. El juego  $v$  es de mayoría ponderada si existe una distribución de pesos  $w_1, w_2, \dots, w_n$  entre los jugadores y una cantidad de mayoría o cuota ( $q$ ) tales que:

$$S \in W \Leftrightarrow w(S) \geq q \Leftrightarrow v(S) = 1, \text{ con: } w(S) = \sum_{i \in S} w_i, \forall S \in W.$$

Usualmente, un JMP se representa por:  $v \equiv [q; w_1, w_2, \dots, w_n]$ .

**Definición 6 (Índice de Shapley-Shubik (ISS) (Carreras et al., 2003: 121)).** El Índice de Shapley-Shubik (ISS) es el IS restringido a juegos simples para cada jugador  $i$ , i.e., es un índice  $SS_i = S_i|_S$  con las siguientes características:

- i) El jugador  $i$  es nulo  $\Leftrightarrow SS_i = 0 \Leftrightarrow i \notin S, \forall S \in W^m$ .
- ii) Los jugadores  $i$  y  $j$  son equivalentes  $\Leftrightarrow SS_i = SS_j \Leftrightarrow$  si aparecen de manera simétrica en  $W^m$ .
- iii) Existe eficiencia  $\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n SS_i = 1$ .

### JMP Grupal (JMPG): ausentismo y abstencionismo

En esta sección se discute lo que se propone como un JMP Grupal (JMPG) y lo concerniente al ausentismo y abstencionismo dentro del JMPG. Las definiciones, convenciones y resultados que aquí se discuten son de gran utilidad a la hora de modificar un JMP, mismas que son usadas durante el desarrollo de la siguiente sección aplicada. Se comienza con una definición que muestra cuándo será posible llevar a cabo un JMP en general.

**Definición 7 (Existencia de Quórum).** Sea  $v = [q; w]$  un JMP. Se tendrá existencia de Quórum cuando haya la suficiente asistencia para poder llevar a cabo el juego de votación.

Dado que lo que se desea es trabajar con una especie de jugadores grupales, se da a continuación una definición formal de lo que es un JMP Grupal; aunque en principio parezca un caso particular de un JMP usual, en adelante se requiere ver de manera separada para que algunas definiciones y resultados tengan sentido.

**Definición 8 (JMP Grupal (JMPG)).** Un JMP Grupal (JMPG) es un JMP de la forma  $v = [q; w]$ , con  $w = (w_1, \dots, w_n)$ , donde cada  $w_i$  es el peso de un  $i$ -ésimo jugador grupal, el cual a su vez está conformado por entes (jugadores) individuales.

Un caso particular de un JMPG es cuando los jugadores grupales son partidos políticos. Como se puede ver, un JMPG es un caso especial de un JMP usual, de hecho, un JMP usual es un caso particular de un JMPG donde todos los jugadores grupales son jugadores individuales. Se podría hablar así de una “generalización” de un JMP usual. La razón por la que se decide referir de manera especial a un JMPG es porque más adelante se ve la necesidad de dividir al jugador de un JMP, lo cual únicamente tiene sentido si éste es grupal.

En las definiciones que siguen se trabaja con un JMPG; en más de una ocasión se refiere al jugador grupal simplemente como jugador, cuando se ha puesto en claro que se está frente a un JMPG y no a un JMP usual. Se estudia a continuación dos de los conceptos a utilizar a lo largo del desarrollo del trabajo: el ausentismo y el abstencionismo.

#### Ausentismo

Se comienza por definir a un JMPG donde algunos jugadores (grupales) o parte de ellos se ausentan, dando lugar a una nueva reconfiguración del juego original.

**Definición 9 (Juego redefinido por ausentismo en un JMPG).** Sea  $v = [q; w]$  un JMPG con  $w = (w_1, \dots, w_n)$  y donde  $w_s = w_1 + \dots + w_n$ . Cuando algunas partes de algunos de los jugadores grupales  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , deciden no entrar al juego, se dirá que tales “jugadores parciales” se ausentan. Lo anterior lleva a un nuevo JMPG siempre y cuando exista quórum. A dicho JMPG se le denominará JMPG redefinido por ausentismo el cual tendrá la siguiente forma:

$$\bar{v} = [\bar{q}, \bar{w}], \text{ con } \bar{w} = w \setminus \{a_i w_i\}, \quad 0 < a_i \leq 1,$$

donde  $w \setminus \{a_i w_i\}$  quiere decir que no se toma en cuenta la parte de los pesos de los jugadores  $i$  ausentes. Por su parte,  $\bar{q}$  es la cuota correspondiente al considerar los pesos en  $\bar{w}$ ; dicha cuota debe representar el mismo porcentaje que  $q$  representa con respecto a  $w_s$  del juego original. Si  $a_i = 1, \forall i$  que se ausenta, se dirá que el ausentismo es grupal (o total); si  $0 < a_i < 1, \forall i$  que se ausenta, se dirá que el ausentismo es parcial puro.

No es difícil convencerse que al heredar  $\bar{v}$  las propiedades de  $v$ , se tenga que  $\bar{v}$  también sea un JMPG. Es aquí donde se ve la importancia de tratar al JMPG como un caso especial del JMP usual, pues en este último no se podría hablar con certeza de un jugador parcial por la indivisibilidad de sus jugadores; por jugador parcial se refiere tanto a jugadores parciales puros como no puros (jugadores grupales). Más adelante surgirán nuevos conceptos que pongan en evidencia la relevancia de tratar al JMPG de manera especial. Acerca de la Definición 9, se puede decir aún más

acerca de la forma de  $a_i$  para no caer en la indivisibilidad de sus jugadores individuales. En este sentido,  $a_i$  debe ser de la forma  $a_i = \beta/|w_i|$  con  $\beta \in \mathbb{Z}^+ \cap [1, |w_i|]$ , es decir, las proporciones manejadas en la definición anterior tienen sentido cuando  $a_i$  es una fracción, donde el numerador es un entero positivo entre la unidad y el peso del jugador grupal  $i$  y donde el denominador es este último. Más aún, si cada jugador individual representa un voto, entonces  $|w_i| = w_i^3$ . Para lo que sigue, se denotará al conjunto de jugadores ausentes como  $AU$  y a la coalición ganadora como  $CG$ .

**Proposición 1 (Ausentismo en pro de la CG).** Sea  $v = [q; w]$  un JMPG, con  $q = \alpha w_s$  donde  $w_s = \sum_{i \in N} w_i$ . Sea  $\bar{v} = [\bar{q}; \bar{w}]$  un JMPG redefinido por ausentismo, donde  $AU_{AF} = \gamma AU$  y  $AU_{EC} = (1 - \gamma)AU$ , donde  $0 \leq \gamma \leq 1$ ; con  $AU_{AF}$  y  $AU_{EC}$  el conjunto de jugadores parciales que están ausentes a favor y en contra de alguna propuesta, respectivamente. Entonces, si  $\alpha > \gamma$ , a medida que crece el ausentismo (siempre y cuando exista quórum) éste aumenta el margen de ganancia ( $mg$ ) de una coalición ganadora (o mínima ganadora). En este sentido el ausentismo favorece al sí (sí como  $CG$ )<sup>4</sup>.

**Definición 10 (Ausentismo en contra en un JMPG).** En un JMPG redefinido por ausentismo se dirá que los jugadores ausentes coparticipan con la oposición o que simplemente juegan en contra, en caso de no ausentarse, si no tienen incentivos suficientes para votar a favor, aun cuando votar a favor signifique estar en la  $CG$ .

**Definición 11 (Ausentismo a favor en un JMPG).** En un JMPG redefinido por ausentismo se dirá que los jugadores ausentes coparticipan con el sí o que simplemente juegan con la  $CG$ , en caso de no ausentarse, si no tienen incentivos suficientes para votar en contra.

