

Avances de Investigación Colegiada en la Universidad



Compiladores

Adolfo Soto Cota

Edna Rosalba Meza Escalante

Marisela González Román

Beatriz Eugenia Orduño Acosta



ITSON

Educar para
Trascender

COMPILADORAS

Edna Rosalba Meza Escalante

Adolfo Soto Cota

Joel Angulo Armenta

Marisela González Román

Avances de Investigación Colegiada en la Universidad



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

2016, Instituto Tecnológico de Sonora.
5 de Febrero, 818 sur, Colonia Centro,
Ciudad Obregón, Sonora, México; 85000
Web: www.itson.mx
Email: rectoria@itson.mx
Teléfono: (644) 410-90-00

Primera edición 2016
Hecho en México

ISBN: **978-607-609-188-3**

Se prohíbe la reproducción total o parcial de la presente obra, así como su comunicación pública, divulgación o transmisión mediante cualquier sistema o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito del Instituto Tecnológico de Sonora.

Cómo citar un capítulo de este libro (se muestra ejemplo de capítulo I):

Serrano, D., Meza, E., Martínez, M., Dévora, G. y Ulloa, R. (2016). Presencia de microcontaminantes: tetraciclinas en aguas residuales de origen porcino y su efecto nocivo sobre el medio ambiente. En E. Meza, A. Soto, M. González y J. Angulo (Comp.). *Avances de Investigación Colegiada en la Universidad* (pp. 10-22). México: ITSON.

DIRECTORIO ITSON

Dr. Javier José Vales García

Rector del Instituto Tecnológico de Sonora

Mtro. Misael Marchena Morales

Secretaría de la Rectoría

Dr. Jaime Garatuza Payán

Vicerrectoría Académica

Dra. María Mercedes Meza Montenegro

Vicerrectoría Administrativa

Mtra. Mirna Yudit Chávez Rivera

Dirección Académica de Ciencias Económico-Administrativas

Mtro. Javier Portugal Vásquez

Dirección Académica de Ingeniería y Tecnología

Dr. Javier Rolando Reyna Granados

Dirección Académica de Recursos Naturales

Dr. Christian Oswaldo Acosta Quiroz

Dirección Académica de Ciencias Sociales y Humanidades

Dr. Carlos Jesús Hinojosa Rodríguez

Dirección Unidad Navojoa

Dr. Domingo Villavicencio Aguilar

Dirección Unidad Guaymas

COLABORADORES

Edición literaria

José Antonio Beristáin Jiménez

Javier Portugal Vázquez

María Luisa Madueño Serrano

Erika Cecilia Ruiz Ibarra

José Dolores Beltrán Ramírez

Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

María de Jesús Cabrera Gracia

Beatriz Eugenia Orduño Acosta

Tecnología y diseño

Mtra. Beatriz Eugenia Orduño Acosta

Mtra. Dulce Zyanya Islas Lee

Marco Alejandro Cruz Muñoz

Gestión editorial

Oficina de publicación de Publicaciones

Mtra. Marisela González Román

Comité técnico científico

Dra. Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

Mtra. Marisela González Román

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

COLABORADORES

Comité científico de arbitraje

Dr. Adolfo Soto Cota

Dra. Claudia Álvarez Bernal

Mtro. Mauricio López Acosta

Dra. Elizabeth Del Hierro Parra

Dra. Elsa Lorena Padilla Monge

Dra. Edna Rosalba Meza Escalante

Dra. Grace Marlene Rojas Borboa

Dra. Isolina González Castro

Mtro. Javier Portugal Vásquez

Dr. Joel Angulo Armenta

Dr. José Antonio Beristáin Jiménez

Mtro. José Dolores Beltrán Ramírez

Dr. Juan Francisco Hernández Chávez

Dr. José Fernando Lozoya Villegas

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

Dra. María Del Carmen Vásquez Torres

Mtra. Marisela González Román

Mtra. Nora Edith González Navarro

Dra. Sonia Beatriz Echeverría Castro

Dra. Sonia Verónica Mortis Lozoya

PRÓLOGO

Una vez más, los grupos colegiados de las diferentes áreas del conocimiento del Instituto Tecnológico de Sonora, reconociendo deberse a la solución de problemáticas sociales y mejorar la calidad de vida del sur de Sonora, pone en esta obra a disposición abierta de la comunidad, sus avances de soluciones probadas y en proceso para su aplicación.

Es como se sigue impactando y formando investigadores en el campo de la realidad, del laboratorio y el servicio; grupos que con innovación y constante cambio aplican las mejores estrategias, equipos, recursos y demás; en estudios cualitativos, cuantitativos o mixtos para el beneficio social.

El libro *Avances de Investigación Colegiada en la Universidad*, es sólo una muestra de que en la escuela se hace ciencia y se mejora la calidad de vida; durante la construcción de los andamios seguros que potencian el desempeño de los jóvenes de la forma más significativa que pueda existir, a más de gratificante en lo anímico; herramientas para su éxito; esperamos que sus experiencias sean referentes útiles, a los interesados de cada área.

Dra. Reyna Isabel Pizá Gutiérrez
Coordinadora de Desarrollo Académico
Instituto Tecnológico de Sonora
Junio, 2016

ÍNDICE

- Ciencias Naturales -

- Capítulo I. Presencia de microcontaminantes: tetraciclinas en aguas residuales de origen porcino y su efecto nocivo sobre el medio ambiente.** Denisse Serrano Palacios, Edna Rosalba Meza Escalante, María del Rosario Martínez Macías, Germán Eduardo Dévora Isiordia y Ruth Gabriela Ulloa Mercado. 10
- Capítulo II. Evaluación de la contaminación marina por metales pesados en la Bahía de Lobos, Sonora.** José de Jesús Balderas Cortés, María Mercedes Meza Montenegro, José Luis Antonio Solórzano Meza, Iram Mondaca Fernández y Rafael Ignacio Agramón Ayón. 23
- Capítulo III. Potencial antimicrobiano de los productos de la reacción de Maillard frente a *Listeria monocytogenes*.** Roberto Rodríguez Ramírez, Jaime López Cervantes, Olga Nydia Campas Baypoli, Dalia Isabel Sánchez Machado y Juan Bautista Flores Quezada. 34
- Capítulo IV. Caracterización de compuestos residuales provenientes de un cultivo de *Litopenaeus vannamei*, utilizando dietas con diferentes fuentes y niveles de proteína.** Juan Carlos Gil Núñez, Ramón Casillas Hernández, Rafael Apolinar Bórquez López, Jose Israel Gonzales Bran y María Belem Flores Pérez. 44
- Capítulo V. Inoculante orgánico líquido con base en algas en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de casa sombra: experiencias del cuerpo académico de Biotecnología Agrícola.** Maritza Arellano Gil, Catalina Mungarro Ibarra, Ofelda Peñuelas Rubio, Abel Alberto Verdugo Fuentes y Luis Carlos Valdéz Torres. 54
- Capítulo VI. Obtención de pigmentos a partir de microalgas.** Luis Alberto Cira Chávez, Laura Elisa Gassós Ortega, Saúl Ruiz Cruz, Lourdes Mariana Díaz Tenorio, Sergio de los Santos Villalobos, María Isabel Estrada Alvarado. 65

- Ingeniería y Tecnología -

- Capítulo VII. Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística- ITSON- Espacio de Inteligencia Colectiva para los Cuerpos Académicos-.** Ernesto Alonso Lagarda Leyva, Miguel Gastón Cedillo Campos, Alfredo Bueno Solano, Arnulfo Aurelio Naranjo Flores y Javier Portugal Vásquez. 78

<i>Capítulo VIII. Pronóstico y validación de la irradiación solar y sus componentes por medio de un modelo meteorológico numérico.</i> Ian Mateo Sosa Tinoco, Javier Pérez Ramírez y José Antonio Beristáin Jiménez.	92
<i>Capítulo IX. Metodología de modelado utilizando funciones de conmutación aplicada al inversor de voltaje monofásico de puente completo.</i> José Antonio Beristáin Jiménez y Javier Pérez Ramírez.	105
<i>Capítulo X. Sistema de adquisición, rastreo y apuntamiento óptico por espacio libre utilizando un sensor optoelectrónico de cuatro cuadrantes.</i> Juan Carlos Murrieta Lee, Luis Alberto Morán Medina, Celim Augusto Uriarte López y Ricardo Telésforo Solís Granados.	116
<i>Capítulo XI. Desarrollo de un prototipo para producir nanofibras por el proceso de electrohilado.</i> José Manuel Campoy Salguero, Juan José Padilla Ybarra, Miguel Ángel Bernal Reza, Andrés Othón Pizarro Lerma y Adolfo Soto Cota.	129
<i>Capítulo XII. Análisis de desempeño de algoritmos localización con parámetros reales.</i> Joaquín Mass Sánchez, Érica Cecilia Ruiz Ibarra, Adolfo Espinoza Ruiz, Joaquín Cortez González y Armando García Berumen.	141
<i>Capítulo XIII. Actualización del programa interno de protección civil en una unidad médica de alta especialidad.</i> René Daniel Fornés Rivera, Adolfo Cano Carrasco, Julio César López Figueroa, Moisés Ricardo Larios Ibarra y Fernando Esquer Valenzuela.	151
<i>Capítulo XIV. Mejora al proceso de venta de boletos de una empresa de autotransporte.</i> María Paz Guadalupe Acosta Quintana, Sandra Armida Peñúñuri González, María del Pilar Lizardi Duarte, Erick Iram Machado Vega y José Luis Vega Cruz.	164
 - Ciencias Sociales y Económicas - 	
<i>Capítulo XV. Dependencia de las finanzas públicas de los cinco municipios más poblados del estado de Sonora en el marco del Sistema Nacional de Coordinación Fiscal.</i> Rodolfo Valenzuela Reynaga, María Dolores Moreno Millanes, Imelda Lorena Vázquez Jiménez, Dina Ivonne Valdez Pineda y Beatriz Ochoa Silva.	176
<i>Capítulo XVI. Cultura organizacional en una agencia automotriz de Ciudad Obregón.</i> Raquel Ivonne Velasco Cepeda, Jorge Sánchez Rodríguez, Irma Guadalupe Esparza García, Gladys Selene Soto Serrano y Kimberly Estefanía Hamed Valenzuela.	189

Capítulo XVII. Orientación temporal y promedio de egreso de bachillerato de estudiantes de primer año de Psicología. Laura Fernanda Barrera Hernández, Mirsha Alicia Sotelo Castillo, Sonia Beatriz Echeverría Castro, Blanca Silvia Fraijo Sing, Daniel González Lomelí y Rocío Anaís Barrera Hernández.	204
Capítulo XVIII. Actitudes de los alumnos de química básica con laboratorio frente al material didáctico utilizado. Rosario Alicia Gálvez Chan, Olga Haydeé Gómez Ibarra y Ma. Lucía Ramírez Gutiérrez.	215
Capítulo XIX. Efecto del programa de actividad física sobre los indicadores de obesidad y riesgo cardiovascular en un grupo de mujeres sedentarias adultas. Pedro Magdaleno Castillo, Hebert David Quintero Portillo, Carlos Artemio Favela Ramírez y José Humberto Reyes López.	227
Capítulo XX. Prevalencia de obesidad y otros factores de riesgo de diabetes tipo 2 en adultos de la etnia Yaqui de la Loma de Guamúchil. Araceli Serna Gutiérrez, Irma Alejandra del Consuelo Díaz Meza, Hebert David Quintero Portillo, Eddy Jacob Tolano Fierros y Alejandra Isabel Castro Robles.	237
Capítulo XXI. Evaluación de la técnica de envión mediante indicadores cinemáticos en levantadores de peso universitarios. Lorenia López Araujo, Iván de Jesús Toledo Domínguez, Alejandra Isabel Castro Robles, Carlos Artemio Favela Ramírez y José Fernando Lozoya Villegas.	250
Capítulo XXII. Relación entre la potencia máxima, fuerza máxima, saltos verticales y horizontales con el rendimiento en las carreras de 40 y 100 metros en atletas universitarios. Carlos Artemio Favela Ramírez, Lorenia López Araujo, Iván de Jesús Toledo Domínguez, Pedro Magdaleno Castillo y Francisco Amavizca Murrieta.	262
Capítulo XXIII. Propuestas para la igualdad de género en el Instituto Tecnológico de Sonora. Resultados del Cuerpo Académico. Ana Cecilia Leyva Pacheco, Fitzia Guadalupe Roldán Ramírez, Luz Alicia Galván Parra y Grace Marlene Borboa Rojas.	274
Resumen. Trabajo colaborativo entre dos cuerpos académicos en el diseño de un prototipo de biorreactor modular de inmersión temporal automatizado para el cultivo <i>in vitro</i> de plantas. Lorena Tineo García, Manuel Herrera Sarellano, Ismael Murillo Verduzco, Rafael Alfonso Figueroa Díaz, Marco Antonio Gutiérrez Coronado y Luciano Castro Espinoza.	283

- Ciencias Naturales -

Capítulo I. Presencia de microcontaminantes: tetraciclinas en aguas residuales de origen porcino y su efecto nocivo sobre el medio ambiente

Denisse Serrano Palacios¹, Edna Rosalba Meza Escalante¹, María del Rosario Martínez Macías¹, Germán Eduardo Dévora Isiordia¹ y Ruth Gabriela Ulloa Mercado²

¹Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, ²Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México, denisse.serrano@itson.edu.mx

Resumen

Este trabajo de investigación monográfica tiene la función de informar sobre el tema de la presencia de Tetraciclinas (TCs) en el medio ambiente y su efecto nocivo ambiental. A través de una revisión bibliográfica en libros, revistas, bases de datos e incluso entrevistas, se logró interpretar la información y plasmarla en forma de tablas dentro del escrito. Lo anterior, refleja que el origen de las TCs en el ambiente, es que una vez administradas en el animal, gran cantidad de esta dosis termina en las excreciones del mismo, en mayor proporción en el purín, el cual es altamente utilizado para el abono de cultivos agrícolas. De igual forma, las aguas residuales provenientes de estas granjas, llegan a mantos acuíferos superficiales y subterráneos, si estas no tienen un tratamiento adecuado que garantice una calidad apta para su descarga libre de macro y microcontaminantes. La desventaja es que la gran mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales no cuentan con el proceso adecuado para la eliminación específica de este tipo de compuestos a bajas concentraciones (μg o ng/L), es por ello que pueden llegar la mayoría de las veces a estar presente en sitios en donde el humano puede llegar a tener contacto. Una de las mayores preocupaciones que se han registrado es la incidencia en humanos de casos de resistencia bacteriana a este tipo de medicamentos representando un gran problema de salud pública.

Introducción

En los últimos años, el aumento del número de animales en granjas porcinas y la potencial propagación de enfermedades, ha hecho que el uso rutinario de antibióticos sea necesario para mantener la viabilidad de sus operaciones (Sarmah, 2006). La dosis de antibióticos administrada en el alimento del cerdo se incrementó significativamente durante la década de 1990, lo que provoca un aumento significativo en la masa muscular de los animales con una menor porción de alimento (USEPA, 2001).

La constante búsqueda para producir alimentos de origen animal para el hombre, cada vez en forma más eficiente y al costo más bajo posible, ha estimulado el desarrollo de nuevos aditivos que pueden incrementar la eficiencia, grado de crecimiento y el nivel de producción de los animales. Estos esfuerzos han conducido actualmente al uso de antibióticos, hormonas y otras sustancias químicas para la producción animal (Zambrano, 2010). Los antibióticos se utilizan en la producción porcina como moduladores o promotores de crecimiento. El abuso de antibióticos como aditivo alimenticio puede provocar bacterias resistentes a estos medicamentos, poniendo en riesgo la salud animal y la de los consumidores (SENASICA, 2004).

Se tienen antecedentes desde 1997, cuando la Organización Mundial de la Salud recomendó prohibir el uso de antibióticos para promover el crecimiento de los animales. En 1998, la Unión Europea prohibió el uso de antibióticos de uso humano como aditivos en el alimento animal. Sin embargo, los intereses comerciales de las transnacionales de la industria farmacéutica veterinaria han sido mayores que los de protección al consumidor (SENASICA, 2004).

El estudio de antibióticos en aguas provenientes de granjas porcinas en México, aún es un tema rezagado. No se cuenta con algún tipo de normatividad específica para el control en la emisión de estos contaminantes o incluso en los animales, a pesar de que nuestro país se ubica entre uno de los mayores productores de carne porcina. Debido a que los antibióticos no son considerados como parte de los alimentos o algo adecuado para incrementar el peso del animal, es importante conocer los efectos que estos tienen en el cerdo, el ser humano y el medio ambiente.

Ante lo expuesto se formula el planteamiento de problema. ¿Cuáles son los efectos negativos en el medio ambiente debido a la utilización de antibióticos como promotores del crecimiento en cerdos, además cuales serían los métodos probados más eficientes para su posible eliminación?

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre las tetraciclinas para dar a conocer el origen, presencia, efectos nocivos en el medio ambiente y posibles tratamientos de eliminación.

Fundamentación teórica

Tetraciclinas

Las TCs son un amplio grupo de antibióticos naturales o semi-sintéticos con actividad antimicrobiana y propiedades farmacológicas comunes (Fig. 1). Este tipo de antibióticos son ampliamente formulados en todo el mundo (Rodríguez, 2007).

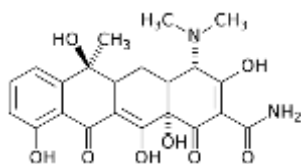


Figura 1. Estructura Química de las Tetraciclinas.

Una vez ingeridos los antibióticos y estar dentro del animal, éstos se distribuyen en sus tejidos, son metabolizados en el hígado y se concentran en la bilis. Posteriormente éstos son excretados mediante la excreción renal y hepática, por medio de la orina y en menor proporción por heces y leche, entre otros (Rodríguez, 2007).

Uso de las TCs en la industria pecuaria

Una de las alternativas utilizadas para incrementar la eficiencia productiva al mismo tiempo de alcanzar un incremento en el retorno económico para los productores, va encaminada al uso de antibióticos en la alimentación de cerdos, los cuales ayudan a promover el crecimiento en el animal al mismo tiempo de reducir los requerimientos de alimento en la producción intensiva de animales. Hace poco más de medio siglo, animales como el cerdo requerían aproximadamente 300 kg de alimento para alcanzar un peso de 90 kg, dicho aumento de peso se alcanzaba en 4 meses y medio. Hoy en día, la alimentación suministrada a estos animales permite alcanzar ese mismo peso en sólo 3 meses y con una reducción de 75 kg de alimento aproximadamente (Miyasaka, 2015).

Es necesario tener en cuenta que los procesos metabólicos que se llevan a cabo en el cerdo son modificados por los antibióticos y éstos se deben a la eficiencia de las reacciones de fosforilación en las células, la excreción de nitrógeno, y la síntesis proteica. Los antibióticos también generan modificaciones en el tracto digestivo, que suelen ir acompañadas de cambios en la composición de la flora digestiva (disminución de agentes patógenos), reducciones en el ritmo de tránsito de la digestión, aumentos en la absorción de algunos nutrientes (vitaminas) y reducción en la producción de amoníaco, aminos tóxicas, etc. (Rosen, 1995).

Dosis administradas y concentraciones excretadas por el cerdo.

Se han realizado algunas investigaciones referentes a la evaluación y/o determinación de ciertos antibióticos excretados mediante el purín de cerdo, ya que estos son considerados como contaminantes potenciales, debido a que entran en el suelo mediante el estiércol muchas veces utilizado como abono (Liguoro y cols., 2003).

En el 2011, Zhao-jun y colaboradores realizaron un estudio muy completo sobre la detección de antibióticos en diversas muestras de estiércol de distintos animales entre ellos el cerdo, dicho estudio se realizó mediante muestras de 8 provincias de China (ubicadas al norte, sur, oriente y en el centro del país) en las cuales se encontraron concentraciones en promedio de 59 mg/kg para el caso de la Oxitetraciclina (OTC) y de hasta 28 mg/kg de la Clortetraciclina (CTC), lo cual según los investigadores puede atribuirse a variaciones en los niveles de dosificación y a las diferentes características metabólicas de los animales.

Consecuencias en el cerdo a causa de las TCs

El uso de antibióticos en el cerdo como promotores de crecimiento, es una práctica que se viene haciendo aproximadamente en las últimas cuatro décadas, lo cual ha traído como consecuencia la realización de diversas pruebas zootécnicas bajo un amplio rango de condiciones de manejo y variedades de razas de cerdo. Este tipo de pruebas, incluyen la medida de la ganancia diaria de peso y el índice de conversión de los alimentos en el animal, así como también una evaluación global de los productos cárnicos a partir de ensayos en animales (Tamargo, 2007).

Entre los efectos negativos destacan la posible resistencia humana a ciertos antibióticos mediante el consumo de carne, las granjas porcinas son menos higiénicas y se crea una gran cantidad de residuos de antibióticos.

A pesar de la gran cantidad de efectos negativos que conlleva el uso de antibióticos hoy en día se encuentran lejos de dejar de ser utilizados, es en la Unión Europea en donde se cuestionó el uso de estos y fueron prohibidos, a pesar de que su uso es defendido y demandado a partir de tres principales puntos de vista (Tamargo, 2007).

Consecuencias en el medio ambiente a causa de las TCs

La contaminación que ocasionan las TCs en el medio ambiente ha empezado a llamar la atención, por su presencia en las excretas de los cerdos que frecuentemente son utilizadas como abono en los campos agrícolas, dispersando este contaminante (Moullan y cols., 2015).

Moullan y cols. (2015) evaluaron los efectos que tienen las TCs en el crecimiento de una planta modelo en biología vegetal, después de dejarla crecer durante una semana sobre sustrato normal, se procedió a trasplantarla a suelos con diferentes concentraciones de doxiciclina en este caso, uno de los antibióticos pertenecientes al grupo de las TCs. Una vez hecho el trasplante se observaron retrasos en el crecimiento de la planta, algunos muy graves, al cabo de unos días, incluso en suelos en los que la concentración de antibióticos no era mayor que la que puede encontrarse en algunos suelos agrícolas actualmente.

En los últimos años muchos científicos coinciden en que antibióticos como la OTC tiene un fuerte potencial de riesgo ecológico. Un ejemplo son los cultivos como el trigo, principal alimento a nivel mundial, ya que la aplicación repetida de estiércol como abono (proveniente de granjas ganaderas) puede tener una acumulación de TCs en el suelo (Zhao-jun y cols., 2011).

Consecuencias en el ser humano a causa de las TCs

Las TCs también pueden tener consecuencias en la salud humana. Un estudio reciente, menciona que la OTC puede permanecer como residuo químico en alimentos, lo cual tiene como consecuencia situaciones nocivas para la salud humana, entre éstas se pueden mencionar

resistencia de los microorganismos a su acción, alergias, problemas de osificación y dentición por su acción quelante sobre el ion calcio y efectos carcinogénicos (Alvarado y cols., 2008).

Normatividad y regulación sobre el uso de TCs

En cuanto a la normativa Mexicana de regulación de antibióticos como la OTC, se cuenta con las normas (NOM-004-ZOO-1994 y NOM-032-ZOO-1995) que indica los límites máximos permisibles en alimentos de origen animal (hígado, riñón y músculo). Sin embargo, hoy en día se carece de normas que expongan los límites máximos permisibles en aguas residuales en México y en el mundo.

Eliminación de TCs presentes en aguas residuales

Generalmente las plantas de tratamiento de aguas residuales de granjas porcinas convencionales, se componen de un tratamiento primario y, posteriormente un tratamiento secundario, no cuentan con el diseño adecuado para la eliminación de ciertos microcontaminantes como los antibióticos (que se encuentran en concentraciones trazas), ya que comúnmente no son compuestos metabolizables por los microorganismos. Se sabe que las TCs, tienen gran afinidad por los lodos de las depuradoras (obtenidos del tratamiento primario y secundario) debido a sus características físico-químicas, por lo que la contaminación prevalece tanto en los efluentes como en los lodos desechados en el tratamiento de aguas representando fuente de contaminación las aguas superficiales y subterráneas, por lo que es de suma importancia la aplicación de un tratamiento terciario o el implemento de tratamientos avanzados para su eliminación (Gómez, 2011).

Metodología

El presente trabajo está basado en una investigación monográfica, el cual recopila y organiza la información obtenida de distintas fuentes y la cual se ha dividido en distintos pasos. A continuación se describen cada uno de ellos:

1. Determinación del tema a desarrollar.
2. Búsqueda bibliográfica minuciosa sobre las TCs, basándonos principalmente en publicaciones recientes, así como entrevistas.

- Finalmente, se llevó a cabo el análisis e interpretación de los resultados de diversas investigaciones, concretando datos en forma de tablas de resultados que se muestran a lo largo de esta investigación.

En la Figura 2, se muestra la jerarquización del orden y desarrollo de la consulta de bibliografía empleada para la realización del análisis de los datos mostrados en esta investigación.

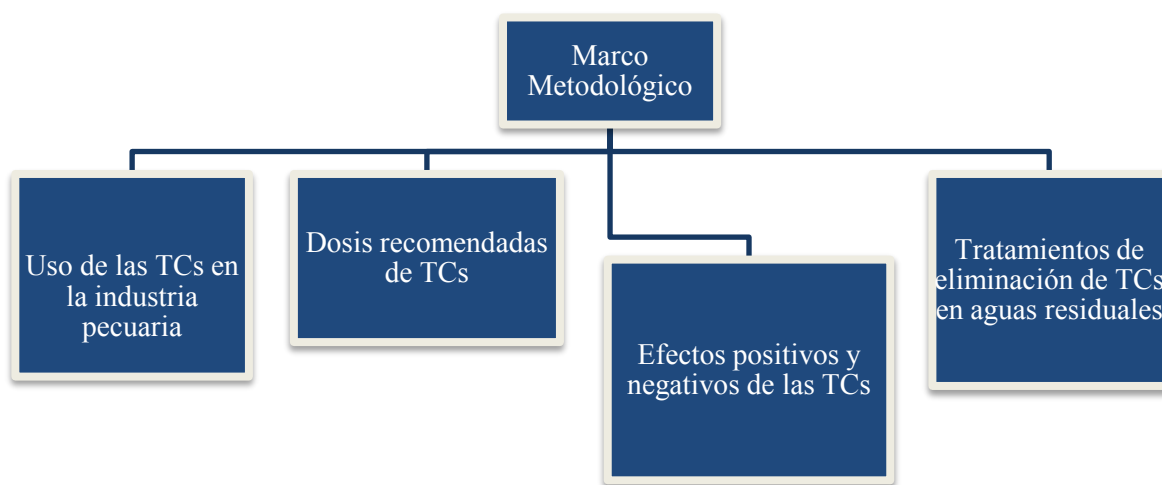


Figura 2. Esquema de la jerarquización del orden y desarrollo de la consulta bibliográfica.

Resultados y discusión

Los resultados más relevantes de esta investigación se resumen en tablas. La Tabla 1, muestra dos de los antibióticos más usados para el control y prevención de enfermedades en cerdos, así como las dosis administradas de dichos antibióticos en estos animales. Los datos fueron proporcionados por el responsable del cuidado de cerdos en dos granjas porcinas de Ciudad Obregón, Sonora, durante el 2015.

Tabla 1. Dosis recomendadas de TCs para su administración en cerdos.

Motivo de la aplicación	Antibiótico	Dosis ^a AUROFAC kg/Ton de alimento	Dosis ^b Emicina/kg de peso vivo	Periodo de administración (días)
Preventivo y control de estrés	^a AUROFAC 200Ga	1	-	7
Profilaxis		2		7
Diarreas y abortos por leptospirosis		2.5		7-14
Rinitis atrófica, neumonía enzoótica, pleuroneumonía contagiosa, enteritis colibacilar, síndrome MMA, leptospirosis, dermatitis, artritis, pododermatitis, mastitis, septicemias causadas por E. coli,	^b Emicinab	-	Intramuscular o subcutánea: 20mg	1 (una sola aplicación)
			Parenteral: 0.1-0.2ml	3-5
			Oral: 0.2-0.4ml	
			Intrauterina 10-20ml	

^aAUROFAC 200G contiene: 200gr de clortetraciclina en 1000gr de diluyente c.b.p. (Laboratorios Alpharma, S.A de C.V., 2016). ^bEmicina contiene: 50mg de Oxitetraciclina en 1 ml de excipiente esp. (Información Profesional Especializada, 2015).

Los antibióticos más utilizados en la industria porcina de la región son: las Tetraciclinas, Tilosina, Lincomicina y Cloranfenicol. Existen investigaciones que comprueban que a bajas concentraciones de estos compuestos pueden presentarse algunos efectos negativos en el medio ambiente, algunos ejemplo son para la Tetraciclina, que puede inhibir el crecimiento de cianobacterias y plantas acuáticas, (Pomati et al., 2004), también se ha observado la aparición de cepas bacterianas resistentes a estos compuestos e incluso que puede ser perjudicial para organismos acuáticos tales como algas y crustáceos (Schwartz et al., 2003).

En la Tabla 2, se encuentran algunos aspectos tanto positivos como negativos, respecto al uso de antibióticos en animales, entre ellos las TCs, con el fin de tener una perspectiva más clara respecto a las consecuencias del uso de dichos compuestos. Los datos de la tabla revelan información controversial, por lo que se recomienda el uso de antibióticos únicamente en periodo de tiempo corto y que su uso, sea únicamente para prevenir o reducir algunas enfermedades. Ya

que la tendencia en los últimos años, es que la sociedad demanda alimentos libres de compuestos sintéticos o lo más naturales posibles para su consumo.

Tabla 2. Efectos positivos y negativos debido al uso de antibióticos en la producción pecuaria (Edqvist y Pedersen, 2001).

Campo de acción	Efectos positivos	Efectos negativos
Pienso o alimento	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enmascaran mala calidad del pienso, dificultan mejoras en formulación y desarrollo de alternativas.
Sistema de producción	Reducen necesidad de mano de obra al permitir sistemas más intensivos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitan desarrollo de sistemas alternativos.
Salud animal	Algunas enfermedades (estéricas) pueden controlarse hasta cierto punto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitan posibilidades terapéuticas por desarrollo de resistencias. ▪ Ocultan enfermedades subclínicas. ▪ Menos incentivos para mejorar higiene.
Bienestar animal	Alivian signos de enfermedad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocultan estrés por mal manejo. ▪ Permiten mayores densidades de cría.
Impacto ambiental	Mejor utilización de pienso y menos producción de estiércol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Residuos antibióticos. ▪ Aumento de genes resistentes a antibióticos.
Salud humana	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transferencia de resistencia a antibióticos en humanos. ▪ Los residuos de antibióticos pueden interferir con el buen funcionamiento de otros antibióticos acortando la vida de éstos o incluso causando cierta resistencia a ellos.

Con respecto al tratamiento de aguas residuales, existen varios tratamientos que pueden ser utilizados para la eliminación de estos antibióticos (Tetraciclina, Oxitetraciclina y Clortetraciclina) presentes en efluentes porcinos, muchos de ellos aún están en proceso de estudio y no han sido aplicados a escala real, pero algunos otros ya se han desarrollado con resultados favorables, tales como los que se muestran en la Tabla 3. Como puede observarse los mayores porcentajes de remoción se han obtenido para tecnologías que implican el uso de tratamientos de oxidación avanzada, específicamente ozonización y desinfección por UV, en donde se logran obtener hasta un 100% de degradación. Cabe señalar que aunque la eficiencia de estos procesos es alta, así también se ve reflejado en los costos altos.

Tabla 3. Métodos de eliminación de tetraciclinas.

Antibiótico	Método	Nivel de degradación	Tiempo	Observaciones	Referencia
OTC, CTC	Plantas de depuración de fangos activados convencional.	Planta 1: 80% Planta 2: 83%	No especificado (alrededor de 15 días)	Ambas plantas se abastecen de purín procedente de varias granjas y esta procesa aprox. 250-300 m ³ /día utilizando el tratamiento de lodos convencional.	Montes y cols., 2008.
TC	Eliminación de Tetraciclina en medio acuático mediante bagazo de caña de azúcar.	TC: 30 ml/min Retención 0.3 mg/g	No especificado	Cada bagazo de caña de azúcar puede retener hasta 3g de este antibiótico.	Nardy y cols., 2012.
OTC, CTC y TC	Tratamiento de adsorción de tetraciclinas mediante carbón activado procedente de lodos.	De una solución de 700mg/l se degradó: *Carbón Activado (CA) en aguas naturales 365 mg/g. *CA proveniente de lodos (512-672) mg/g. *CA comercial (65-471) mg/g.	200 h	En 100 ml de solución de tetraciclina (700 mg/l) se utilizó 1g de distintas clases de carbón activado.	Gómez, 2011.
	Tratamiento de ozonización de aguas contaminadas por tetraciclinas.	Degradación completa (100%)	10 min	La ozonización se llevó a cabo en un reactor, y se realizó la prueba adicionando peróxido de hidrogeno, carbón activado y lodos biológicos activados.	
	Degradación de tetraciclinas de las aguas por Fotoxidación con radiación ultravioleta.	Concentración de (10mg/l) TC=89.59% OTC=100% CTC=100% Concentración de 100mg/l TC=47.41% OTC=78.6% CTC=69.7%	120 min	Siendo 10 mg/l la concentración mínima sometida a pruebas y 100 mg/l la máxima, se observó que a mayor concentración el porcentaje de degradación disminuye.	
TC	Degradación mediante la utilización de UV-Fenton.	Degradación de 79% aprox.	44 min	Usando 43.7 mg/L TC y condiciones óptimas: 0.11 g/L catalisis, 1.97 mM H ₂ O ₂ and tiempo de reacción 44 min	Kakavandi y cols. 2016.
TC, OTC y CTC	Degradación en sedimentos de río mediante la adición de extracto de enzima a partir de compostaje de champiñón	100% para OTC y CTC Tetraciclina quedó con concentración baja	30 d	Esta investigación ofrece métodos viables para la eliminación de las operaciones de cooperación técnica en los sedimentos de la biorremediación.	Chang, 2015.