#### Abstencionismo

Se estudia ahora un JMPG donde algunos jugadores grupales o jugadores parciales se abstienen, lo que modifica la estructura del JMPG original.

**Definición 12 (Juego redefinido por abstencionismo en un JMPG).** Sea  $v = [q; w]$ , con  $w = (w_1, \dots, w_n)$  un JMPG. Cuando algunas partes de algunos jugadores  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , deciden entrar al juego pero no participar, se dirá que tales jugadores parciales se abstienen. Siempre y cuando exista quórum, la situación anterior llevará a un nuevo JMPG. Se referirá a tal JMPG como JMPG redefinido por abstencionismo, mismo que se representará como:

$$\bar{v} = [q, \bar{w}], \text{ con } \bar{w} = w \setminus \{a_i w_i\}, \quad 0 < a_i \leq 1,$$

donde  $q$  se mantiene igual que en el JMPG original y donde  $\bar{w}$  es el vector de pesos sin tomar en cuenta los pesos de los jugadores parciales que se abstienen. Si  $a_i = 1, \forall i$  que se abstenga, se dirá que el abstencionismo es grupal (o total); si  $0 < a_i < 1, \forall i$  que se abstenga, se dirá que el abstencionismo es parcial puro.

Al igual que en el juego redefinido por ausentismo, en este juego redefinido  $a_i$  también debe ser de la forma  $a_i = \beta/|w_i|$  con  $\beta \in \mathbb{Z}^+ \cap [1, |w_i|]$ , donde  $|w_i| = w_i$  cuando cada jugador individual aporta un voto. De forma general, el abstencionismo ocurre cuando a pesar de estar presentes los jugadores parciales en un JMPG, éstos deciden no emitir un voto nominal (ni sí, ni no). Así, la única opción que les queda a los jugadores individuales en este JMPG

<sup>3</sup> Todas estas y otras observaciones fueron de gran utilidad a la hora de simular los casos aplicados de la teoría aquí discutida.

<sup>4</sup> *Demostración.* Sea  $\bar{v}_j = [\bar{q}_j; \bar{w}^j]$ , un JMPG redefinido por ausentismo de  $v$  donde  $\bar{q}_j = \alpha \bar{w}_{s_j}$  ( $\bar{w}_{s_j}$  la suma total de pesos en  $\bar{v}_j$ ), para  $j = 1, 2$ . Supóngase que para  $j = 1, 2$  el número de ausentes en  $\bar{v}_j$  es  $au_j$ , con  $au_1 > au_2$ . Por demostrar que el margen de ganancia ( $mg$ ) es mayor en  $\bar{v}_1$ . En general, si  $S \in W$  (o a  $W^m$ ) el margen de ganancia está dado por  $mg = w(S) - q \geq 0$ , con  $w(S) = \sum_{i \in S} w_i$ . Sea  $S$  una  $CG$  (mínima o no) en  $v_j$ , los JMPG originales, y tal que  $\bar{S} = S - AU_{jAF}$  sigue siendo  $CG$  (quizás ya no mínima) tanto en  $v_1$  como en  $v_2$  cuando no se contemplan a los jugadores parciales en  $AU_{jAF}$ . Por convención, los jugadores en  $S$  son jugadores que votan a favor por lo que permítase redefinir a  $S$  como  $S_{AF}$  para hacer alusión a lo antes dicho. Así, si  $au_{AF} = \gamma_j au_j$  y  $au_{jEC} = (1 - \gamma_j) au_j$  con  $\alpha > \gamma_j$  para  $j = 1, 2$ , se tendrían los siguientes márgenes de ganancia para  $\bar{v}_1$  y  $\bar{v}_2$ , respectivamente:

$$\begin{aligned} \overline{mg}_1 &= \bar{w}^1(\bar{S}_{AF}) - \bar{q}_1 = \sum_{i \in S_{AF}} w_i - au_{1AF} - \alpha \left[ \sum_{i \in \bar{N}_1} \bar{w}_i^1 - au_1 \right], \\ \overline{mg}_2 &= \bar{w}^2(\bar{S}_{AF}) - \bar{q}_2 = \sum_{i \in S_{AF}} w_i - au_{2AF} - \alpha \left[ \sum_{i \in \bar{N}_2} \bar{w}_i^2 - au_2 \right]. \end{aligned}$$

Restando  $\overline{mg}_2$  de  $\overline{mg}_1$ , se obtiene:

$$\overline{mg}_1 - \overline{mg}_2 = au_{2AF} - au_{1AF} + \alpha(au_1 - au_2) = \gamma_2 au_2 - \gamma_1 au_1 + \alpha(au_1 - au_2) = (\alpha - \gamma_1) au_1 - (\alpha - \gamma_2) au_2,$$

y si  $\rho = \min(\alpha - \gamma_1, \alpha - \gamma_2) > 0$ , se tiene:  $\overline{mg}_1 - \overline{mg}_2 > \overset{>0}{\rho} \overset{p.h.>0}{(au_1 - au_2)} > 0 \Rightarrow \overline{mg}_1 > \overline{mg}_2$ , demostrando lo que se quería. ■

redefinido es optar por ausentarse en lugar de abstenerse. Así, si se denota a  $AB$  como el conjunto de jugadores parciales que se abstienen y  $AF, AU$  y  $EC$  como antes, se tiene el siguiente resultado.

**Proposición 2 (Abstencionismo en contra de la CG).** *Sea  $v = [q; w]$  un JMPG, con  $\alpha = w_s$  ( $w_s = \sum_{i \in N} w_i$ ). Sea  $\bar{v} = [q; \bar{w}]$  un JMPG redefinido por abstencionismo. Supóngase que en el conjunto  $AU = \bar{A}\bar{U}$  es constante. Entonces, en cuanto más aumenta el abstencionismo (siempre y cuando exista quórum) éste disminuye el margen de ganancia ( $mg$ ) de la CG. En este sentido el abstencionismo perjudica al sí (sí como CG) o lo que es lo mismo, favorece al no (a la oposición)<sup>5</sup>.*

Ambos juegos redefinidos en esta sección, modifican la estructura del JMPG original, donde el primero de ellos (el modificado por ausentismo) altera tanto la cuota como la distribución de pesos, a diferencia del segundo (el modificado por abstencionismo) que sólo cambia la distribución de pesos, pues los jugadores que se abstienen en realidad sí están participando en el JMPG, pero con una especie de voto nulo. Se ha demostrado que el ausentismo favorece al sí (sí como CG) y por su parte, el abstencionismo favorece al no (la coalición perdedora).

### Aplicación de los juegos al caso mexicano

Con la teoría desarrollada y mediante simulaciones en *Scilab*, se presenta en el Cuadro 1 un resumen de algunos resultados obtenidos del estudio de la LXII y LXIV legislatura de la Cámara de Diputados (en adelante Cdd). Se considera un Quórum de 375 miembros de la Cdd, una cuota de mayoría calificada de 334 votos y los pesos de cada partido en cada legislatura correspondiente.

En la LXII legislatura al tratar a los “aliados naturales” del PRI, es decir, al jugador 4 (el PVEM) y al jugador 7 (el PANAL) como ausentes, se vio un cambio radical en la repartición de poder en el JMPG redefinido con respecto al JMPG original. En ausencia del PVEM y del PANAL, el poder se reparte entre las tres principales fuerzas y donde el PRI aumenta su poder de decisión en un 6%; sin embargo al considerar a estos aliados naturales del PRI como abstinentes, el PRI se ve afectado en un 7%; todo lo anterior tomando en cuenta al ISS (con el IB se obtienen resultados similares).

Dentro de la LXIV legislatura, se encontró que con MRN en el poder su papel de primera fuerza sería más marcada (por arriba del PRI en legislaturas recientes), ya que en casi todos los escenarios le bastaba con sus aliados (el PT y el PES) para aprobar acuerdos de manera mínima. Algo interesante que se observó es que ante la ausencia completa del PAN, MRN aumenta su poder a poco más del 80%, un porcentaje mayor al 66% de poder inicial con el juego original, es decir donde no existe ausentismo. Por otro lado, con la abstinencia total del PAN el partido MRN tiene el menor poder de todos los casos analizados al contar con menos del 54% del poder de decisión.

### Comentarios Finales

La presente investigación permitió proponer juegos de mayoría ponderada (JMPs) con la incorporación del ausentismo y abstencionismo en su análisis, así como aplicar dicha teoría a la estabilidad coalicional en las últimas

<sup>5</sup> *Demostración.* Sea  $\bar{v}_j = [q_j; \bar{w}_j]$  un JMPG redefinido por abstencionismo de  $v$ , donde  $q_j = \alpha \bar{w}_{s_j}$  (con  $\bar{w}_{s_j} = \sum_{i \in \bar{N}_j} \bar{w}_i^j$  la suma total de pesos en  $\bar{v}_j$ ), para  $j = 1, 2$ . Sea  $ab_j$  el número de abstinentes en  $\bar{v}_j$ , para  $j = 1, 2$ , donde  $ab_1 > ab_2$ . Se debe demostrar que el  $mg$  es menor en  $\bar{v}_1$ . Para  $j = 1, 2$ , se tiene que:  $\bar{N}_j = AF + EC - \bar{A}\bar{U} + AB_j$ . Sea  $\bar{n}_j = |\bar{N}_j|$ . De la suma de conjuntos anteriores se tiene que  $\bar{n}_1 - \bar{n}_2 = ab_1 - ab_2$ ; como  $ab_1 > ab_2$ , entonces  $ab_1 - ab_2 > 0$  y por tanto  $\bar{n}_1 > \bar{n}_2$ . Lo anterior implica que el quórum es menor en  $\bar{v}_2$  que en  $\bar{v}_1$  y que por tanto:

$$\sum_{i \in \bar{N}_2} \bar{w}_i^2 < \sum_{i \in \bar{N}_1} \bar{w}_i^1. \quad (1)$$

Por otro lado, sea  $S = S_{AF}$  ( $S_{AF}$  por convención) una CG (mínima o no) en  $v_j$  y tal que  $\bar{S}_{AF}$  lo sigue siendo en  $\bar{v}_j$  cuando no se contemplan a los ausentes en el conjunto constante  $\bar{A}\bar{U}$  y cuando se toman en cuenta a sus conjuntos  $AB_j$  correspondientes. Ahora, tomando en cuenta que  $AU = \bar{A}\bar{U}$ , entonces  $au = |AU| = \bar{a}\bar{u}$  y por tanto  $au_{AF} = \bar{a}\bar{u}_{AF}$  son constantes para ambos juegos redefinidos. Así, se tienen los siguientes márgenes de ganancia para  $\bar{v}_1$  y  $\bar{v}_2$ , respectivamente:

$$\begin{aligned} \overline{mg}_1 &= \bar{w}_1(\bar{S}_{AF}) - q_1 = \sum_{i \in S_{AF}} w_i - \bar{a}\bar{u}_{AF} - \alpha \left[ \sum_{i \in \bar{N}_1} \bar{w}_i^1 - \bar{a}\bar{u} \right], \\ \overline{mg}_2 &= \bar{w}_2(\bar{S}_{AF}) - q_2 = \sum_{i \in S_{AF}} w_i - \bar{a}\bar{u}_{AF} - \alpha \left[ \sum_{i \in \bar{N}_2} \bar{w}_i^2 - \bar{a}\bar{u} \right], \end{aligned}$$

Haciendo  $\overline{mg}_1 - \overline{mg}_2$ , se tiene:  $\overline{mg}_1 - \overline{mg}_2 = \overset{>0}{\tilde{\alpha}} \left( \overset{<0, \text{ por } (1)}{\sum_{i \in \bar{N}_2} \bar{w}_i^2 - \sum_{i \in \bar{N}_1} \bar{w}_i^1} \right) < 0 \Rightarrow \overline{mg}_1 < \overline{mg}_2. \blacksquare$



cámaras mexicanas. Para cumplir con los objetivos de la misma fue necesario recurrir a la Nueva Economía Política

| Jugadores i*                                | JMPG Redefinido (por ausentismo o abstencionismo)              | Núm. de CGs   | Núm. de CGs Mínimas (CMGs)  | ISS  | IB   |
|---|--|---------------|---|--|--|
| Ausentismo en LXII:<br>4 (PVEM)             | $v = [308; 213, 114, 101, 20, 14]$                             | 12            | 2 en total:<br>$W^m = \begin{pmatrix} (1,2) \\ (1,3) \end{pmatrix}$   | $\begin{pmatrix} 0.6666 \\ 0.1666 \\ 0.1666 \\ NP^{**} \\ 0 \end{pmatrix}$   | $\begin{pmatrix} 0.6000 \\ 0.2000 \\ 0.2000 \\ NP \\ 0 \end{pmatrix}$  |
| <del>Ausentismo en LXII:<br/>4 (PVEM)</del> | <del><math>v = [334; 213, 114, 101, 0, 20, 14, 0]</math></del> | <del>36</del> | <del>4 en total<br/><math>W^m = \begin{pmatrix} (1,2,3) \\ (1,2,5) \\ (1,2,6) \\ (1,3,5) \end{pmatrix}</math></del>                         | <del><math>\begin{pmatrix} 0.5833 \\ 0.2000 \\ 0.1166 \\ 0 \\ 0.1166 \\ 0.0333 \end{pmatrix}</math></del>          | <del><math>\begin{pmatrix} 0.4285 \\ 0.1780 \\ 0.1428 \\ 0 \\ 0.1428 \\ 0.0476 \end{pmatrix}</math></del>          |
| Ausentismo en LXIV:<br>2 (PAN)              | $v = [282; 258, 47, 28, 28, 28, 12, 11, 10]$                   | 121           | 5 en total<br>$W^m = \begin{pmatrix} (1,3) \\ (1,4) \\ (1,5) \\ (1,5) \\ (1,7,8,9) \end{pmatrix}$   | $\begin{pmatrix} 0.8035 \\ NP \\ 0.0464 \\ 0.0464 \\ 0.0464 \\ 0.0464 \\ 0.0035 \\ 0.0035 \\ 0.0035 \end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix} 0.7960 \\ NP \\ 0.0460 \\ 0.0460 \\ 0.0460 \\ 0.0460 \\ 0.0065 \\ 0.0065 \\ 0.0065 \end{pmatrix}$ |
| Abstencionismo en LXIV:<br>2 (PAN)          | $v = [334; 258, 0, 47, 28, 28, 28, 12, 11, 10]$                | 148           | 13 en total. Las de menor tamaño:<br>$W^m = \begin{pmatrix} (1, 3, 4, 5) \\ (1,3,4,6) \\ (1,3,4,7) \\ (1,3,4,8) \\ (1,3,4,9) \end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix} 0.5357 \\ 0 \\ 0.1285 \\ 0.0761 \\ 0.0761 \\ 0.0761 \\ 0.0357 \\ 0.0357 \\ 0.0357 \end{pmatrix}$  | $\begin{pmatrix} 0.3737 \\ 0 \\ 0.1717 \\ 0.1010 \\ 0.1010 \\ 0.1010 \\ 0.0505 \\ 0.0505 \\ 0.0505 \end{pmatrix}$  |

(NEP), específicamente a la teoría de juegos. El óptimo desarrollo de este trabajo se complementó con el uso de códigos

Cuadro 1. Resumen de algunos casos de un JMPG redefinido por ausentismo y abstencionismo de la LXII y LXIV CdD, con periodos legislativos 2012-2015 y 2018-2021, respectivamente.