Conclusiones

Debido al impacto de las TCs, es necesario buscar alternativas para mejorar la producción ganadera intentando reducir posibles efectos sobre animales, seres humanos y medio ambiente.

Este trabajo pretende dar a conocer, la práctica inadecuada de antibióticos en animales, para así crear conciencia sobre los efectos negativos que estos antibióticos pueden traer al medio ambiente.

Los actuales sistemas de tratamiento de aguas residuales con presencia de microcontaminantes como las TCs, no son adecuados y eficientes para su remoción, pero se proponen algunos tratamientos de eliminación de éstas.

Actualmente México carece de una normativa que regule la presencia de antibióticos en el agua, suelo y/o medio ambiente, esperemos que futuros trabajos, sienten las bases para su posible regularización en las descargas hacia el medio ambiente.

Referencias

- Chang, Bea-Ven. Ren, Yen-Lin. (2015). Biodegradation of three tetracyclines in river sediment. ELSEVIER.Ecological Engineering. 272-277.
- Edqvist, Lars-Erik; Pedersen, Knud Borge. (2001). Antibiotic growth promoters in food animals: Resistance to common sense. En: Late lessons and early warnings: The precautionary principle. European Environmental Agency.
- Gómez Pacheco, Carla. (2011). Eliminación de tetraciclinas de las aguas mediante procesos avanzados de oxidación, carbones activados y adsorbentes obtenidos a partir de lodos de depuradora. Granada.
- Babak Kakavandi, Afshin Takdastan, Nemat Jaafarzadeh, Minoos Azizi, Azadeh Mirzaei, Ali Azari. (2016). Application of Fe₃O₄@C catalyzing heterogeneous UV-Fenton system for tetracycline removal with a focus on optimization by a response surface method. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry (314) 178–188.

- LI, Zhao-jun; Xie, Xiao-yu; Zhang, Shu-qing; Liang, Yong-chao. (2011). Negative Effects of Oxytetracycline on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Growth Root Activity, Photosynthesis, and Chlorophyll Contents. Elsevier. 1545-1553.
- Liguoro M; Cabin V.; Capolongo F.; Halling-Sorensen B.; Montesissa. (2003). Use of oxytetracycline and tylosin in intensive calf farming: evaluation of transfer to manure and soil. Legnaro, Italia. Chemospere. 204-211.
- Miyasaka, A. Shimada. (2015). Empleo de antibióticos en la alimentación de cerdos. Departamento de nutrición animal. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G. Obtenido de fmvz:
<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol1/CVv1c12.PDF>
- Montes, N.; Hinojosa, M.; Becares, E.; Méndez, R.; Martín-Villacorta, J. (2008). Presencia de tetraciclinas en purines y estudio de su eliminación en procesos de fangos activados. Universidad de Leon. España. REDISA.
- Moullan, Norman; Mouchiround, Laurent; Wang, Xu; Ryu, Dongryeol; Williams, Evan G.; Mottis, Adrienne; Jovaisaite, Virginija; Frochaux, Michael V.; Quiros, Pedro M.; Deplancke, Bart; Houtkooper, Riekelt, Auwerx, Johan. (2015). Tetracyclines disturb mitochondrial function across eukaryotic models: a call for caution in biomedical research. Elsevier.
- Nardy Ribeiro, Araceli Verónica; Joselito; Godoi Pereira, Madson; Miurim Dalfior, Bruna; Dos Santos, Geliane; De cruz Cosmo, Priscilla; Vaughan Jennings, Marcus. (2012). El uso del bagazo de la caña de azúcar para la eliminación de tetraciclinas presentes en medios acuáticos. XXVI congreso peruano de química. Lima, Perú: pag.123.
- Pomati F., Netting AG., Calamari D., & Neilan BA. (2004). Effects of erythromycin, tetracycline and ibuprofen on the growth of *Synechocystis* sp. and *Lemna minor*. *Aquatic Toxicology*; 67:387-96.
- Rodríguez Chala, Hilda y Solar Carballo, Odalys. (2007). Uso indiscriminado de tetraciclinas en afecciones bucales de origen odontógenas. *Rev Cubana Estomatol* [online]. vol.44, n.1, pp. 0-0. ISSN 1561-297X.
- Rosen, G. D. (1995). Antibacterials in poultry and pig nutrition. *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*, 172.

Sarmah, AK., Meyer MT., Bozall AB. (2006). A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. Elsevier, 725-727.

SENASICA (2004). Manual de Buenas Prácticas de producción en granjas porcícolas. Hermosillo, Sonora.

Schwartz T., Kohnen W., Jansen B. & Obst U. (2003). Detection of antibiotic-resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water, and drinking water biofilms. FEMS microbiology Ecology. 43: 325-335.

Tamargo Menéndez, Juan. (2007). Antibióticos de uso veterinario y su relación con la seguridad alimentaria y salud pública. Instituto de España-Real academia de ciencias veterinarias, 11-20.

USEPA (2001). Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations. EPA-821-R-01-003. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Office of Water. Washington D.C.

Zambrano, A. M. (2010). Efecto de la utilización de diferentes niveles de prebiótico en la dieta alimenticia de cerdos durante la fase de crecimiento y acabado. Escuela de ingeniería zootécnica. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Capítulo II. Evaluación de la contaminación marina por metales pesados en la Bahía de Lobos, Sonora

José de Jesús Balderas Cortés, María Mercedes Meza Montenegro, José Luis Antonio Solórzano Meza, Iram Mondaca Fernández y Rafael Ignacio Agramón Ayón
Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. jose.balderas@itson.edu.mx

Resumen

Los elementos tóxicos que llegan a la zona costa suelen permanecer suspendidos en la columna de agua o se depositan en el fondo, adhiriéndose a los sedimentos donde son ingeridos por la fauna acuática. El presente estudio tiene como objetivo, determinar la concentración de plomo en sedimento, estructura ósea de peces (*Chelon labrosus*) y tejido de moluscos (*Dosinia ponderosa*) procedentes de Bahía de Lobos, Sonora. El diseño experimental fue de tipo transversal, incluyendo a 7 puntos de muestreo para las matrices en estudio. Se obtuvieron los niveles de Plomo total según la Norma Mexicana NOM-242-SSA1-2009. Se colectaron 7 muestras de sedimento y 8 para peces y moluscos. Las muestras se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica. Se obtuvieron concentraciones mínimas en sedimento de 7 $\mu\text{g/g}$ y máximas de 60 $\mu\text{g/g}$. En *Dosinia ponderosa* los valores mínimos fueron de 131 $\mu\text{g/g}$ y máximas 180 $\mu\text{g/g}$; y en *Chelon labrosus* de 105 $\mu\text{g/g}$ y 184 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Acorde a la normatividad mexicana, se detectó que *Dosinia ponderosa* rebasó el límite permitido para consumo humano hasta 180 veces el cual es de 1 $\mu\text{g/g}$; y para *Chelon labrosus* fue superior hasta 368 unidades por encima de esta. Por lo tanto se concluye que los sedimentos de Bahía de Lobos están contaminados por Plomo, impactando directamente en la bioacumulación de especies de interés comercial como las estudiadas, no siendo aptas para su consumo.

Introducción

La toxicidad derivada de la contaminación agrícola en el sur del estado de Sonora tiene diferentes efectos sobre los organismos acuáticos que son la base de la alimentación de los grupos indígenas rivereños, especialmente, peces y moluscos. Para su evaluación se deberá utilizar cada vez más la estandarización de técnicas analíticas que permitan desarrollar metodologías de medición confiables y viables. Estas se consideran como un complemento a la caracterización de las matrices biológicas y para ello se hace necesario el estudio de especies marinas de interés alimenticio y comercial. Los resultados obtenidos de la aplicación de los estudios de toxicidad han demostrado que pueden ser usados para identificar áreas de mayor o menor riesgo por contaminación, también pueden ayudar a la selección de sitios de pesca para especies acuáticas de alto valor comercial y nutricional, como peces y moluscos, que son utilizados en programas de

monitoreo ambiental evaluando la calidad del agua y los sedimentos, así como los efluentes residuales que vierten en drenes agrícolas y zonas costeras; también se han utilizado para determinar la relación entre efectos tóxicos y biodisponibilidad, para investigar interacciones entre contaminantes, determinar distribución espacial y temporal de la contaminación y clasificar áreas para limpieza, entre las aplicaciones más estudiadas (Ingersoll, 1995; Chapman, 2007).

Numerosas investigaciones han abordado el impacto de la concentración de plomo en ambientes naturales, existiendo unanimidad entre la comunidad científica respecto su carácter tóxico para los seres vivos. Dichos metales afectan a las cadenas alimenticias, provocando un efecto de bioacumulación entre los organismos de la cadena trófica.

Una variedad de especies están expuestas a los contaminantes en los sedimentos, directamente o indirectamente. Una de las formas de exposición son aquellos organismos que ingieren detrito particulado como alimento, o, mientras buscan alimento.

Los análisis químicos se recomiendan como una parte esencial de cualquier evaluación de la toxicidad ambiental o biológica. Sin embargo, estos tienen algunas limitaciones importantes cuando se emplean solos para evaluar el potencial de toxicidad (Chapman, 1983). Existen capacidades analíticas confiables en la detección y cuantificación en la mayoría de las sustancias químicas orgánicas en agua marina, más no en tejido de organismos acuáticos, y para algunas sustancias existen métodos que son muy costosos para la aplicación rutinaria. Nuestra comprensión limitada de la disponibilidad de los contaminantes procedentes de los drenes agrícolas también afecta la interpretación de los análisis químicos.

En la zona costera del sur del Estado de Sonora, donde los grupos indígenas hacen uso del recurso marino con fines alimenticios y para consumo regional se hace necesario plantear la siguiente problemática: ¿Cuál es la concentración de plomo en especies comestibles marinas (peces y moluscos) de una comunidad costera indígena y sus posibles efectos sobre la salud?.

Los efectos del plomo como contaminante necesitan ser estudiados a detalle, al igual que su influencia de transferencia de la cadena alimentaria y otras incertidumbres inherentes en la

aplicación del concepto a los ecosistemas marinos (Bierman, 1990). Se requiere de la estandarización de métodos y técnicas confiables y viables que permitan una caracterización rápida y efectiva del plomo en los ambientes contaminados costeros, así como de los organismos que lo habitan. De esta manera se puede tener una evaluación inmediata ante fenómenos que incide como factor de riesgo en el hábitat natural de especies de interés comercial y alimentaria, o de las comunidades indígenas rivereñas que se nutren de ellas.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la concentración por plomo en alimentos marinos comestibles en la zona costera del sur del estado de Sonora y su impacto en la salud de comunidades indígenas yaquis asociada a los altos niveles de contaminación.

Fundamentación teórica

En la actualidad se estima en más de un millón de sustancias diferentes las que son introducidas en las aguas naturales a través de los vertidos antropogénicos. Muchas de ellas no son consideradas tóxicas, si bien pueden alterar las características organolépticas del agua, perturbar severamente el ecosistema y/o ser directamente nocivas para el hombre (Macías, 2015).

Los metales pesados constituyen un grupo bien definido de elementos químicos inorgánicos, por su ciclo de vida, alta toxicidad y capacidad de acumulación en los tejidos de plantas y animales, pueden causar graves daños a los ecosistemas, provocando alteraciones genéticas en plantas y animales, entre los que se incluyen los microorganismos y el ser humano (Cruz *et al.*, 2013).

Los ecosistemas lagunares se caracterizan por una compleja estructura ecológica, debido a su gran variedad de hábitats, su alta diversidad biológica e importante productividad. Esta productividad se debe a los subsidios que reciben las lagunas a través de las descargas fluviales, drenes agrícolas, los intercambios provocados por las mareas, así como también de las áreas de vegetación costera circundante y sumergida que determinan la magnitud de la producción secundaria (Soberón *et al.*, 1986).

Las actividades humanas, tanto industriales como urbanas, así como las prácticas agrícolas, pueden incrementar la carga de metales pesados en los ecosistemas acuáticos o alterar sus ciclos naturales al producir concentraciones elevadas en algún compartimento particular (Tulonen *et al.*, 2006).

El ambiente estuarino es un medio que marca la transición entre mar y tierra, es importante como hábitat de una gran variedad de fauna comestible, como refugio y sitio de anidación de aves residentes, albergan a especies amenazadas y en peligro de extinción, proporcionan las condiciones para el desarrollo de estadios juveniles de diversas especies marinas comerciales, permiten la formación de suelos y con ello la sucesión natural, además de tener un papel preponderante en las actividades socioeconómicas de los habitantes de la región (Tovilla, 1998).

Además desempeñan un papel importante como fitorremediadores de contaminantes presentes en el agua. A pesar de su importancia, estos ecosistemas enfrentan alteraciones severas, como la contaminación por descarga de aguas agrícolas y la sobreexplotación de productos derivados de dichos ecosistemas, que afectan su estructura, funcionamiento y existencia. Uno de los principales factores de este deterioro es el uso no sostenible de los recursos naturales que provoca la pérdida de hábitat, la sobreexplotación y el incremento de enfermedades de salud pública entre los habitantes de la región, así como fenómenos globales de contaminación y cambio climático (Quarto, 1999; Epstein, 1999). Los ecosistemas en general que conforman la zona costera han sido severamente afectados por los problemas de la contaminación

El peligro de la concentración de plomo en peces y moluscos, depende de su acumulación en el medio y de su combinación con compuestos orgánicos presentes en los sedimentos costeros y su ingreso a las cadenas alimentarias, donde pueden ocurrir procesos de bioconcentración y biomagnificación. Otros factores como el pH, la concentración de microorganismos y la cantidad o tipo de aguas residuales también pueden afectar en menor grado la toxicidad (Albek *et al.*, 1997).

Numerosos estudios han documentado el efecto del plomo en peces y moluscos, existiendo unanimidad entre la comunidad científica respecto al carácter tóxico para los seres vivos. Dicho metal afectan a las cadenas alimenticias, provocando bioacumulación entre los organismos de la cadena trófica. Los ríos constituyen el principal medio de transporte de constituyentes químicos hacia el medio marino (Zhang *et al.*, 1992). Una vez que este elemento se encuentra en el mar, no puede ser recuperados en su totalidad, convirtiéndose en una sustancias tóxicas para la biota marina.

El plomo llegan al mar proveniente de fuentes de desechos municipales, agrícolas o industriales, puede permanecer suspendidos en la columna de agua, ser incorporado por la fauna acuática o depositarse en el fondo incorporándose a los sedimentos marinos (Torres *et al.*, 2006).

El monitoreo biológico y ambiental en poblaciones susceptibles es un método muy valioso para la identificación de contaminantes críticos, como ha sido mostrado en los Estados Unidos con el National Health and Nutritional Examination Survey (Trejo *et al.*, 2009).

Se ha documentado que la concentración de Plomo no desempeña ninguna función biológica en los seres vivos y puede resultar altamente tóxicos (Ortiz *et al.*, 2007). Este metal a su vez, produce daño renal y anemia (Järup, 2003). Una vez suspendido, se deposita en sedimentos marinos y se incorpora a la cadena trófica. Dado lo anterior, es importante su monitoreo y efecto en la alimentación de grupos indígenas Yaquis.

Desde un punto de vista socioeconómico, en el área costera del sur de estado de Sonora se localizan comunidades indígenas yaquis con características socioeconómicas similares: escasos recursos económicos, viviendas de baja calidad, escuelas de educación primaria elemental y poca infraestructura. Además de la agricultura, la principal actividad económica es la pesquería riverense, inexistencia de suministro de agua potable, y explotación inadecuada de los recursos naturales.

Metodología

El presente trabajo se llevó a cabo en Bahía de Lobos la cual se localiza en el Municipio de San Ignacio Rio Muerto del Estado de Sonora, México. Sus coordenadas geográficas son Longitud: 27° 21' 0.6'', Latitud: 110° 27' 17'' (Figura 1).



Figura 1. Localización satelital de la zona de muestreo, Bahía de Lobos, Sonora.

La toma de las muestras y análisis de sedimento, peces y moluscos se realizó con base en la NMX-AA- 132-SCFI, 2006 y la NOM-242-SSA1-2009.