**Notas:** \* Para el caso de la LXII CdD, los siete jugadores que participan, ordenados de mayor a menor, son 1) PRI (Partido Revolucionario Institucional), 2) PAN (Partido Acción Nacional), 3) PRD (Partido de la Revolución Democrática), 4) PVEM (Partido Verde Ecologista de México), 5) MC (Movimiento Ciudadano), 6) PT (Partido del Trabajo) y 7) PANAL (Partido Nueva Alianza). Por su parte, para la LXIV legislatura el orden de los nueve jugadores es el siguiente: 1) MRN (Movimiento Regeneración Nacional), 2) PAN (Partido Acción Nacional), 3) PRI (Partido Revolucionario Institucional), 4) PES (Partido Encuentro Social), 5) PT (Partido del Trabajo), 6) MC (Movimiento Ciudadano), 7) PRD (Partido de la Revolución Democrática), 8) PVEM (Partido Verde Ecologista de México) y 9) IND (Grupo independiente o sin partido). \*\* NP se refiere a que no participa.

**Fuente:** Elaboración propia.

de programación desarrollados en *Scilab*. Dentro de la teoría desarrollada se logró dar una generalización de los JMPs a los JMPGs, pues el primero de ellos estaría representado por un JMPG donde todos los jugadores grupales son jugadores individuales. La definición del JMPG dio lugar para poder presentar de manera formal a los juegos redefinidos por ausentismo y por abstencionismo, originando a dos tipos de ausencia y abstinencia: grupal o parcial pura. Se demostró, bajo ciertas hipótesis, que el ausentismo favorece a la coalición ganadora y que el abstencionismo perjudica a dicha coalición. Estas definiciones y resultados sirvieron para probar la “coparticipación” de los jugadores ausentes o en abstención en los casos prácticos referentes al estudio de dos cámaras mexicanas totalmente diferentes en su composición. Dicho papel de coparticipación por lo regular es llevado a cabo por la oposición, la izquierda para la legislatura LXII y se prevé que la derecha para la LXIV. En este tipo de juegos es de gran ayuda tener aliados naturales para poder hacer uso de ellos cuando sea necesario y poder ganar los juegos. Así como hubo relativa estabilidad política durante la primera legislatura del reciente sexenio priista se espera que con MORENA también exista dicha estabilidad coalicional, al menos dentro de su primera legislatura (2018-2021). La importancia de la matematización de este tipo de tópicos es que con ayuda de simulaciones se pueden obtener múltiples formas de ganar los juegos y evitar así que se estanquen los acuerdos, lo que resulte en el incumplimiento de varios compromisos de campaña y desatar así un enojo social y generar incertidumbre en más variables económicas.

### Referencias

- Bonilla, C. A. (2004). A Model of Political Competition in the Underlying Space of Ideology. *Public Choice-Springer*, 121(1/2), 51-67.
- Bonilla, C. A. y Gatica, L. A. (2004). Economía Política Neoclásica y la América Latina: Una mirada a la bibliografía. *El Trimestre Económico-FCE*, 72(285-1), 179-211.
- Carreras, F. (1992). Estudio coalicional de los parlamentos autonómicos españoles de régimen común. *Documento de Trabajo 92-13 (Serie de Economía 08)*, 1-21.
- Carreras, F., Amer, R. y Magaña, A. (2003). Juegos simples e índice de poder de Shapley-Shubik. *Revista de estudios políticos (Nueva Época)*, 121, 107-136.
- Carreras, F. y Owen, G. (1995). Valor coalicional y estrategias parlamentarias. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 71/72, 157-176.
- Gilles, R. P. (2010). *The Cooperative Game Theory of Networks and Hierarchies*. USA: Springer.
- Geddes, B. (1991). A Game Theoretic Model of Reform in Latin American Democracies. *American Political Science Review*, 85(2), 371-392.
- Hernández, O. I. y Venegas, F. (2017). Contienda entre dos partidos políticos racionales: Un enfoque de juegos diferenciales estocásticos. *Economía y Sociedad*, XXI (36), 111-126.
- Hinich, M. J. y Munger, M. C. (1994). *Ideology and the Theory of Political Choice*. Ann Arbor, USA: University of Michigan Press.
- Hunter, W. (1998). Negotiating Civil-Military Relations in Post-Authoritarian Argentina and Chile. *International Studies Quarterly*, 42(2), 295-317.
- Nacif, B. (2003). Policy Making Under Divided Government in Mexico. *Working Paper 305*, Kellogg Institute.
- Peleg, B. y Sudholter, P. (2007). *Introduction to the Theory of Cooperative Games (2nd Ed.)*. USA: Springer.
- Przeworski, B. (1991). *Democracy and the Market: Political and Economic Reforms in Eastern Europe and Latin America*. Nueva York, USA: Cambridge University Press.

Riker, W. H. (2001). Teoría de juegos y de las coaliciones políticas. En A. Batlle (Ed.), *Diez textos básicos de ciencia política* (pp. 151-169). Barcelona, España: Editorial Ariel.

Rodríguez, J. M. y Santacruz, R. (2016). Coaliciones legislativas ganadoras en la Cámara de Diputados de México en la LXII Legislatura (2012-2015). *TLA-MELAU, Revista de Ciencias Sociales, BUAP*, 39, 33-56.

Sánchez, S. F. (1994). *Introducción a la matemática de los juegos*. DF, México: Siglo XXI Editores.

Wittman, D. A. (1983). A Synthesis of Alternative Theories. *The American Political Science Review*, 77(1), 142-157.

### Sitios consultados:

<http://gaceta.diputados.gob.mx/>

Fecha de consulta: varias, de agosto de 2015 a junio de 2019.

### Notas Biográficas

El **Dr. José Leonel Larios Ferrer** es profesor-investigador de la Universidad Politécnica de la Energía (UPE), en Tula, Hidalgo, México. También funge como Presidente de Academia de la Ingeniería en Logística y Transporte de la UPE. Hizo su maestría y Doctorado en Ciencias Económicas (Área de Economía Matemática) en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), CDMX, México. Ha publicado un *paper* en la *Arizona State University* y un capítulo de libro de modelos matemáticos en la editorial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

# RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN EL ÁREA DE MATEMÁTICAS: CASO INGENIERÍA QUÍMICA

M.C. Irma Yolanda León Castelazo<sup>1</sup>, Dr. Abdiel Gómez Mercado<sup>2</sup>,  
Nancy Yarely López Juárez<sup>3</sup> Norma Gissel Gómez Pérez<sup>3</sup> y María Itzel Sandoval Juárez<sup>3</sup>

**Resumen**—Se presenta un modelo predictivo del desempeño de los estudiantes de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Pachuca en el área de matemáticas, con base en los resultados del examen de ingreso. Se realizó una investigación cuantitativa, con enfoque correlacional y descriptivo. Se estudiaron 380 estudiantes a lo largo de siete cohortes generacionales, de 2012 a 2016. Se encontró una correspondencia directa entre el promedio obtenido en las materias y los puntos en las áreas de matemáticas del examen. Se establecieron tres bloques según el ICNE obtenido: 700-999, 1000-1149 y 1150-1300; se compararon los resultados de siete materias del área de matemáticas, considerando la oportunidad de acreditación o no acreditación (primer curso, repetición, especial). Así, se determinó un modelo de correspondencia que permite predecir con alto grado de confiabilidad, el desempeño del estudiante en el área de matemáticas desde su ingreso, y proponer acciones preventivas para mejorar su rendimiento académico.

**Palabras clave**— Examen de ingreso, matemáticas, rendimiento académico, modelo predictivo, estudiantes de ingeniería.

## Introducción

Uno de los problemas más preocupantes de las instituciones de educación superior es el alto índice de reprobación, principalmente en las carreras de ingeniería, y en el área de matemáticas. En búsqueda de soluciones, las diferentes instancias académicas han implementado acciones, normalmente aisladas y basadas en estrategias que, al ser correctivas, no surten el efecto deseado.

Para lograr soluciones oportunas y efectivas se requieren acciones principalmente preventivas basadas en el análisis de indicadores de la situación de los estudiantes al momento de iniciar la licenciatura y de su posible desempeño en el área de interés, las matemáticas.

Con la idea anterior, se llevó a cabo este estudio, cuyo objetivo fue: Desarrollar un modelo predictivo del desempeño de los estudiantes de ingeniería del Instituto Tecnológico de Pachuca en el área de matemáticas, con base en los resultados del examen de ingreso, que permita definir estrategias y acciones correctivas que incidan en un mayor rendimiento académico. Se tomó como caso de estudio la carrera de Ingeniería Química, que es una de las nueve ingenierías impartidas en el plantel, con datos estadísticos medios en cuanto a población, demanda y rendimiento, entre otros.

La hipótesis central de la investigación fue: A través de un modelo integral, es posible establecer una correlación entre el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería del Tecnológico de Pachuca en el área de matemáticas y sus resultados obtenidos en el Examen de Ingreso de licenciatura (EXANI-II).

La viabilidad, relevancia y pertinencia de este proyecto se evidenciará en el producto logrado, un modelo predictivo que asocie el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería con factores decisivos para su desarrollo académico.

## Marco Referencial

En la búsqueda de estrategias para mejorar los índices de aprobación de estudiantes en las áreas identificadas con mayor reprobación se han realizado análisis predictivos, que comúnmente toman como referencia un elemento de evaluación previa, el examen de selección. Sin embargo los estudios publicados se han centrado más en otras áreas de conocimiento como en ciencias de la salud (Gómez et al., 2012) (Huamaní, Gutiérrez y Mezones, 2011), (Vélez y Roa, 2005), (Segura et al., 2010), (Flores Mori, 2012), (Carrión, 2002), (Ponce de León, Ortiz y Morán, 2003), (Tomatis et al., 2016), (Barrera y Estrella, 2017). También se ha trabajado en programas educativos de ciencias económicas, sociales y humanidades (Huaranga y Aliaga, 2012), (Benites y Ticona, 2006), (Cortés y

<sup>1</sup> La M. en C. Irma Yolanda León Castelazo es Profesora de Ingeniería Química en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo. [yolandaleon@itpachuca.edu.mx](mailto:yolandaleon@itpachuca.edu.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Abdiel Gómez Mercado es Profesor de la Licenciatura y Posgrado en Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo. [agmerca63@gmail.com](mailto:agmerca63@gmail.com) (autor corresponsal)

<sup>3</sup> Nancy Yarely López Juárez, Norma Gissel Gómez Pérez y María Itzel Sandoval Juárez son estudiantes de Ingeniería Química en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo. [n.yare.lj1305@gmail.com](mailto:n.yare.lj1305@gmail.com)

Palomar, 2007), (Chaves, Castillo y Gamboa, 2008).

Se han difundido estudios centrados en el análisis de las relaciones entre los niveles educativos con los exámenes de selección (Gómez et al., 2012), (Chaín, Cruz, Martínez y Jácome, 2003), (Backhoff y Tirado, 2011), (Parra et al, 2013), (Carrión, 2002), (Ponce de León, Ortiz y Morán, 2003). Otros se centran en la validación de los exámenes de selección, que no son del Ceneval (Tirado, Backhoff, Larrazolo y Rosas, 1997), (Tomatis et al., 2016).

Rodallegas et al. (2010) dirigen su aportación a la aplicación de recursos digitales para los estudios predictivos, mientras que Rado, Salinas y Rosas (2016) dirigen su estudio a la comparación de técnicas de análisis discriminante para predecir el rendimiento en el examen, más que en los resultados mismos.

Pocos autores han dirigido su trabajo a aportar elementos para definir estrategias específicas para mejorar los resultados de los estudiantes. Tras un análisis exhaustivo de resultados y causantes, Guzmán y Serrano (2011) concluyen que el examen de selección es un filtro social que afecta a los más desprotegidos y abogan por una mayor cobertura educativa. Rivera y Hernández (2007) basan su estudio en el análisis de los resultados de los exámenes de ingreso y egreso de estudiantes de diferentes instituciones del mismo subsistema educativo en la búsqueda de un modelo de “desarrollo docente”. Por su parte, Alfaro, Mireles y Zambrano (2016) han propuesto estrategias para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes recurriendo a intercambio internacional con estudiantes de nuevo ingreso.

Con los elementos aportados por la revisión anterior, se puede concluir que aunque existen estudios publicados, relacionados con la predicción del rendimiento académico de los estudiantes de licenciatura, la mayoría son generales o dirigidos a áreas diferentes a las ingenierías. Se privilegian los análisis y los instrumentos, más que lo indicativo de los resultados. Pocos llegan a propuestas de solución y éstas son específicas, dadas las características de cada institución.

Por tanto, se requiere un análisis específico, en el lugar, caracterizando la problemática y generando propuestas de solución.

### **Marco Teórico**

#### *Rendimiento académico y factores que lo determinan*

Se entiende por rendimiento académico los resultados de la evaluación de conocimientos, habilidades o competencias adquiridos en el ámbito escolar. Un término asociado al rendimiento es la calificación, concebida como la medida cuantitativa del mismo. En este sentido, el rendimiento académico de los estudiantes está asociado directamente con el éxito escolar y constituye el factor más importante en el proceso de aprendizaje, de ahí la necesidad de evaluar el mismo y buscar estrategias para realimentar el proceso académico. Para evaluar el rendimiento académico se analizan en mayor o menor grado los factores que pueden influir en él, (Navarro, 2003).

Erazo (2012) indica que este parámetro es el resultado de múltiples variables de tipo personal y social. En el aspecto personal se tienen características de tipo orgánico, cognitivo, estrategias y hábitos de aprendizaje, motivación, autoconcepto, emoción y conducta; y en el social están las características de tipo familiar, escolar, socioeconómico y cultural.

Por su parte, Rodríguez y Madrigal (2016), hacen una clasificación en factores relativos al estudiante (preparación antecedente, aptitudes, estrategias de aprendizaje, actitudes y aspectos personales y familiares), factores relativos al profesor (habilidades pedagógicas, motivación hacia los estudiantes, tipo de actividades desarrolladas, uso de los recursos didácticos, formas y aplicación de la evaluación, práctica de atención individualizada a los estudiantes, dedicación a la labor docente) y factores relativos a la Institución (plan y programas de estudio, coordinación entre las materias, selección metodológica del proceso académico).

Cada aspecto ha sido objeto de múltiples estudios y reflexiones en la búsqueda de motivos explícitos y estrategias de mejora. Con relación a los antecedentes académicos, es común que muchos estudiantes que ingresan a instituciones de educación superior muestran no poseer las habilidades para el estudio necesarias para concluir exitosamente sus estudios, poseen un nivel bajo de habilidades de organización, empleo de técnicas de estudio y motivación, lo cual no les permite abordar con éxito los retos de la vida universitaria. (Fernández, Mijares, Álvarez y León, 2015, citados por Gutiérrez, Villalón, Medina y Hernández, 2017).