Para el análisis de sedimentos, peces (*Chelon labrosus*) y moluscos (*Dosinia ponderosa*) se pesó 1 g de muestra de cada matriz, en una balanza analítica marca Sartorius modelo TE64. La muestra fue transferida a un vaso de precipitado cristal de 250 mL y se le adicionó 20 mL de ácido nítrico al 70 % (J.T. Baker) para la obtención de metales traza. Posteriormente se colocó el vaso en una parrilla de calentamiento (Thermo Scientific, modelo 2200). El proceso de digestión duró hasta obtener un color amarillo ámbar. Posteriormente se filtró con papel Whatman No. 42 en un embudo de vidrio y recolectando el eluato en un matraz de vidrio de 100 mL. Finalmente la muestra se aforó y se cuantificó en un espectrofotómetro de absorción atómica (Agilent Technologies modelo 200 series AA) (Figura 2).



Figura 2. Espectrofotómetro de absorción atómica Agilent Technologies 200 series AA.

Linealidad

Para la lectura de plomo se preparó una solución de trabajo de 100 mg/L a partir de una solución madre de 1000 mg/L marca Merck. De la solución de trabajo se generaron 5 puntos de la curva de calibración a 0.5 mg/L, 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L y 5mg/L, siguiendo el criterio de la metodología 3111a (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012)

Precisión y exactitud

El parámetro de precisión se evaluó obteniendo los porcentajes de recobro y los coeficientes de variación obtenidos a partir de un sextuplicado de una muestra blanco fortificada con una concentración conocida de plomo a 3 mg/L, con base en el método 3111a (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

Resultados y discusión

Linealidad

La linealidad del sistema fue adecuada para realizar la lectura de plomo donde la respuesta arrojada por el equipo es proporcional a la concentración del análito, con un coeficiente de determinación de 0.9995 (Figura 3).

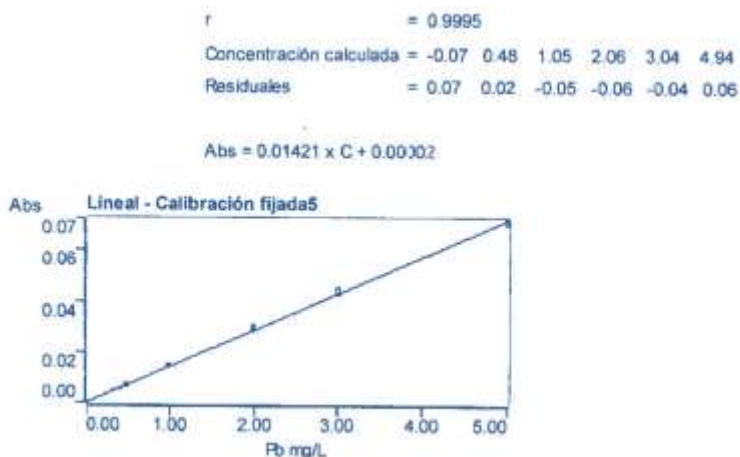


Figura 3. Curva de plomo.

Presición y exactitud

Los porcentajes de recobro de plomo fueron de 82 % con un coeficiente de variación de 5.45. Con los resultados obtenidos se concluye que la precisión y exactitud del método presenta un adecuado nivel de confianza para el análisis de residuos de plomo en sedimento marino, peces y moluscos, debido a que cumplieron las especificaciones de calidad establecidas por la metodología 3111a, (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de calidad.

Plomo	% Recuperación	C.V. ≤ 10	R ²
	82	5.45	0.9995

La concentración mínima de Plomo para sedimento fue de 7 µg/g y la máxima de 60 µg/g comparando los resultados con los obtenidos por Garcia *et al.* (2004), en Guaymas de 46.55 µg/g y tomando en cuenta a Garbarino *et al.* (1995) que clasificaron a los sedimentos de acuerdo con su contenido de metales en: no contaminados (Pb < 40 µg/g), moderadamente contaminados (Pb 40-60 µg/g) y muy contaminados (Pb > 60 µg/g), las muestras obtenidas en Bahía de Lobos se consideran en el rango de muy contaminada (Tabla 2).

Las concentraciones de Plomo para *Dosinia ponderosa* están dentro de un rango de 131 - 180 µg/g, las cuales fueron superiores a las comparadas con las de Pérez *et al.* (2002) 8 µg/g en

tejidos blandos de *Cerastoderma edule*, 74 $\mu\text{g/g}$ en *Mytilus edulis*, y 81.80 en *Venerupis decusata*. La NOM-242-SSA1-2009 establece como límite máximo permisible 1 $\mu\text{g/g}$ de Plomo para consumo humano, siendo rebasado hasta 180 veces (Tabla 2).

El rango de concentración de Plomo para *Chelon labrosus* osciló entre 105 y 184 $\mu\text{g/g}$, siendo superiores a lo reportado por Salazar (2009) de 88 $\mu\text{g/g}$ en *Caquetaia kraussii* en Río Guasare, Venezuela. Los niveles cuantificados para Bahía de Lobos, Sonora, fueron muy superiores para esta especie. La NOM-242-SSA1-2009 establece como límite máximo permisible 0.5 $\mu\text{g/g}$ de Plomo para consumo humano, siendo rebasado hasta 368 veces (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de plomo en sedimento, pez y molusco.

Sedimento	Pb ($\mu\text{g/g}$)	
	Moluscos (<i>Dosinia ponderosa</i>)	Peces (<i>Caquetia kraussii</i>)
60	153	126
23	165	165
23	131	131
7	180	180
16	–	–
19	–	–
32	–	–

Conclusiones

Las concentraciones de Plomo (60 $\mu\text{g/g}$) en sedimentos marinos de la Bahía de Lobos entran en la clasificación de muy contaminada, asociándose directamente con las concentraciones de 180 $\mu\text{g/g}$ en molusco y 184 $\mu\text{g/g}$ en peces. Estos valores rebasan los límites permisibles en la normatividad mexicana para consumo humano. Cabe resaltar que estas especies son consumidas en las comunidades indígenas ribereñas como parte de su dieta y comercializadas en ciudades aledañas.

Referencias

- Albek ML, Yetis U, Gökçay CF (1997) Effects of Ni on respirometric oxygen uptake. Appl. Microbiol. Biotechnol. 48: 636-641.
- Bierman, V.J. (1990). Equilibrium partitioning and biomagnification of organic chemicals in benthic animals. Environ. Sci. Technol. 24, 1407-1412.

- Chapman, P.M. y Long, E.R. (1983). The use of bioassays as part of a comprehensive approach to marine pollution assessment. *Mar. Pollut. Bull.* 14, 82-84.
- Chapman, P.M. (2007). Determining when contamination is pollution weight of evidence determinations for sediments and effluents. *Environmental International* 33: 492-501.
- De la Cruz, N., Alderete, A., Laffón, S. (2013). Acumulación de metales pesados en sedimentos del ecosistema manglar en Laguna de Términos, Campeche, México. *Foresta Veracruzana* 15(1):25-30. 2013.
- Epstein, P., (1999). Climate and health. *Science* 285, 347-348.
- Garbarino, J. R., Hayes, H. C., Roth, D. A., Antweiler, R. C., Brinton, T. I. y Taylor, H. E. (1995). Heavy metals in the Mississippi River. En: *Contaminants in the Mississippi River, 1987-92*. U.S. Geological Survey Circular 1133 (R.H. Meade, Ed.). Reston, Virginia.
- García, L., Soto, M. S., Jara, M. E. y Gómez, A. (2004). Fracciones Geoquímicas de Cd, Cu y Pb en sedimentos costeros superficiales de zonas ostrícolas del estado de Sonora, México. *Revista internacional de contaminantes ambientales*. 20(4), 159-167.
- Ingersoll, C. G. (1995). Sediment toxicity test. In: Rand GM, editor. *Fundamentals of aquatic toxicology*. 2nd Ed. Washington DC: Taylor & Francis. Pp. 231-255.
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin* 2003; 68:167-182.
- Macias, P. (2015). Determinación de metales pesados (Pb, Cd y Cr). En agua y sedimento de la zona estuarina del Río Tuxpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. México.
- NMX-AA-132-SCFI (2006). Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra.
- NOM-242-SSA1 (2009). Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.
- Ortiz, B. I.; Sanz, J. G.; Dorado, M. V.; Villar, S. F. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Informe de Vigilancia Tecnológica. Universidad de Alcalá. Dirección General de Universidades e Investigación. España.
- Pérez, M. N., Novoa, M. C., Alonso, J., García, M.A. y Melgar, M. J. (2003). Niveles de plomo y cadmio en agua marina y lapas (*Patella vulgata* L.) de la Ría de Vigo. *Revista de toxicología*, 20 (1), 19-22.
- Quarto A. (1999). The mangrove forest. *Mangrove Forest Ecology*. Working paper, Mangrove Action Project, USA. 1-12.

- Salazar, R. (2009). Estado de conocimiento de las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en organismo acuáticos de Venezuela. *Revista electrónica de veterinaria*, 10(11), 1-15.
- Soberón, C., Yáñez, A., Sánchez, G., Day, J., Deegan, L. (1986). Relationships between physical/biological characteristics and fishery recruitment in tropical coastal ecosystems. 53- 72. In Yáñez, A., y Pauly, D., (eds.). *Recruitment processes in tropical coastal demersal communities*. 44, 1-323.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012). Amer Water Works Assn. 22 Edition. EUA.
- Torres, M., Sosa, Z. y Santana, J. (2006) Optimisation of solid-phase microextraction coupled to HPLC-UV for the determination of organochlorine pesticides and their metabolites in environmental liquid samples. *Anal Bioanal Chem*. 386. Pp. 332-340.
- Tovilla, C. (1998). *Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México.
- Trejo-Acevedo, A., Díaz-Barriga, F., Carrizales, L., Domínguez, G., Costilla, R., Ize-Lema, I., Yarto-Ramírez, M., Gavilán-García, A., Mejía-Saavedra, J., Pérez-Maldonado, I. (2009). Exposure assessment of persistent organic pollutants and metals in Mexican children. *Chemosphere* 74:974-980.
- Tulonen, T., Pihlström, L., Arvola, M. (2006). Concentrations of heavy metals in food web components of small, boreal lakes. *Boreal. Env. Res.*, 11:185-194.
- Zhang, W., Huang, S., Lin, M., Liu, Q., Yu, L. y H. Wang. (1992). Transport of particulate heavy metal towards the China Sea: A Preliminary study an comparison. *Mar. Chem.*, 40: 61-178.

Capítulo III. Potencial antimicrobiano de los productos de la reacción de Maillard frente a *Listeria monocytogenes*

Roberto Rodríguez Ramírez, Jaime López Cervantes, Olga Nydia Campas Baypoli, Dalia Isabel Sánchez Machado y Juan Bautista Flores Quezada
Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. roberto.rodriguez@itson.edu.mx

Resumen

La reacción de Maillard (RM) es una reacción de pardeamiento no enzimático que tiene lugar durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos. Durante la RM se producen una serie de compuestos denominados productos de la reacción de Maillard (PRM). Dichos compuestos se consideran responsables de algunas características organolépticas tales como color, sabor y aroma. Los PRM están recibiendo un gran interés debido a su potencial como alimentos funcionales. Nuestro grupo de trabajo ha desarrollado una línea de investigación en cuanto al estudio de sistemas modelos para la formación de PRM y evaluar sus propiedades funcionales destacando las actividades antioxidante y quelante. Sin embargo, no se han estudiado algunas otras propiedades bioactivas que coadyuven a la salud. El objetivo del presente trabajo es evaluar la actividad antimicrobiana de los PRM sobre *Listeria monocytogenes*. Para lograr lo anterior se evaluó la capacidad antimicrobiana de los sistemas modelo 0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125 y 0.00625 M de cisteína-glucosa, calentados a 100 °C durante 30 min frente *Listeria monocytogenes* ATCC ® 15313 mediante la colección de absorbancia (600 nm) durante su cinética de crecimiento. Los resultados mostraron que el sistema 0.2 M cisteína-glucosa presentó un pico máximo de 82.17 % de inhibición sobre *Listeria monocytogenes* mientras que el resto de los sistemas modelo presentaron menor inhibición. Lo anterior evidencia que los PRM tienen capacidad de inhibir o mitigar el crecimiento de *Listeria monocytogenes*. Por lo que dichos PRM desarrollados podrían tener potencial para ser utilizados en la industria alimentaria mediante su aplicación.

Palabras clave: antimicrobiana, propiedades funcionales, reacciones de Maillard.

Introducción

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son de larga duración y generalmente evolucionan lentamente. Éstas afectan a todos los tipos de grupos de edad; aunque suelen ser asociadas a los grupos de edad avanzada. Los cuatro tipos de ECNT son las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes. En este sentido, la población ha adquirido, gradualmente, una conciencia sobre la salud y se han incrementado las expectativas de que una dieta determinada los haga más saludables frente a

varias de las enfermedades en cita. Debido a lo descrito anteriormente los investigadores, los profesionales de la salud y la industria alimentaria están trabajando en la manera de identificar aquellos alimentos y sus componentes que aportan beneficios a la salud y el modo de aumentar esos componentes en los alimentos (Wall-Medrano & López-Díaz, 2014).

En la década de los 80's se acuñó el término de alimentos funcionales; sin embargo, fue apenas hace unos años, que se ha establecido una definición proficiente para estos: Alimento natural o procesado que contiene compuestos conocidos como biológicamente activos, que cuando se ingiere en determinadas cantidades (cuantitativas y cualitativas) eficaces y no tóxicas proporciona un beneficio para la salud clínicamente probada y documentada, lo que representa un recurso importante en la prevención, manejo y tratamiento de ECNT de la era moderna (Martirosyan & Singh, 2015).

Por otro lado, la reacción de Maillard (RM) es una reacción de pardeamiento no enzimático que tiene lugar entre el grupo amino de un aminoácido, péptido o proteína y el grupo carbonilo de un azúcar reductor, tal como glucosa o fructosa (Ren *et al.*, 2015). Dado que estos compuestos están presentes en la mayoría de los alimentos, la reacción de Maillard es de gran importancia para la industria alimentaria (Echavarría *et al.*, 2012). Esta reacción es responsable de la formación de ciertos sabores, colores y aromas durante los procesos tradicionales e industriales de algunos alimentos, tales como la cocción de pan, de carne, el tostado de los granos de café, cacao y cereales, entre otros (Karangwa *et al.*, 2015).

Durante el transcurso de la reacción de Maillard se produce una amplia gama de compuestos intermedios, a los cuales se hace referencia colectivamente como productos de la reacción de Maillard (PRM), predecesores de los compuestos poliméricos de alto peso molecular conocidos como melanoidinas (Ren *et al.*, 2015). La importancia de los PRM se debe a que estos compuestos podrían deteriorar o mejorar la calidad global de los productos alimenticios (Echavarría *et al.*, 2012).

Los productos de la reacción de Maillard han sido estudiados mediante sistemas modelo y alimentos reales. Se les atribuyen diversas propiedades funcionales, como actividad antioxidante

(Kim & Lee, 2010), capacidad quelante (Limsuwanmanee *et al.*, 2014), potencial antimutagénico (Reichhold *et al.*, 2007), actividad antimicrobiana (Rufián-Henares & P. de la Cueva, 2009), entre otras. Últimamente, los productos de la reacción de Maillard también se han asociado con la formación de compuestos potencialmente cancerígenos, como la acrilamida y otros compuestos tóxicos (Yuan *et al.*, 2008).

De ahí que el estudio y la selección de condiciones apropiadas de la reacción de Maillard sean benéficos en aras de las características descritas anteriormente. De modo que los esfuerzos deben enfocarse en la búsqueda de determinados PRM con propiedades funcionales selectivas; es decir, por un lado, que presenten un rol antagonista frente a agentes biológicos patógenos, y por el otro que desenvuelvan un papel agonista contribuyendo con habilidades bioactivas que coadyuven a la salud.

Fundamentación teórica

El estudio de la actividad antimicrobiana de los PRM se ha evaluado ampliamente como el efecto de los PRM sobre el crecimiento microbiano; tan es así, que se ha encontrado que los PRM pueden estimular o inhibir el crecimiento de algunos patógenos. En este sentido, Einarsson *et al.*, (1983), reportaron que los PRM tienen una actividad bacteriostática en función de la concentración y peso molecular de los mismos, el pH del medio de cultivo, y de la temperatura. Además, estos autores infieren que las melanoidinas con un peso molecular superior a 1000 Da ejercen mayor inhibición que aquellas con bajo peso molecular.

Otros estudios encontraron que la acción antimicrobiana de los PRM depende de la reducción de la solubilidad de hierro, en el caso de cepas bacterianas que son capaces de producir sideróforos para la adquisición del metal. Los PRM quelan el complejo sideróforo-Fe³⁺, lo que podría disminuir la virulencia de bacterias patógenas (Rufián-Henares & Morales, 2009).