Es preocupación constante de los profesores y administradores de la educación la situación de los aspirantes a ingresar a las carreras de licenciatura y los resultados del proceso de selección, sin que generalmente se hagan análisis detallados y se actúe en consecuencia para mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes de nuevo ingreso. Los procesos de selección escolar en el nivel superior en México se basan tanto en demandas coyunturales del entorno inmediato, como a las particularidades propias de cada institución educativa y a las políticas y compromisos de equidad y cobertura, en función de los requerimientos que los diferentes sectores sociales.

### *Proceso de selección y admisión*

Se entiende por selección el proceso por medio del cual se eligen los aspirantes con mejores características y perfiles para ingresar a un programa educativo. La admisión es la decisión final que se toma de recibir a un aspirante en un programa y que se concreta en la asignación de la matrícula. Las instituciones de educación superior en México, principalmente las universidades autónomas y las escuelas particulares, han adoptado diferentes mecanismos de selección que le permiten elegir a los aspirantes que cumplan con los requisitos mínimos establecidos, y que figuren como los sujetos idóneos y merecedores de ocupar un lugar en la universidad. Cada institución establece las herramientas más eficientes y los criterios que considera adecuados para realizar la selección de estudiantes.

### *El examen nacional de ingreso*

En la actualidad, es cada vez más generalizado el uso de una prueba elaborada por un organismo externo a la Universidad, el Centro Nacional de Evaluación (CENEVAL). Esta herramienta es el Examen nacional de ingreso para la licenciatura (Exani II).

“El EXANI-II brinda información sobre los resultados de aprendizaje logrados por el aspirante en áreas que son predictivas del desempeño académico que tendrán los estudiantes en el nivel superior al que ingresarán” (Ceneval, 2017).

El Exani II está integrado por dos pruebas, Admisión y Diagnóstico. “EXANI-II Admisión, que evalúa aptitudes y competencias disciplinares predictivas del desempeño. Su propósito es detectar el potencial de los aspirantes para cursar con éxito el primer año del nivel educativo al que desean ingresar. Apoya a la toma de decisiones de las instituciones educativas sobre el ingreso a los programas académicos que ofertan.” “EXANI-II Diagnóstico, mide las competencias disciplinares esenciales que deben dominar los estudiantes para ingresar al programa de educación superior que han elegido. Dado su carácter diagnóstico, la institución usuaria tiene la prerrogativa de incluir o no esta prueba en su proceso de aplicación.” (Ceneval, 2017)

### **Metodología**

Se realizó una investigación cuantitativa, con enfoque correlacional y descriptivo. Se estudió a 380 estudiantes de Ingeniería Química de siete cohortes generacionales, de agosto-diciembre de 2012 a agosto-diciembre de 2016, del Instituto Tecnológico de Pachuca. La metodología utilizada consistió en lo siguiente:

1. Análisis de resultados del Exani II.
  - 1.1 Análisis por cohorte generacional de la relación entre el índice general obtenido en el examen de admisión (ICNE) y los índices de cada área específica de los exámenes, relacionada con las matemáticas (Pensamiento matemático, Pensamiento analítico y Matemáticas, o sus equivalentes en los exámenes de años anteriores). La relación obtenida proporciona la validez para utilizar en los pasos subsecuentes solo el ICNE.
  - 1.2 Análisis de los resultados obtenidos en el EXANI II de todos los estudiantes y por cohorte generacional, a partir de sus índices obtenidos, ubicando tres bloques: de 1300 a 1150 puntos, de 1149 a 1000 puntos y de 999 a 700 puntos.
2. Análisis del rendimiento de los estudiantes.
  - 2.1 Con ayuda del Sistema Integral de Información (SII) del Instituto Tecnológico de Pachuca obtener información académica del kardex de cada uno de los estudiantes, para el estudio y análisis de su rendimiento escolar en las ocho materias del área de matemáticas que cursan en su carrera: cálculo diferencial, matemáticas discretas, cálculo integral, álgebra lineal, probabilidad y estadística, cálculo vectorial, ecuaciones diferenciales y métodos numéricos.
  - 2.2 Análisis de los resultados, con relación a la oportunidad en la cual se obtuvo la calificación finalmente aprobatoria o reprobatoria.
3. Contrastación de resultados.
  - 3.1 Análisis estadístico de los resultados arrojados por las dos fuentes de información anteriores y obtención de su correlación.
4. Elaboración del modelo. A partir de la tendencia obtenida en el análisis, se elabora el modelo predictivo de desempeño de los estudiantes en el área de matemáticas.

### *Resultados*

La Figura 1 muestra gráficamente la relación entre el Índice Ceneval (ICNE) y los índices por área. Para el área de matemáticas del examen diagnóstico se manejaron los mismos puntajes ya especificados para los resultados: Sobresaliente (1300-1150), Satisfactorio (1149-1000) y Sin Dictamen o No Satisfactorio (999-700).

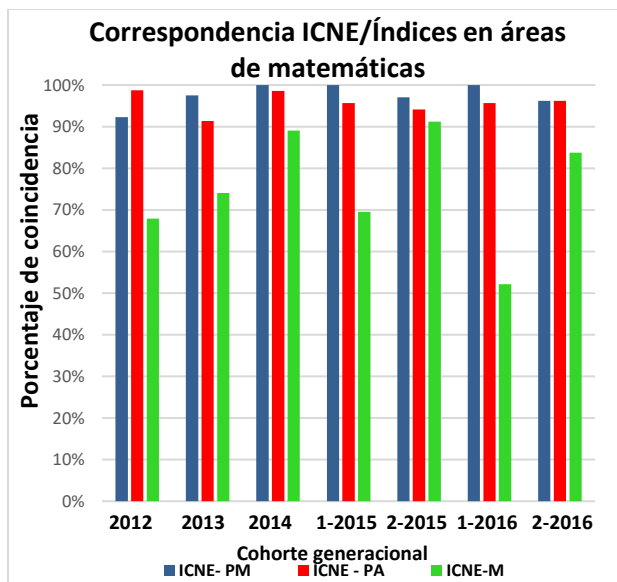


Figura 1. Correspondencia entre los índices del Exani II

Se observa que existe una alta correspondencia entre los resultados contrastados, principalmente del Índice General con Pensamiento Matemático y Pensamiento Analítico, que son las áreas consideradas en el examen de admisión. Esto indica que el ICNE es representativo del estado cognitivo y de desarrollo en el área de matemáticas de los sustentantes.

Teniendo ya los valores de los ICNE de los 380 estudiantes aceptados, clasificados en los tres bloques ya mencionados y por cada cohorte generacional, se analizaron las calificaciones obtenidas por ellos como estudiantes de Ingeniería Química en todas las materias del área de matemáticas, desde su ingreso hasta el periodo enero-junio de 2018.

El primer panorama de su rendimiento se observa en las gráficas mostradas en las figuras 2 y 3, que presentan la instancia en la que acreditaron las materias o no acreditaron después de todas sus oportunidades. El significado de cada color de columna se indica en el cuadro 1.