Lo anterior parece indicar que la actividad antimicrobiana de los PRM podría estar relacionada con su potencial quelante debido a su capacidad para secuestrar algunos cationes tales como Fe, Zn, y Cu. Estos metales son esenciales para el crecimiento y la supervivencia de patógenos como bacterias. Además, resultados anteriores han demostrado que el comportamiento

aniónico de los PRM permite la desestabilización de la membrana de *Escherichia coli* mediante la quelación de Mg^{2+} . Por ende, la capacidad quelante de los PRM podría contribuir a la actividad antimicrobiana en los alimentos e *in vivo* (Rufián-Henares & P. de la Cueva, 2009; Ruíz, 2009).

Metodología

Químicos. Los reactivos utilizados fueron de grado analítico de los cuales D-(+)-Glucosa y L-Cisteína se adquirieron de Sigma-Aldrich (St. Louis, MO); el agua fue grado desionizada, el medio Bacto Tryptic Soy Broth se obtuvo de BD.

Preparación de la Reacción de Maillard. Para obtener los productos de la reacción de Maillard (PRM) se prepararon sistemas modelos siguiendo la metodología de Jeong *et al.* (2010), con algunas modificaciones. Ésta consistió en preparar por triplicado soluciones equimolares acuosas 0.8 M de cisteína, las cuales fueron mezcladas en viales de 10 mL con soluciones de glucosa 0.8 M en relaciones equimolares para obtener concentraciones finales de 0.4 M, posteriormente los sistemas modelos fueron calentados en horno a la temperatura de 100 °C por 30 minutos. Una vez obtenido el tiempo para el tratamiento térmico se procedió a aminorar la reacción de Maillard mediante inmersión de los viales en agua con hielo. Una vez atemperada la reacción se procedió a diluir el sistema modelo con agua desionizada hasta obtener un rango de concentraciones de 0.2, 0.1, 0.05, 0.025 y 0.0125 M. Finalmente se filtró cada muestra a través de un filtro de 0.22 μ m de marca Millipore mediante jeringas de plástico de 5 mL.

Determinación de la actividad antimicrobiana de los PRM. Se determinó la capacidad antimicrobiana de los PRM sobre *Listeria monocytogenes* ATCC 15313 mediante sistemas modelos cisteína-glucosa de acuerdo a la metodología de Rufián-Henares & P. de la Cueva, (2009), con algunas modificaciones.

Primeramente, se preparó un cultivo “*overnight*” (3 mL). El cultivo se diluyó en relación 1:100 con caldo Bacto Tryptic Soy Broth fresco y se incubó a 37°C hasta alcanzar la fase de crecimiento exponencial. Por lo cual, se ajustó su densidad óptica (600 nm) mediante un espectrofotómetro de microplaca Multiskan GO UV/Vis Thermo Scientific, añadiendo caldo de

cultivo estéril hasta que se obtuvo una turbidez en un rango de absorbancia de 0.150-0.250 (1×10^8 UFC/mL).

Para la determinación del potencial antimicrobiano, se mezclaron (en micro pozo) 140 μ L de caldo de cultivo estéril, 10 μ L de inóculo del cultivo bacteriano anterior (1×10^8 UFC/mL) y 150 μ L de muestras de PRM (0.4, 0.2, 0.1, 0.05, 0.025 y 0.0125 M) en una microplaca de 96 pocillos NUNC por triplicado; cabe mencionar, que las concentraciones finales ensayadas fueron 0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125 y 0.00625 M. Los controles positivo y negativo utilizados para la cinética almacenaron un volumen de 150 μ L y 10 μ L de agua desionizada en lugar de PRM e inóculo bacteriano respectivamente. Asimismo, se evaluaron los efectos de cisteína y glucosa (0.2, 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125 y 0.00625 M) en lugar de PRM. La turbidez se registró a una longitud de onda de 600 nm y se tomó cada 15 min durante 16 horas; asimismo, el lector de microplaca aplicó agitación de fondo e incubación a 37°C durante todo el transcurso de lecturas. La actividad antimicrobiana de los PRM se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{Abs_o - Abs_s}{Abs_o} \times 100$$

Donde Abs_o es el límite de absorción o punto de crecimiento para el sistema modelo de comparación y Abs_s la absorbancia de cada muestra.

Resultados y discusión

Los resultados encontrados indican que el sistema modelo 0.2 M cisteína-glucosa fue el que presentó mayor mitigación del crecimiento microbiano con un 82.17 % de inhibición, mientras que el resto de los sistemas modelos oscilaron entre el 14 y 72 %. En las figuras 1-4, aparecen representadas las curvas de crecimiento estimadas para las diferentes concentraciones de los PRM en los sistemas modelos cisteína-glucosa. En el caso de la figura 1, se muestra la influencia del control (+), donde se empleó agua en lugar de los PRM, aquí la fase exponencial se alcanzó en menor tiempo y la pendiente de dicha fase es muy pronunciada, lo que indica que *Listeria monocytogenes* se está replicando rápidamente. En el caso donde se añadió PRM 0.2 M, el crecimiento de la bacteria es más lento pese a que el medio proporcionó los nutrientes necesarios para su desarrollo, lo cual indica un efecto inhibitorio por parte de este sistema modelo. Asimismo, en el caso donde se aplicó cisteína 0.2 M hubo un efecto inhibitorio menor en

contraste con el efecto de PRM 0.2 M, demostrando que está glucosa transformada tiene mayor potencial antimicrobiano. Finalmente, glucosa 0.2 M no presentó un efecto inhibitorio frente a *Listeria monocytogenes*, esto probablemente debido a que este carbohidrato fungió como nutriente en lugar de un agente inhibitor. Esta tendencia se repitió gradualmente en el resto de las concentraciones ensayadas; pero, con una disminución en el efecto inhibitorio a medida que se reducían las concentraciones de los PRM.

Resultados similares fueron encontrados por Rufián-Henares & Morales, (2007), donde se evaluaron sistemas modelo lisina-glucosa, glicina-glucosa, histidina-glucosa y alanina-glucosa a partir de soluciones equimolares 0.1 M calentadas a 100°C durante 24 horas. Éstos sistemas fueron evaluados sobre *Geobacillus stearothermophilus* obteniendo resultados expresados en función de la actividad antimicrobiana de Oxitetraciclina, donde 170 µg/L del antibiótico fueron reportados como equivalentes a 1 mg/mL de los PRM del sistema modelo lisina-glucosa.

En el presente estudio se observó un descenso en el porcentaje de inhibición, lo cual indica que las concentraciones evaluadas en este estudio pierden su efecto a medida que aumenta el grado de dilución. Esta tendencia no ha sido reportada únicamente de la interacción de moléculas simples, sino también de la conjugación de polisacáridos complejos como el quitosano. En este sentido, Wang, *et al.*, (2014), investigaron la actividad antimicrobiana de PRM desarrollados a partir de películas producidas con ϵ -polilisina y quitosano contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. De acuerdo con sus resultados la película de quitosano puro no presenta ninguna actividad antimicrobiana contra *E. coli* y *S. aureus*. En cambio, para los conjugados ϵ -polilisina-quitosano, la actividad antimicrobiana se mostró en medida que aumentaba el nivel de ϵ -polilisina en sus relaciones (1:15, 1:10 y 1:5), resultados que concuerdan a los de este estudio en cuanto a la inhibición del crecimiento para los patógenos

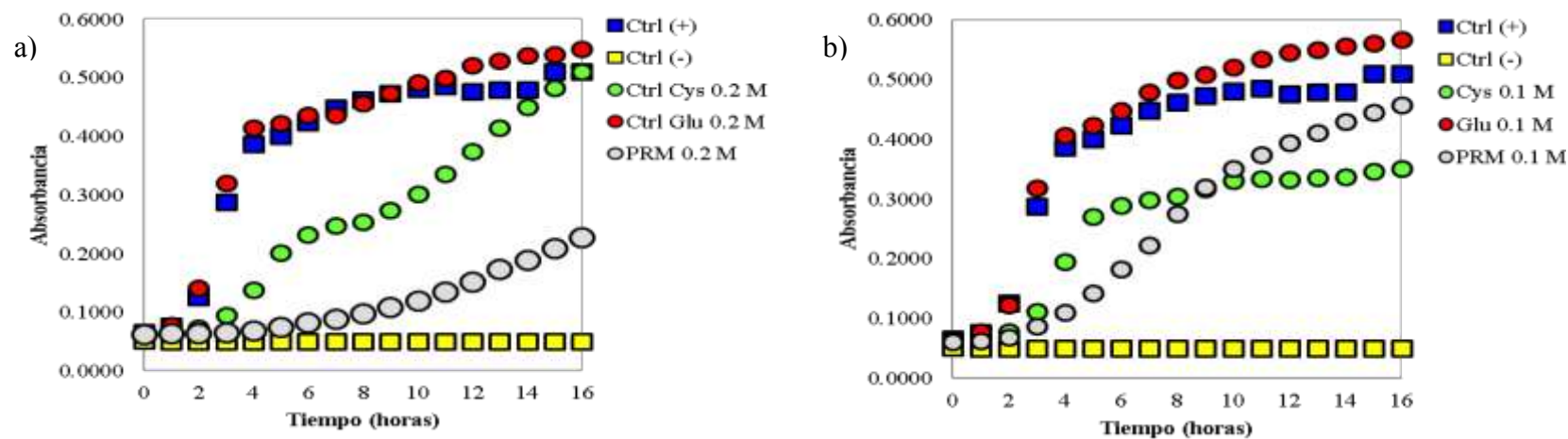


Figura 1. Inhibición del crecimiento de *Listeria monocytogenes* por efecto de diferentes concentraciones a) PRM 0.2 M y b) PRM 0.1 M
Ctrl (-): Agua en lugar de los PRM; Ctrl (+): Agua en lugar de inóculo bacteriano; Cys: Cisteína; Glu: Glucosa.

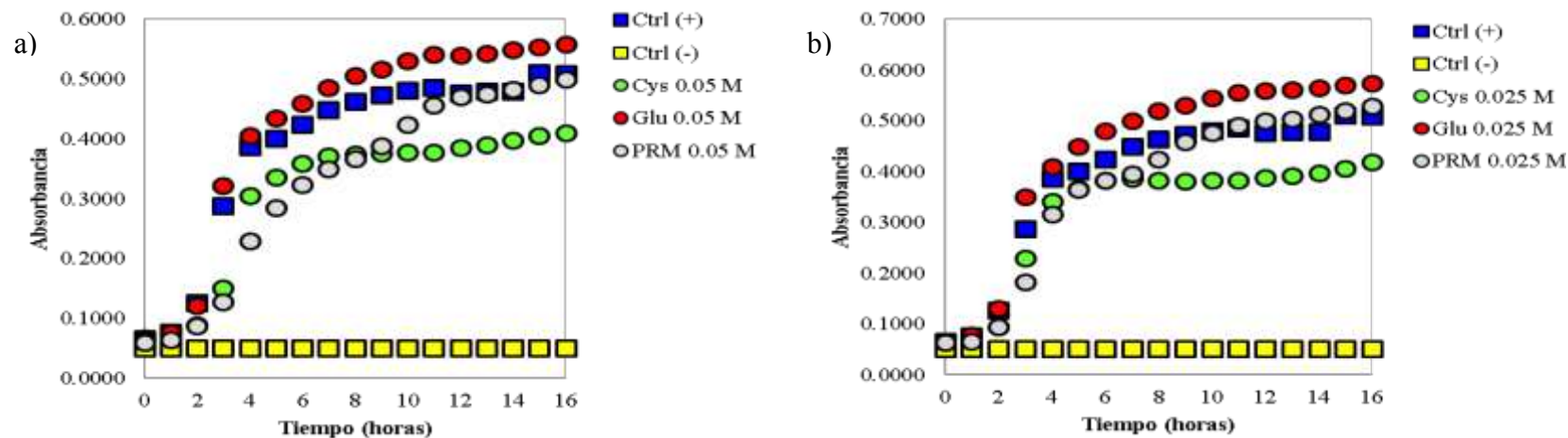


Figura 2. Inhibición del crecimiento de *Listeria monocytogenes* por efecto de diferentes concentraciones a) PRM 0.05 M y b) PRM 0.025 M; Ctrl (-): Agua sustituyendo los PRM; Ctrl (+): Agua en lugar de inóculo bacteriano; Cys: Cisteína; Glu: Glucosa.

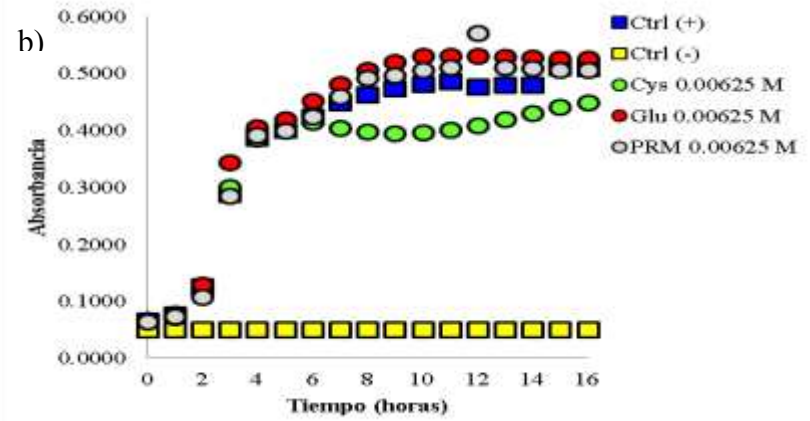
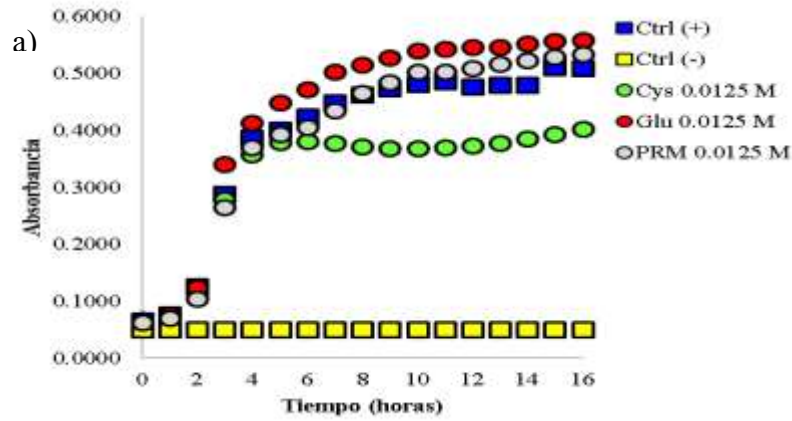


Figura 3. Inhibición del crecimiento de *Listeria monocytogenes* por efecto de diferentes concentraciones a) PRM 0.0125 M y b) PRM 0.00625 M; Ctrl (-): Agua sustituyendo los PRM; Ctrl (+): Agua en lugar de inculo bacteriano; Cys: Cisteína; Glu: Glucosa.

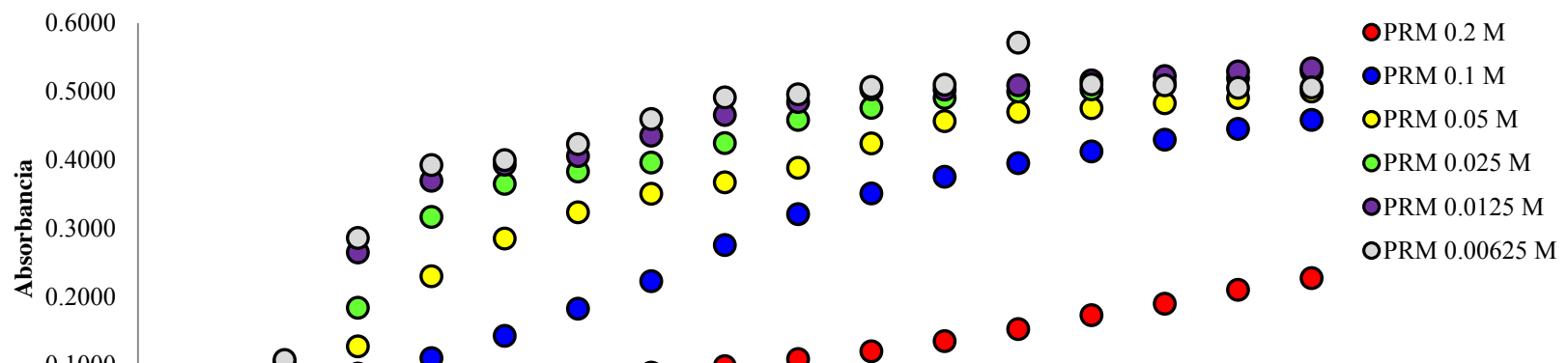


Figura 4. Inhibición del crecimiento de *Listeria monocytogenes* por efecto de diferentes concentraciones: PRM 0.2 M; PRM 0.1 M; PRM 0.05 M; PRM 0.025 M; PRM 0.0125 M; PRM 0.00625 M.

Conclusiones

Se infiere que todos los sistemas modelos cisteína-glucosa evaluados presentan actividad antimicrobiana sobre *Listeria monocytogenes*, dicho potencial puede presentar una bioactividad o efecto positivo en la salud debido a la mitigación de el patógeno; por lo anterior, los productos de la reacción de Maillard podrían utilizarse como posibles aditivos en el desarrollo de alimentos funcionales.

Referencias

- Echavarría, A.P., Pagán, J. & Ibarz, A. (2012). Melanoidins formed by Maillard reaction in food and their biological activity. *Food Engineering Reviews*, 4(4): 203–223.
- Einarsson, H., Snygg, B.G. & Eriksson, C. (1983). Inhibition of Bacterial Growth by Maillard Reaction Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31: 1043-1047.
- Jeong, H. S., Hwang, I. G., Kim, H. Y., Woo, K. S., & Lee, J. (2010). Biological activities of Maillard reaction products (MRPs) in a sugar-amino acid model system. *Food Chemistry*. 126: 221–227.
- Karangwa, E., Zhang, X., Murekatete, N., Masamba, K., Raymond, L.V., Shabbar, A., Zhang, Y., Duhoranimana, E., Muhoza, B. & Song, S. (2015). Effect of substrate type on sensory characteristics and antioxidant capacity of sunflower Maillard reaction products. *European Food Research and Technology*. 240(5), 939–960.
- Kim, J. & Lee, Y. (2010). Characteristics and antioxidant Activity of Maillard reaction products from fructose-glycine oligomer. *Food Science and Biotechnology*, 19(4): 929–940.
- Martirosyan, D.M. & Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease* 5(6): 209-223.
- Ren, G., Zhao, L., Sun, Q., Xie, Hu., Lei, Q. & Fang, W. (2015). Explore the reaction mechanism of the Maillard reaction: a density functional theory study. *Journal of Molecular Modeling*, 21(5):132.
- Reichhold, S., Koschutnig, K. & Wagner, K.H. (2007). The potential antimutagenic and antioxidant effects of Maillard reaction products used as “natural antibrowning” agents. [Abstract]. *BMC Pharmacology*. (Suppl 2):A72
- Rufián-Henares, J. & Morales, F.J. (2007). Antimicrobial activity of melanoidins. *Journal of Food Quality*. 30: 160–168.
- Rufián-Henares, J.A. & P. de la Cueva, S. (2009). Antimicrobial activity of coffee melanoidins: A study of their metal-chelating properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(2), 432–438.

- Ruíz, B. (2009). En Propiedades antioxidantes de los productos de las reacciones de Maillard y su influencia en la absorción de hierro y cobre. Relación con la capacidad quelante de metales. Granada: Editorial de la Universidad de Granada., pp 55; 177.
- Wall-Medrano, A. & López-Díaz, J.A. (2014). Alimentación saludable y funcional. En G.A. González-Aguilar Editor, A.F. González-Córdova Editor, B. Vallejo-Cordoba Editor, E.
- Wang, Y., Liu, F., Liang, C., Yuan, F. & Gao, Y. (2013). Effect of Maillard reaction products on the physical and antimicrobial properties of edible films based on ϵ -polylysine and chitosan. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(14): 2986-2991.
- Yuan, Y., Zhao, G.H., Hu, X.S., Wu, J.H., Liu, J. & Chen, F. (2008). High correlation of methylglyoxal with acrylamide formation in glucose/asparagine Maillard reaction model. *European Food Research and Technology*, 226(6), 1301-1307

Capítulo IV. Caracterización de compuestos residuales provenientes de un cultivo de *Litopenaeus vannamei*, utilizando dietas con diferentes fuentes y niveles de proteína

Juan Carlos Gil Núñez, Ramón Casillas Hernández, Rafael Apolinar Bórquez López,
Jose Israel Gonzales Bran y María Belem Flores Pérez
Dirección de Recursos Naturales
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. juan.carlos.gil@hotmail.com

Resumen

La nutrición del camarón, es de los aspectos más importante a tomar en cuenta en un cultivo, debido a que significa más del 50% del costo de gastos totales en la producción de este crustáceo, es por ello la importancia de analizar todo lo que respecta. En términos de sustentabilidad, se desconoce el efecto de diferentes fuentes y niveles de proteína sobre los desechos que se generan al momento de eliminar el agua del sistema acuícola. Los residuos podrían ser integrados en sistemas de producción vegetal disminuyendo el impacto ambiental que podría generar esta actividad acuícola. En base a esto, se formularon y elaboraron 6 dietas con el mismo contenido energético y lipídico, con 2 fuentes de proteína (animal y vegetal) con 3 niveles cada fuente de proteína (25, 35 y 45%) con el fin de conocer en ensayos posteriores tanto el efecto que tiene sobre *Litopenaeus vannamei* y los compuestos residuales que generan. El crecimiento en cada uno de los tratamientos alimentados con proteína vegetal se observó que los pesos finales obtenidos fueron 6.05, 7.02 y 7.18 gramos en los niveles 25, 35 y 45% respectivamente. Mientras que en los tratamientos alimentados con proteína animal los tratamientos con niveles de 22, 32 y 41% se reportaron pesos de finales de 5.93, 8.15 y 8.60 gramos respectivamente, en ambos casos no se mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos. Las concentraciones residuales de amonio (NH_4), nitrito (NO_2) y fosfatos (PO_4) aumentaron en los niveles de proteína en cada uno de los tratamientos.

Introducción

Durante las últimas décadas el cultivo de camarón, particularmente de *Litopenaeus vannamei*, ha ido en incremento en diversas partes del mundo y actualmente es considerada una de las actividades económicas más importantes a nivel mundial (FAO, 2010; Sánchez, 2012). En México la producción del camarón se ha visto incrementada en los últimos 20 años, especialmente en el noroeste del país en donde se encuentran el 97% de las granjas, convirtiéndose en una de las zonas productoras de camarón más importantes en Latinoamérica (Páez-Osuna *et al.*, 2003, Nogales, 2010).

La nutrición del camarón, tanto la cantidad de alimento utilizado y composición de nutrimental (especialmente el contenido de proteína) es una variable muy importante en términos de rentabilidad productiva, debido que se ha comprobado que el costo de la dieta supera el 50% del costo de producción de una empresa comercial (Jotoba *et al.*, 2014).

Actualmente, existe la necesidad de caracterizar los compuestos residuales que se obtiene de las granjas camaronícolas con el fin de disminuir el impacto ambiental que se genera a los terrenos adyacentes, ya que se conoce que la ecoeficiencia con la que se utiliza el nitrógeno y fósforo contenido en alimentos balanceados, es apenas del 20% liberando el otro 80% como residuales (López, 2014).

En México existe la necesidad de llevar a cabo algunos cambios importantes en temas de sustentabilidad, para que esta actividad primaria se siga produciendo de una manera adecuada en los sistemas de cultivos. Para esto, los sistemas de cultivos deben ser manejados de manera equilibrada en cuanto a economía y la ecología (Campaña, 2009). Para llegar al equilibrio antes mencionado, es importante tomar en cuenta el manejo adecuado del alimento balanceado y las estrategias de alimentación como posibles soluciones (Tacon, 2002).

Jotoba *et al.* (2014), realizaron una investigación elaborando 4 dietas con diferentes niveles de proteína cruda en un cultivo *Litopenaeus vannamei* con el fin evaluar y comparar el rendimiento zootécnico entre un sistema intensivo con biofloc y un sistema semi-intensivo convencional. Es con esto que el primer paso que se debe realizar para esta caracterización, es la elaboración y caracterización de dietas con diferentes fuentes y niveles de nutrientes, para conocer lo que aprovecha el camarón y lo que se genera como compuestos residuales en el sistema. El objetivo de este trabajo fue formular 6 dietas isocalóricas e isolipídicas utilizando 2 fuentes de proteínas (vegetal y animal) con distintos porcentajes de proteína (25, 35 y 45%) cada una, para posteriormente evaluarlos en un bioensayo con el fin de conocer el efecto que tiene sobre *Litopenaeus vannamei* en términos de crecimiento y la variación en la concentración de los compuestos residuales que se generan luego de su ingestión.

Metodología

Establecimiento del experimento. Se inició el 28 Marzo y se finalizó el 3 de Mayo del 2016 en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Agua ubicado en el Edificio Acuicultura del Instituto Tecnológico de Sonora, en Ciudad Obregón, Sonora. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones controladas de temperatura y oxígeno disuelto. Se evaluaron seis dietas elaboradas con diferentes fuentes proteicas, 3 dietas utilizando harina de pescado y 3 utilizando harina de soya como principal proteína.

La elaboración de dietas. Se llevó a cabo en la Planta de Alimentos perteneciente al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR). La formulación de las

seis dietas se llevó a cabo de acuerdo con los algoritmos desarrollados por Calderón (2007) donde se utilizó el programa Microsoft Excel 2003, con los cuales fue posible desarrollar dietas con el mismo contenido energético y lípidos pero con diferentes niveles de proteína: 25, 35 y 45%.

Organismos utilizados. Los organismos se obtuvieron de una granja comercial y se mantuvieron bajo condiciones controladas (temperatura 28°C, oxígeno disuelto ≥ 4 mg/L). Los camarones fueron alimentados con un alimento comercial (40% de proteína) 2 veces al día. Se realizaron recambios de agua periódicos para mantener una buena calidad del agua. Los organismos se mantuvieron en estas condiciones hasta que alcanzaron un peso de 2 gramos.

Diseño experimental y tratamientos. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento. Se utilizó un sistema de 18 peceras con capacidad de 50 litros las cuales se llenaron al 60% de su capacidad con agua marina (36 g/L de sal). Se seleccionaron 10 organismos para cada pecera. Se alimentaron con las dietas antes mencionadas, al 12% de la biomasa tres veces al día. Todas las peceras se mantuvieron bajo condiciones controladas (temperatura $28^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, oxígeno disuelto ≥ 4 mg/L, salinidad 37 g/L).

Variables evaluadas. Durante el desarrollo del experimento se llevó un registro diario de mortalidad y mudas; así como de las variables fisicoquímicas como de oxígeno disuelto, salinidad, pH y temperatura con un medidor multiparamétrico YSI 556 MPS. Se realizaron biometrías al inicio de cada semana durante el experimento para ajustar la ración de alimento y obtener la ganancia de peso en cada uno de los tratamientos. Se calculó la Tasa de crecimiento semanal como g/ semana según lo descrito por D'Abramo y Castell (1997). $TC = [(\text{Peso individual promedio final} - \text{Peso individual promedio inicial}) / \text{días de experimento}] * 7$. Se realizaron mediciones de amonio (NH_4), nitritos (NO_2) y fosfatos (PO_4) semanalmente utilizando un espectrofotómetro Merck, Spectroquant Pharo 300. Se utilizó el software estadístico SigmaPlot 12 para realizar una Anova de 2 vías y establecer las diferencias entre tratamientos en cuanto al crecimiento con un nivel de significancia de 5%.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los ingredientes y las cantidades requeridas para elaborar las dietas experimentales con los tres niveles de proteína. Se obtuvieron seis dietas con contenido isolipídico, isocalórico, con la misma proporción de los ingredientes proteicos y manteniendo el

nivel de proteína correspondiente. En el caso de las dietas formuladas con harina vegetal (soya) se obtuvieron niveles de 25, 35 y 45% de proteína mientras que para las dietas formuladas con harina animal (pescado) se obtuvieron niveles proteicos de 22, 32 y 41%. Se puede realizar una diferenciación entre los niveles de proteína ya que Calderón (2007) describe los niveles de proteína contenida en alimentos formulados como bajo (24-25%), medio (33-35%) y alto (37-41%).

Tabla 1. Ingredientes, composición proximal, energía, fósforo y nitrógeno contenidas en 6 dietas experimentales isocalóricas e isolípídicas para *L. vanammei* basadas en proteína animal y vegetal.

	DPAV (25%)	DPAV (35%)	DPAV (45%)	DPV (25%)	DPV (35%)	DPV (45%)
Ingredientes (g Kg⁻¹ de alimento)						
Harina de pescado*	207.30	290.22	373.14	26.86	37.61	48.35
Concentrado proteico de soya ¶	-----	-----	-----	241.77	338.47	435.17
Harina de soya ¶¶	207.30	290.22	373.14	161.18	225.65	290.12
Harina de trigo §	154.44	216.22	277.99	107.45	150.43	193.41
Almidón de maíz †	396.15	198.08	-----	401.53	205.60	9.68
Aceite de pescado **	21.57	75.30	42.75	31.07	28.36	25.65
Lecitina de soya ¶¶¶	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16
Minerales §§	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Vitaminas §§§	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Ácido algínico #	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Cenizas ***	41.03	20.51	-----	20.42	10.21	-----
Celulosa +	5.23	2.62	-----	12.27	6.13	-----
Antioxidante ++	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Composición proximal (g Kg⁻¹ ms, excepto humedad)						
Humedad	47.6 ± 1.6	28.5 ± 0.5	39.8 ± 0.3	46.0 ± 2.2	12.2 ± 0.8	18.8 ± 0.3
Proteína cruda	227.3 ± 1.1	321.2 ± 1.2	405.2 ± 2.5	256.7 ± 0.3	356.3 ± 0.7	444.0 ± 2.0
Extracto etéreo	58.0 ± 0.9	58.4 ± 0.5	58.6 ± 1.9	63.8 ± 1.0	66.5 ± 0.0	65.3 ± 0.6
Fibra cruda	2.3 ± 0.6	2.3 ± 0.6	7.0 ± 1.0	12.6 ± 0.6	11.7 ± 0.6	13.3 ± 0.6
Cenizas	103.8 ± 0.4	108.6 ± 0.3	115.1 ± 0.3	55.3 ± 0.4	55.9 ± 0.3	56.1 ± 0.3
ELN	608.7	509.4	414.1	611.6	509.7	421.2
Energía bruta (Kcal)	4.20 ±	4.33 ±	4.41 ±	4.48 ±	4.64 ±	4.79 ±
	0.006	0.002	0.002	0.002	0.004	0.001
Nitrógeno (g Kg ⁻¹ ms)	36.4 ± 0.2	51.4 ± 0.2	64.8 ± 0.4	41.1 ± 0.1	57.0 ± 0.1	71.1 ± 0.3

DPAV(25%): dieta con 25% de proteína basada en proteína animal y vegetal; DPAV(35%): dieta con 35% de proteína basada en proteína animal y vegetal; DPAV(45%): dieta con 45% de proteína basada en proteína animal y vegetal; DPV(25%): dieta con 25% de proteína basada en proteína vegetal; DPV(35%): dieta con 35% de proteína basada en proteína vegetal; DPV(45%): dieta con 45% de proteína basada en proteína vegetal.

* Harina de sardina (72.95% proteína cruda (PC), 6.38% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

¶ Concentrado proteico soya (CPS) (64.70% PC, 1.13% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

¶¶ Harina de soya (50.95% proteína cruda, 1.17% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

§ Harina de trigo (13.38% proteína cruda, 0.4% lípido). PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

† Almidón de maíz (0.3% proteína cruda, 0.1% lípido). Maizena, Fécula de maíz.

** Aceite de pescado. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

¶¶¶ Lecitina de soya. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

§§ Minerales. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

§§§ Vitaminas. PIASA (La Paz, Baja California Sur, México).

Ácido algínico. Sigma-Aldrich Corp. 180947A2158 (St. Louis, MO, USA).

*** Cenizas. Sigma-Aldrich Corp. 180947A2158 (St. Louis, MO, USA). D3877

+ Celulosa

++ Antioxidante

Al analizar el crecimiento en cada uno de los tratamientos se observó en los tratamiento alimentada con proteína vegetal (Figura 1) no presentaron diferencia significativas ($p < 0.05$) en pesos finales obteniendo 6.05, 7.02 y 7.18 gramos en los niveles 25, 35 y 45% respectivamente. Mientras que en los tratamientos alimentados con proteína animal (Figura 2) los tratamientos con niveles de 22, 32 y 41% se reportaron pesos de finales de 5.93, 8.15 y 8.60 gramos respectivamente, no mostrando diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos.

Es interesante observar que la diferencia en los valores medios entre las fuentes de proteína no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia se debe a la variabilidad de muestreo aleatorio tras considerar los efectos de las diferencias en los niveles de proteína (bajo, medio y alto). No hay una diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95% ($P = 0,793$). También resultó que la diferencia en los valores medios entre los diferentes niveles de proteína (bajo, medio y alto) no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia es sólo debido a la variabilidad de muestreo aleatorio tras considerar los efectos de las diferencias en los factores (proteína animal y vegetal). No hay una diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95% ($P = 0,488$). Se deduce así que, el efecto de los diferentes fuentes de proteína no depende de qué nivel está presente. No hay una interacción estadísticamente significativa entre el factor y nivel. ($P = 0,924$).