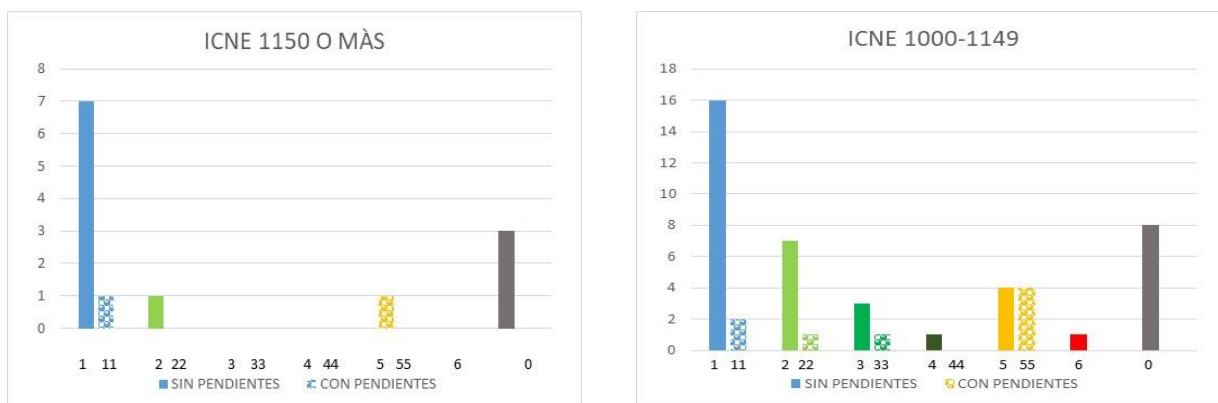


Figura 2. Rendimiento en materias de matemáticas. ICNE 1150-1300 y 1000-1149.

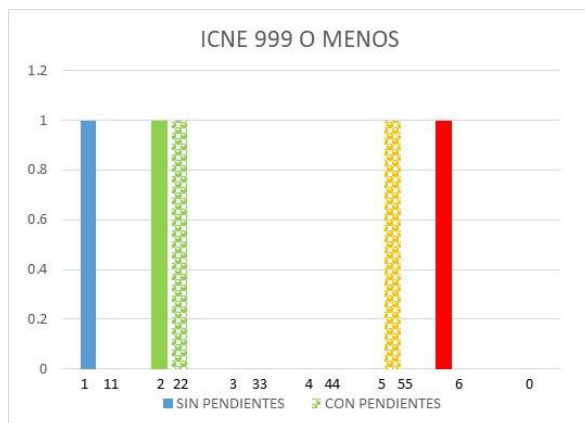


Figura 3. Rendimiento en materias de matemáticas. ICNE 700-999.

|  |   |
|--|---|
|  | Todas las materias acreditadas en el primer curso             |
|  | Acreditadas en primer curso pero con pendientes de repetir    |
|  | Una materia acreditada en curso de repetición                 |
|  | Una acreditada en de repetición y pendientes de recurrar      |
|  | Dos materias acreditadas en curso de repetición               |
|  | Dos acreditadas en repetición y pendientes de recurrar        |
|  | Tres o más aprobadas en curso de repetición                   |
|  | Tres o más acreditadas en repetición y pendientes de recurrar |
|  | Una o más materias acreditadas en curso especial              |
|  | Una o más acreditadas en especial y pendientes en especial    |
|  | Una o más no acreditada en curso especial                     |
|  | Desertaron sin agotar sus oportunidades                       |

Cuadro 1. Significado de las columnas de las gráficas

En estas gráficas totales se hace notoria ya la correspondencia entre los ICNE y el rendimiento de los estudiantes en el área en estudio. Cabe mencionar que se elaboraron las mismas gráficas para los siete cohortes generacionales y por cada materia; y los resultados marcan la misma tendencia.

### Modelo predictivo

Para establecer una correspondencia entre los resultados del EXANI-II y el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería en el área de matemáticas, se analizaron los datos obtenidos de los 380 alumnos de siete cohortes generacionales correspondientes a la carrera de Ingeniería Química.

Se tomaron en cuenta los resultados obtenidos por los alumnos en siete materias del área de matemáticas, clasificándolos de acuerdo al nivel de desempeño obtenido en el Examen Nacional de Ingreso: Sin Dictamen o No satisfactorio (700-999), Satisfactorio (1000-1149) y Sobresaliente (1150-1300). Para ello, se analizaron las calificaciones obtenidas en las áreas de razonamiento lógico matemático (RLM), matemáticas (MAT) y la calificación global del examen (ICNE).

Las materias incluidas en el estudio son: Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Probabilidad y Estadística, Álgebra Lineal, Cálculo Vectorial, Métodos Numéricos y Ecuaciones Diferenciales. Se ordenaron los datos para el total de los alumnos analizados, clasificándolos por materia y de acuerdo a las calificaciones obtenidas en cada una de las tres áreas señaladas anteriormente: Razonamiento lógico matemático, matemáticas y la calificación global del examen.

El análisis de los datos se realizó de manera global, tomando en cuenta la muestra completa de los 380 alumnos, a lo largo de siete cohortes generacionales. De esta manera, los datos obtenidos representan de manera muy completa el historial académico de los alumnos en estudio, en relación a su desempeño en las materias del área de matemáticas.



A continuación se presentan únicamente las gráficas más representativas del estudio, debido al espacio disponible en este artículo. En total se obtuvieron alrededor de 80 gráficas con las cuales se sustenta el presente estudio y permiten observar una tendencia clara y definida acerca de la correlación existente entre las calificaciones obtenidas por los alumnos en el EXANI-II y el rendimiento académico en las materias del área de matemáticas, en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

A manera de muestra, en la Figura 4 se presenta la dispersión de los datos obtenidos en las materias de Álgebra Lineal y Cálculo Diferencial, en función de la calificación global del EXANI-II (índice general, ICNE). La función o modelo predictivo es de forma exponencial, en razón de que es el que proporciona mejor correlación de los datos. Con este modelo es posible obtener la calificación promedio de un alumno con base en el valor del ICNE obtenido en el examen de ingreso. Las Figuras 6 y 7 muestran los resultados análogos para las materias de Cálculo Diferencial y Ecuaciones Diferenciales, respectivamente. La línea de tendencia es similar a la primera y esto confirma la solidez y confiabilidad de las ecuaciones (modelos predictivos) obtenidos; se muestran diferentes modelos (lineal y polinómico) para mostrar las diversas opciones, resaltando la correlación muy cercana a 1, con cada uno de ellos.

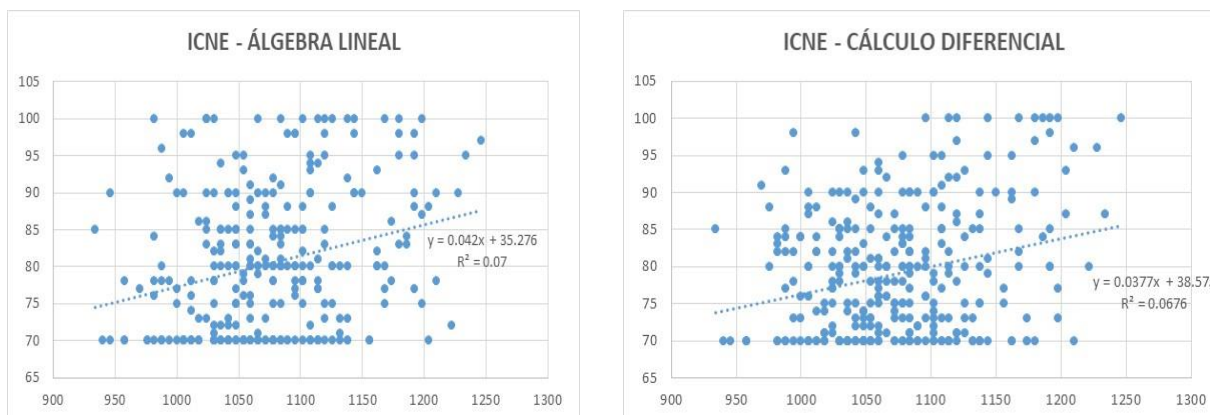


Figura 4. Relación de la calificación del EXANI-II (ICNE) Vs Calificación en Álgebra Lineal y Cálculo Diferencial.

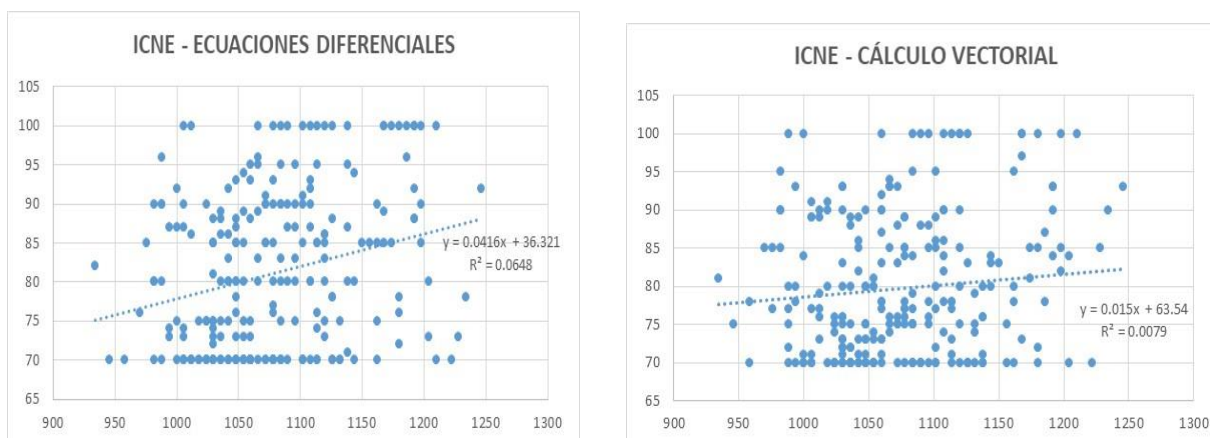


Figura 5. Relación de la calificación del EXANI-II (ICNE) Vs Calificación en Ecuac. Dif. y Cálculo Vectorial.

La dispersión de los datos, así como la correlación baja en la función predictiva, se debe principalmente al gran tamaño de la muestra, así como el hecho de haber tomado en cuenta siete cohortes generacionales. Esta situación, lejos de ser una desventaja, resulta ser de gran utilidad porque le da validez, estabilidad y confiabilidad estadística a los resultados obtenidos.

Finalmente, la Figura 6 muestra el modelo predictivo de las calificaciones obtenidas en promedio de todas las materias del área de matemáticas analizadas, en función de la calificación global del EXANI-II. En esta gráfica se observa claramente la misma tendencia de las gráficas anteriores, sólo que ahora se toma en cuenta todas las materias y se obtiene la tendencia promedio del rendimiento académico de un alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, en función de la calificación global obtenida en el examen de ingreso.

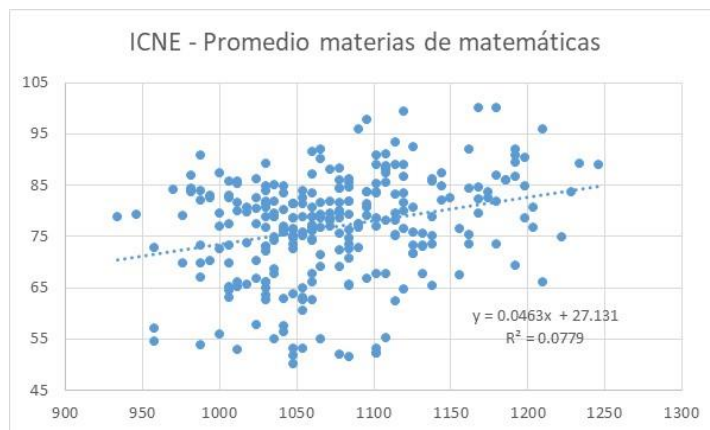


Figura 6. Relación de la calificación del EXANI-II (ICNE) Vs Promedio de todas las materias de matemáticas.

Para esta gráfica final, el rango de calificación promedio fue de 50-100, en razón de que al no ser de una materia en particular, es posible tomar en cuenta algunas materias reprobadas para la correlación final. Esto da mayor confiabilidad y estabilidad al modelo predictivo y también se corrobora la hipótesis planteada al inicio del proyecto.

### Conclusiones

Con base en el análisis de los resultados y las diversas ecuaciones de tendencia en cada una de las gráficas obtenidas, podemos decir que los resultados son consistentes, con una repetitividad, precisión y confiabilidad aceptable.

La metodología utilizada para el análisis de los datos obtenidos proporciona validez, estabilidad y confiabilidad estadística a los resultados que se presentan en este trabajo.

El modelo promedio obtenido con el análisis global de los datos disponibles (Figura 7), permite predecir la calificación promedio de un alumno en las materias del área de matemáticas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. La función es:

$$y = 0.0463x + 27.131 \text{ con una correlación de } 0.0779$$

De acuerdo con este modelo, un alumno que obtenga en el examen de ingreso una calificación global (ICNE)=1000, obtendrá una calificación promedio en las ocho materias del área de matemáticas, igual a 73.43%. La dispersión que se observa en la gráfica se debe al gran número de datos considerados; sin embargo, la tendencia lineal es clara y proporciona resultados confiables.

Así, el modelo predictivo que se presenta cumple de manera precisa con el objetivo planteado al inicio de la presente investigación.

### Referencias

- Alfaro, N., Mireles, L. y Zambrano, G. *Estrategias institucionales para mejorar el rendimiento académico del estudiante de ingeniería en un programa internacional*. Revista electrónica ANFEI digital, año 2, no. 5 jul-dic 2016. Recuperado de <http://www.anfei.org.mx/revista/index.php/revista/article/view/297/940>
- Barrera, P. y Estrella, G. *Correlación entre el bachillerato, el examen de admisión a la educación superior y el rendimiento académico de los estudiantes del octavo semestre de la carrera de enfermería en el período octubre 2012 a marzo 2017*. Universidad Central del Ecuador. Quito, marzo de 2017. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9860/1/T-UCE-0006-05.pdf>
- Erazo, O. *El rendimiento académico, un fenómeno de múltiples relaciones y complejidades*. Revista Vanguardia Psicológica Clínica Teórica y Práctica. Universidad Manuela Beltrán. Volumen 2, Número 2, Bogotá D.C. Colombia octubre-marzo de 2012. Recuperado de <file:///C:/Users/Iv%C3%A1nSamuel/Documents/Desarrollo%20Acad%C3%A9mico/Investigaci%C3%B3n%20educativa/Coordinaci%C3%B3n/L%C3%ADneas%20de%20investigaci%C3%B3n/L%C3%ADnea%203/Proyectos/Proyecto%201/Material/Dialnet-EIRendimientoAcademicoUnFenomenoDeMultiplesRelacio-4815141.pdf>
- Gutiérrez, P., Villalón, M. T., Medina, M. G. y Hernández, M. *Determinación de la relación entre habilidades de estudio y desempeño académico en estudiantes de ingeniería*. Revista de Docencia e Investigación Educativa Vol.3 No.10, 1-12 dic. 2017. Recuperado de [http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia\\_e\\_Investigacion\\_Educativa/vol3num10/Revista\\_de\\_Docencia\\_e\\_Investigacion\\_Educativa\\_V3\\_N10.pdf](http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia_e_Investigacion_Educativa/vol3num10/Revista_de_Docencia_e_Investigacion_Educativa_V3_N10.pdf)
- Rado, J., Salinas, J. y Rosas, F. *Predicción del rendimiento en el examen de admisión a la UNALM utilizando las técnicas de análisis discriminante lineal y análisis discriminante con algoritmos genéticos*. Anales Científicos, vol. 77 no. 1 (2016) © Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v77i1.474>
- Rodríguez, I. y Madrigal A. *Rendimiento académico y estrategias de aprendizaje*. Universidad Autónoma del Estado de México. Revista de Docencia en Investigación Educativa, Vol.2 No.6 26-34, dic. 2016.