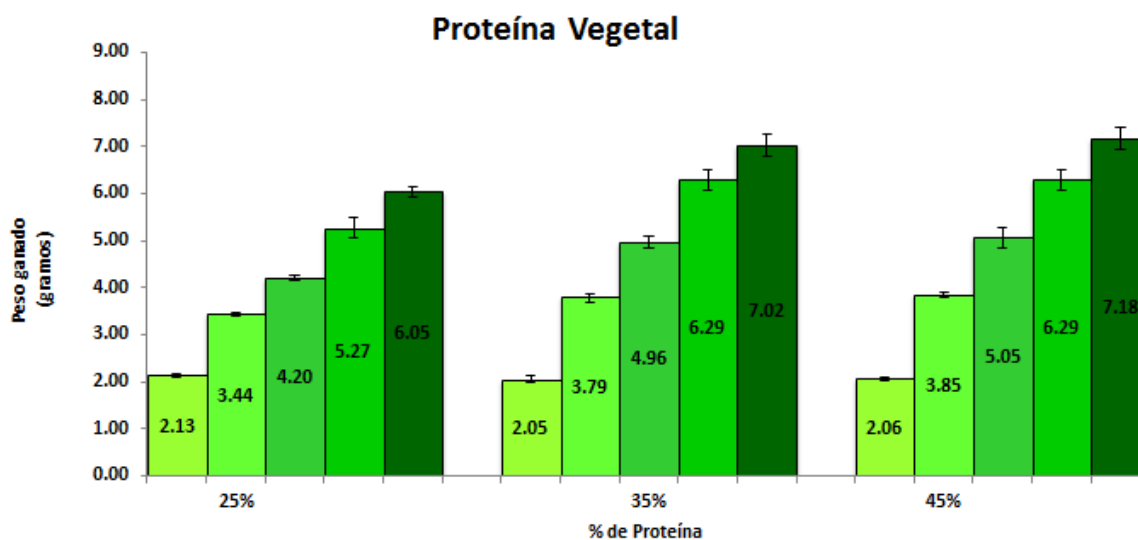


Figura 1. Crecimiento semanal de camarón blanco (*L. vannamei*) como efecto de las diferentes dietas con proteína vegetal (harina de soya) con cada uno de sus niveles de contenido proteico (bajo, medio y alto).

Para tener una mayor actividad enzimática, incremento en la digestibilidad y una mayor eficiencia alimentaria, se debe tener una fuente proteica que cumpla con un perfil de aminoácidos básicos esenciales. La semejanza en el crecimiento entre tratamientos pudiera estar relacionada con las características en cuanto al perfil aminolítico de las dos harinas utilizadas como fuentes proteicas ya que Puello (2013), menciona que la harina de soya junto con la harina de pescado son de las que cumplen con estas características necesarias para obtener una buena producción (crecimiento) en cultivos de camarón.

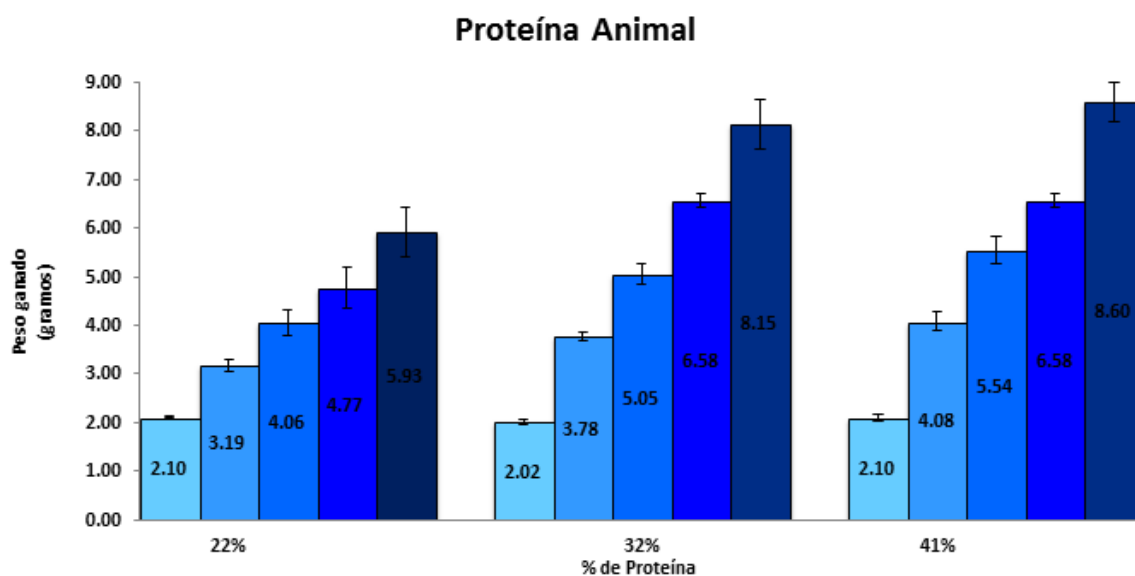


Figura 2. Crecimiento semanal de camarón blanco (*L. vannamei*) como efecto de las diferentes dietas con proteína animal (harina de pescado) con cada uno de sus niveles de contenido proteico (bajo, medio y alto).

La excreción de amonio en esta investigación se muestra en la Figura 3, donde se muestra que las concentraciones de amonio aumentaron conforme el porcentaje de proteína se incrementó. Los resultados obtenidos se asemejan a lo explicado por Campaña *et al.* (2009), donde mencionan que la concentración de compuestos nitrogenados son productos de la descomposición del alimento no consumido y heces fecales, principalmente el amonio, estas excreción de amonio (NH_4) está directamente relacionada con la calidad que se tenga en el alimento, contenido de proteína, fuente de proteína y cantidad de alimento que se suministra al cultivo. Es por eso que se debe resaltar lo importante que es el porcentaje de alimento.

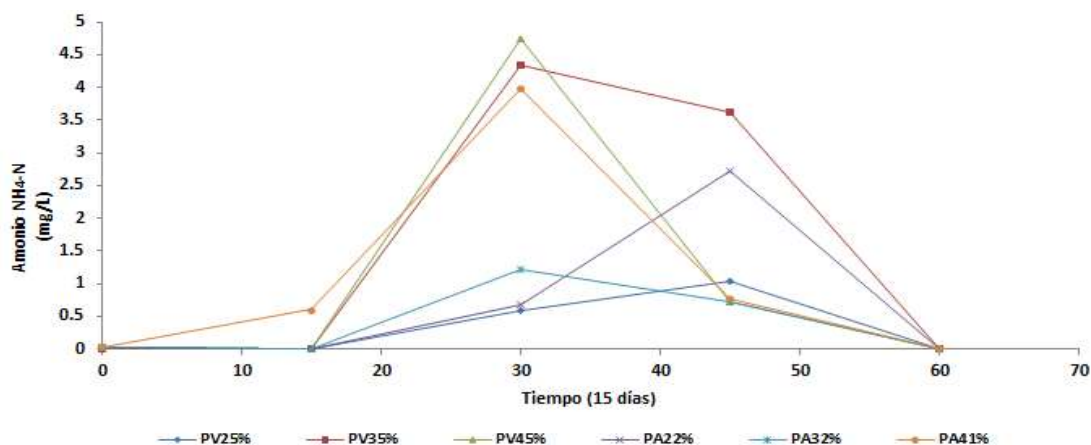


Figura 3. Concentración de amonio (NH₄) como efecto de las seis dietas formuladas con proteína animal (harina de pescado) y vegetal (harina de soya) y sus respectivos niveles de contenido proteico (bajo, medio y alto).

La Figura 4 muestra la dinámica de nitrito (NO₂) durante las ocho semanas que duró el experimento. Se puede ver que durante las primeras dos semanas, en todos los tratamientos no se mostró un aumento en la concentración de manera significativa.

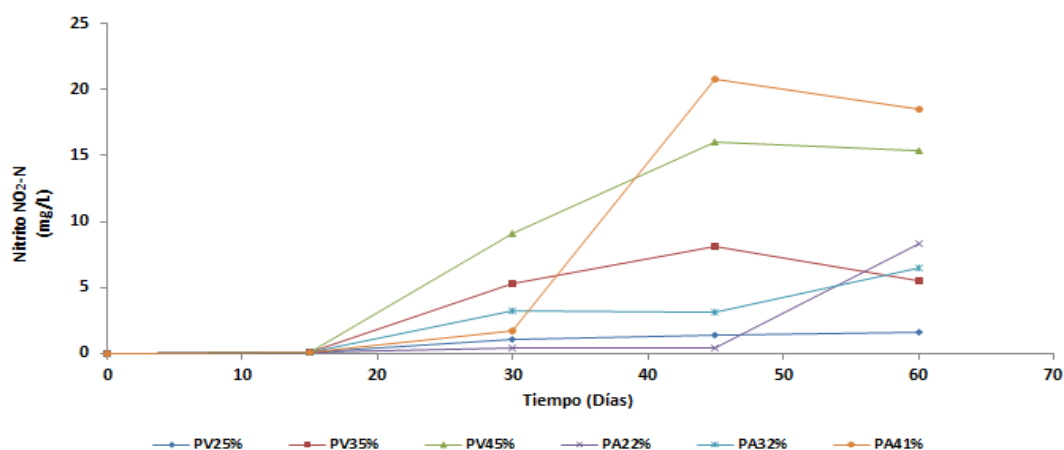


Figura 4. Concentración de nitritos (NO₂) como efecto de las seis dietas formuladas con proteína animal (harina de pescado) y vegetal (harina de soya) y sus respectivos niveles de contenido proteico (bajo, medio y alto).

En la semana cuatro se pudo observar un incremento en la concentración en cada uno de los tratamientos, los cuales aumentaron conforme el porcentaje de proteína se incrementó.

Estas concentraciones se encuentran por encima de los límites permisibles para ser considerada como una buena calidad de agua (Martínez, 2009). Como ya se ha descrito anteriormente, el nitrito (NO₂) es el resultado de la oxidación del amonio por medio de la bacteria *Nitrosomona* (Nelson, 2008) es por eso que se observó un comportamiento inverso entre este compuesto y la concentración de amonio (NH₄). Al igual que el amonio es

considerado un compuesto nitrogenado tóxico ya que al ser absorbidos desde el intestino se unen a la hemoglobina y reducen su capacidad de acarrear o transportar oxígeno.

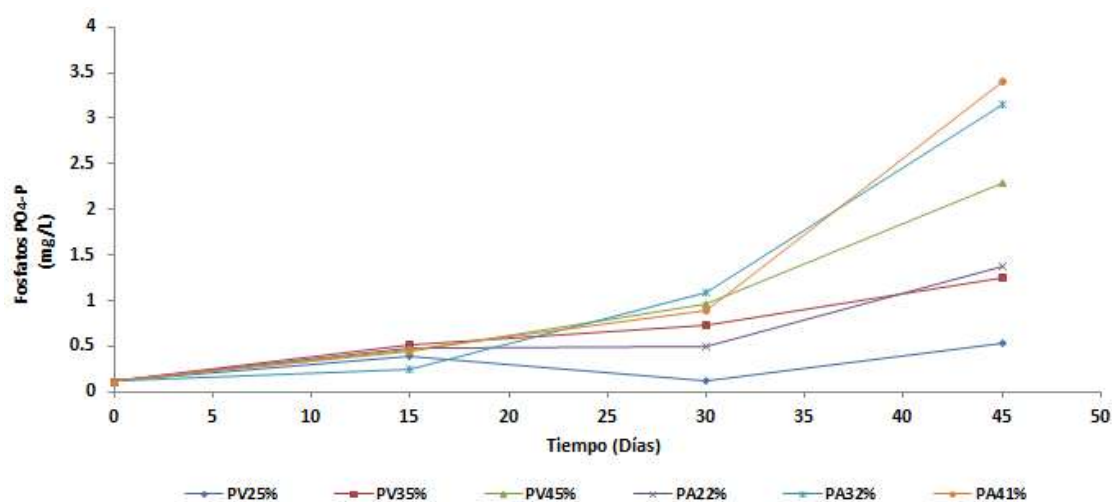


Figura 4. Concentración de fosfatos (PO_4) como efecto de las seis dietas formuladas con proteína animal (harina de pescado) y vegetal (harina de soya) y sus respectivos niveles de contenido proteico (bajo, medio y alto).

Por ultimo, al igual que el amonio (NH_4) y nitritos (NO_2), los fosfatos (PO_4) también fueron incrementando al aumentar el porcentaje de proteína para cada uno de los tratamientos con diferentes fuentes proteicas.

Conclusiones

Resulta interesante observar cómo la fuente y el nivel de contenido proteico no afecta directamente al crecimiento del organismo. Con lo cual se deduce que se puede utilizar harina de soya como sustituto de la harina de pescado en la elaboración de alimento formulado como fuente proteica y a la vez reducir el porcentaje de proteína. Esto tendrá un efecto positivo en términos económicos reduciendo los gastos operativos en la camaronicultura.

En cuanto al análisis de la concentración de compuestos residuales se muestra como la fuente y los niveles de proteínas si tiene un efecto distinto entre ellos, evidenciando así que es muy importante la selección del alimento en base a términos de sustentabilidad referida a los residuales que se obtiene dependiendo del contenido de proteína de cada alimento y no solo desde el punto de vista económico.

Referencias

- Campaña, A., Martínez L., Villareal H., Hernández J., Ezquerra J. y Cortez E. (2009). Efecto de la adición del rotífero *Brachionus rotundiformis* (Tschugunoff, 1921) sobre la calidad del agua y la producción, en cultivos super-intensivos de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Recuperado el 2015, de SCIELO: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-19572009000200007&script=sci_arttext
- Calderón-Flores C. (2007). Metodología para determinar la variación de los componentes de nitrógeno y fósforo residual Aquaculture Research, 2013, 1–11 Phosphorous and nitrogen residuals from *Litopenaeus vannamei* M López-Vela *et al.* en relación con el nivel de proteína en alimentos suministrados a diferentes tallas juveniles de *Litopenaeus vannamei* (Boone). Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México, 139pp.
- D' Abramo, L. R. y Castell, J. D. (1997). Research Methods. In L. R. D' Abramo, D. E. Conklin and D. M. Akiyama (eds.) Crustacean Nutrition: Advances. pp. 3-25.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2010). The State of World Fisheries and Aquaculture 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 197pp.
- Jatobá, A., Corrêa-da Silva, B., Souza-da Silva, J., do Nascimento-Vieira, F., Pedreira-Mouriño, J., Quadros-Seiffert, W., Massucci-Toledo, T. (2014). Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. Aquaculture 432 (2014) 365–371.
- López, M. (2014). Recuperación y reciclamiento de residuales de nitrógeno y fósforo del cultivo de *Litopenaeus vannamei* mediante sistemas de ficorremediación. Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Martínez, R. (2009). Capítulo 1: Selección de sitios, construcción y preparación de estanques. Camaronicultura sustentable, manejo y evaluación. Ed. Trillas. México, D.F.
- Nelson, R. (2008). Aquaponic Food Production. Ed. Nelson and Pade Inc. Montello. United State of America.
- Nogales R. (2010). Evaluación de la liberación y retención de los componentes de Nitrógeno y Fósforo de dietas comerciales suministradas al camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone). Maestría. Instituto Tecnológico de Sonora.
- Páez, F., Gracia, A., Flores, F., Lyle, L., Alonso, R., Roque, A., Ruiz, A. (2003). Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. Marine Pollution Bulletin. 46: 806-815.

Puello, A. (2013). Nutrición en cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con baja salinidad. Camaronicultura en agua de baja salinidad. Ed. Trillas. México, D.F. 2: 32.

Sánchez, R. (2012). Monitoreo de *Streptococcus* spp. en camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en tres granjas del sur de sonora, México. Maestría. Instituto Tecnológico de Sonora.

Tacon AGJ. 2002. Global review of feeds and feed management practices in shrimp aquaculture, 68 pp. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium program on shrimp farming and the environment. Work in Progress for Public Discussion. [en línea] www.enaca.org/shrimp

Capítulo V. Inoculante orgánico líquido con base en algas en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de casa sombra: experiencias del cuerpo académico de Biotecnología Agrícola

Maritza Arellano Gil, Catalina Mungarro Ibarra, Ofelda Peñuelas Rubio, Abel Alberto Verdugo Fuentes y Luis Carlos Valdéz Torres

Dirección de Recursos Naturales

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. maritza.arellano@itson.edu.mx

Resumen

El incremento en la población, así como el cambio climático, obligan al productor agrícola a buscar las alternativas para aumentar el rendimiento y calidad de sus cultivos; los extractos de algas promueven el crecimiento y desencadenan rutas de respuesta a enfermedades e incremento de la tolerancia al estrés. El objetivo de este proyecto fue evaluar la aplicación de un inoculante orgánico líquido con base en extractos de algas en el desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de casa sombra; se evaluaron tres dosis del inoculante comercial Albisoil® en el CETT 910, en el Valle del Yaqui, Sonora, con suelo Franco arcilloso y semillas de frijol tipo azufrado peruano. Los tratamientos constaron de 8, 10 y 12 L ha⁻¹ (T2, T3 y T4) de Albisoil® aplicado por drench, además de un testigo (T1) sin aplicación. Los resultados muestran en la mayoría de las variables analizadas el efecto positivo que tuvieron los 12 y 8 L ha⁻¹ (T4 y T3), tanto en la parte aérea (número de hojas, peso seco, área foliar), producción (vainas, semillas por planta y peso de 100 semillas) y raíz. Destacan los efectos de 12 L ha⁻¹ (T4) de Albisoil® en la cantidad de vainas y semillas por planta, así como el 17% más rendimiento. La textura, pH y CE del suelo no se vio afectada, la materia orgánica aumentó hasta 108% al aplicar 12 L ha⁻¹ (T4) de Albisoil, factor esencial a considerarse para el manejo sostenible de la fertilidad del suelo y la productividad agrícola.

Introducción

El uso de microalgas data de hace más de 2000 años, han sido utilizadas como fuente alternativa de alimento en situaciones de hambruna, además de tratar diarrea hipertensión y hepatitis (Danxiang *et al.*, 2004); y en la agricultura en forma de composta como mejorador de suelos para favorecer la fertilidad y la producción de los cultivos (Craigie, 2011).

Actualmente su uso se ha diversificado grandemente en la nutrición animal y vegetal, cosméticos, producción de moléculas de alto valor y hasta en la acuicultura se utilizan para obtener alevines de elevada calidad en la etapa de cultivo larvario de peces marinos (Rocha *et al.*, 2008). Sin embargo no son un grupo bien estudiado, pues de las 10,000 especies que se creen conocer, solo algunas son mantenidas en conservación, e investigadas por su composición química y sólo un puñado son cultivadas en cantidades industriales (Olaizola, 2003).

En la agricultura se utilizan diversas sustancias y microorganismos como bioestimulantes para favorecer el crecimiento de las plantas, a través de complejos modos de acción están orientados de manera general al desarrollo de la raíz, favorecer la absorción de macro y micronutrientes además de tolerar el estrés (Calvo *et al.*, 2014), cualidades que han sido reportadas en los extractos de algas.

El frijol junto con el maíz son la base de la alimentación en México, el consumo anual per cápita es de 11.3 Kg, Sonora (SIAP-SAGARPA, 2014) y especialmente el Valle del Yaqui no tiene clima (seco cálido) y suelo (Franco arcilloso) con vocación para su producción de frijol, sin embargo por ser una zona tecnificada y bajo riego es posible su desarrollo con una media de producción (1.57 Ton ha^{-1}) que dobla la media nacional (0.76 Ton ha^{-1}) según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016); por todo esto, cualquier esfuerzo dirigido a aumentar la producción incide directamente en la mejoría de las condiciones de los productores agrícolas tanto de subsistencia como en zonas altamente tecnificadas.

De acuerdo a la información anteriormente expuesta, se evidencia la necesidad de evaluar un extracto comercial de algas, como inoculante orgánico líquido en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de casa sombra.

Fundamentación teórica

Los extractos de algas actúan como quelatos, mejorando la utilización de nutrientes minerales y favoreciendo la estructura y aireación del suelo; como bioestimulantes mejorando la germinación de la semilla y su establecimiento, optimizan el crecimiento, floración, producción de fruto y por ende rendimiento, además de incrementar la resistencia a estrés biótico o abiótico y la vida poscosecha (Khan *et al.*, 2009, Craigie, 2011; Mattner *et al.*, 2013). El uso de algas y microalgas en la producción agrícola de México se ha generalizado, hasta el punto de contar con decenas de productos agrícolas con base en algas y mezclas con otros compuestos y microorganismos dependiendo del cultivo y la situación específica.

Los efectos bioestimulantes de las algas marinas se relacionan con la presencia de fitorreguladores y compuestos de bajo peso molecular, sin embargo, se ha investigado también el papel de algunas moléculas grandes y complejas como polisacáridos y polifenoles; laminarin, fucoidan y alginatos no presentes en plantas terrestres también favorecen la

resistencia al stress (Tharakhovskaya *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2009; González *et al.*, 2013).

Se reporta que la aplicación foliar de extractos de algas favorecen el desarrollo de raíces en una gran variedad de especies como: maíz (Jeannin *et al.*, 1991), tomate (Crouch & Van Staden, 1992), uva (Mugnai *et al.*, 2008), y fresas (Alam, 2013) entre otros. La absorción de macro y micro nutrientes minerales en plantas como lechuga, uva, soya (Rathore *et al.*, 2009) y tomate también ha sido reportada. En México se han realizado múltiples evaluaciones en campo con la aplicación de extractos de algas en sinergia con diversas alternativas como enzimas, donde se han encontrado incrementos en la producción de trigo (de 44 a 80%), chile (50%), maíz (73%), algodón (66%), incluso hasta 78% en tomate de cáscara (Soriano, 1993; Flores, 1997; Canales, 1999).

Metodología

Establecimiento del experimento. Se inició en Septiembre de 2014 y se finalizó en Marzo de 2015 en el Centro Experimental de Transferencia de Tecnología (CETT 910) del Instituto Tecnológico de Sonora, en el Valle del Yaqui, Sonora. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de casa sombra con plantas de frijol; se efectuó siembra directa, de 2 a 3 semillas por punto y después de la emergencia se seleccionó la planta más vigorosa y se eliminó el resto.

Diseño experimental y tratamientos. Bajo condiciones de casa sombra se aplicó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento, conformando 40 unidades experimentales (una planta). Se consideró a cada planta completa como muestra para las variables fisiológicas en el cultivo y la totalidad del suelo rizosférico extraído de tres plantas para análisis microbiológico. Se evaluaron cuatro dosis: 0, 8, 10 y 12 L ha⁻¹ de Albisoil® que corresponden a T1, T2, T3 y T4; Albisoil® es un inoculante orgánico líquido con base en microalgas del género *Chlorella* con las características fisicoquímicas (Tabla 1) siguientes:

Tabla 1. Contenido garantizado del inoculante orgánico líquido Albisoil®

Parámetro	Resultado	Parámetro	Resultado
pH	8.59 a 26.7°C	Cobre (Cu) mg/L	<L.C.
Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	1422 a 25°C	Manganeso (Mn) mg/L	<L.C.
Nitrógeno total Kjeldahl (N) mg/L	8	Zinc (Zn) mg/L	0.292
Materia orgánica %	0.11	Molibdeno (Mo) mg/L	<L.C.
Cloruros (Cl) mg/L	112	Coliformes fecales NMP/mL	<L.C.
Calcio (Ca) mg/L	44.1	<i>Escherichia coli</i> 0157:H7 /25mL	Ausente
Magnesio (Mg) mg/L	18.1	<i>Escherichia coli</i> (genérica) NMP/100mL	<L.C.
Potasio (K ₂ O) mg/L	<L.C.	<i>Salmonella</i> spp /25 mL	Ausente
Cadmio (Cd) mg/L	<L.C.	<i>Shigella</i> spp /25 mL	Ausente
Fósforo (P) mg/L	137	<i>Listeria monocytogenes</i> /25 mL	Ausente
Sodio (Na) mg/L	267	Microalgas	$\geq 43,200$ UFC/mL
Fierro (Fe) mg/L	0.544		

Fuente: informe de laboratorio 55354 Química Analítica del Noroeste S.A. de C.V. 22 marzo 2013.

La aplicación de los tratamientos, se dividió en 4 L de manera inicial en el riego de germinación y 4, 3 y 2 L cada 15 días después de la siembra, a las 2, 4 y 6, semanas después, para ser evaluadas periódicamente las variables de desarrollo vegetativo y al momento de la cosecha las referentes a producción. Se utilizó la dosis 100-50-00 (NPK) Kg ha⁻¹ distribuida en cada riego, extractos botánicos (cítricos, canela, gobernadora, chile y ajo) como repelentes de plagas y prevención de enfermedades.

Variables evaluadas. Altura de planta: se evaluó con cinta métrica desde la base del tallo hasta la punta de crecimiento más alta. Número de hojas: se contaron las hojas fisiológicamente maduras. Índice de clorofila: se evaluó con SPAD 502 de Minolta en la hoja fisiológicamente madura en el horario de máxima actividad fotosintética (1100 a 1400 horas). Número de vainas por planta, número de semillas y rendimiento cuando se alcanzó la humedad adecuada para la madurez de cosecha. Peso de 100 semillas: se llevó a cabo el pesaje de 100 semillas (o el total si no se alcanza la cuota) en todas las repeticiones de cada tratamiento. Fitotoxicidad: se evaluó con un análisis visual, y se registraron valores de 1 a 5, donde 1: no presenta daño alguno y 5: planta severamente dañada por toxicidad. Área foliar: se capturó una imagen digital de las hojas de cada unidad experimental y se procesó con el software ImageJ 4.0.2 (Schneider *et al.*, 2012) para medir el área superficial. Peso seco aéreo y de raíz: se seccionó la parte aérea y raíz de cada planta y se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas para secarlas en estufa a 60 °C hasta peso constante; posteriormente se pesaron. Análisis fisicoquímico de suelo: se colectó una muestra compuesta de cada uno de los tratamientos y se analizó: pH, CE, materia orgánica, textura y macro nutrientes. En cada parámetro de evaluación se obtuvieron valores numéricos correspondientes a la totalidad de

unidades experimentales (10 por tratamiento); salvo en los análisis de suelo, en que se obtuvo una muestra compuesta de las repeticiones de cada tratamiento. Se utilizó el software estadístico Statgraphics PLUS 4.0 para determinar los análisis de varianza y establecer las diferencias entre tratamientos. Para comparar las medias se empleó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) con un nivel de significancia de 5% representado en cada gráfica por letras minúsculas, donde los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales

Resultados y discusión

Altura. De manera general las plantas de los tratamientos con aplicación de Albisoil® se mostraron siempre por encima del testigo entre 1 y 17% en las cuatro fechas de medición, aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Figura 1). Se observa el T4 (12 L Ha⁻¹) con más de 4 cm arriba del testigo. Resultados similares se obtuvieron al aplicar extractos de algas (*Kappaphycus alvarezii*) en soya, donde con una solución al 15% se logró hasta 81cm, 11 más que el testigo sin aplicación (Rathore *et al.*, 2009), además de maíz asperjado con *Ascophyllum nodosum* L., donde aumentó 4 cm sin diferencias estadísticas (Jeannin *et al.*, 1991).

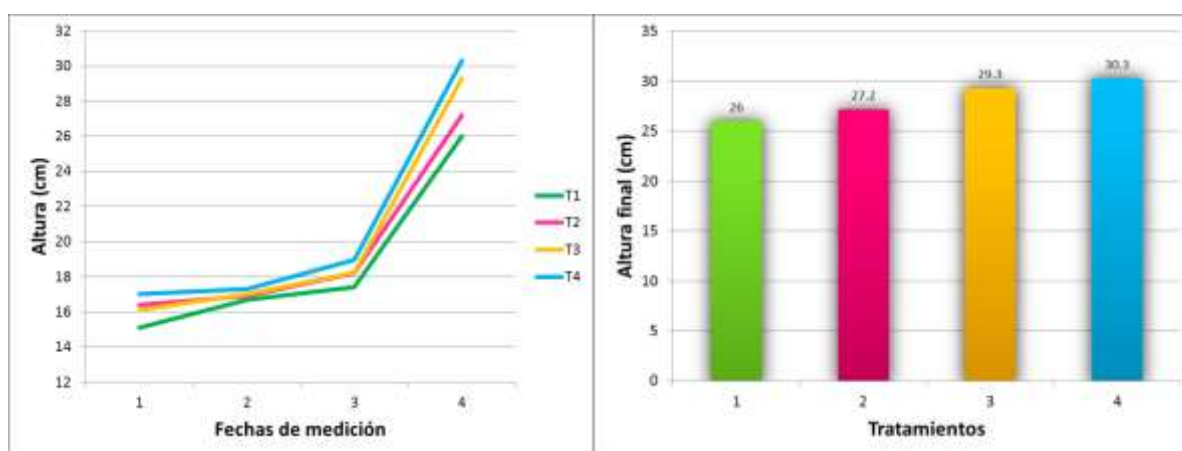


Figura 1. Altura de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como efecto de diferentes dosis de Albisoil® aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Número de hojas. Al analizar estadísticamente la variación de los datos del número de hojas se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), donde el T2 y T4 con 8 y 12 L ha⁻¹ (grupo a) superan en 28 y 21% al testigo sin aplicación (Figura 2a). En otros cultivos como soya se ha encontrado que hasta tres ramas más por planta se encuentran al asperjar *Kappaphycus alvarezii* con una solución al 15% y en maíz hasta 25% más materia fresca total (Rathore *et al.*, 2009; Jeannin *et al.*, 1991). El incremento en el crecimiento

vegetativo de los cultivos se relaciona con la presencia de una gran variedad de fitorreguladores en los extractos de algas o bien la activación de las rutas de biosíntesis de: citoquininas, auxinas, ácido abscísico, giberélico y salicílico (Khan *et al.*, 2009).

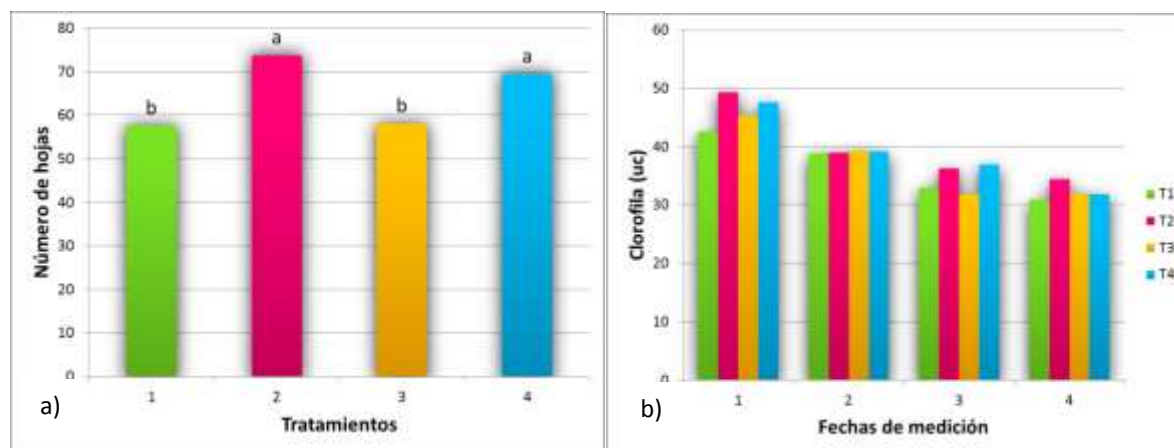


Figura 2. Número de hojas (a) y clorofila (b) de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como efecto de diferentes dosis de Albisoil® aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Índice de clorofila. La clorofila medida indirectamente con SPAD en las plantas del cultivo evaluado no presentó diferencias significativas en ninguna de las fechas de medición y se detecta una pequeña tendencia (5-6%) hacia el tratamiento T2 y T4 (8 y 12 L Ha⁻¹) sobre el testigo (Figura 2b). Al aplicar *Ascophyllum nodosum* en frijol se encontró, al igual que en los resultados aquí presentados, que no hubo diferencias en el índice de clorofila, al contrario de las plantas tomate, cebada, trigo y maíz, donde sí se presentó contraste estadístico, tal resultado puede atribuirse a la capacidad de asociación de leguminosas como el frijol a bacterias del género *Rhizobium* que le permite fijar nitrógeno atmosférico razón por la cual una mejoría en la capacidad de absorción de nitrógeno del suelo no es considerable (Blunden *et al.*, 1997).

Rendimiento por planta. Se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en el rendimiento del T4 (12 L ha⁻¹) con respecto al testigo sin aplicación (Figura 3 a), ya que se registró un 17% más peso de semillas; los tratamientos T3 y T2 (10 y 8 L ha⁻¹) rindieron estadísticamente igual que el testigo. Se ha comprobado en otros estudios que los parámetros relacionados con la raíz se han incrementado al aplicar extractos de algas y se atribuye a la presencia de fitohormonas como auxinas y citoquininas, esas condiciones favorecen grandemente la toma de nutrientes y en consecuencia el rendimiento en cultivos como lechuga, maíz y trigo (Khan *et al.*, 2009; Kumar y Sahoo, 2011)

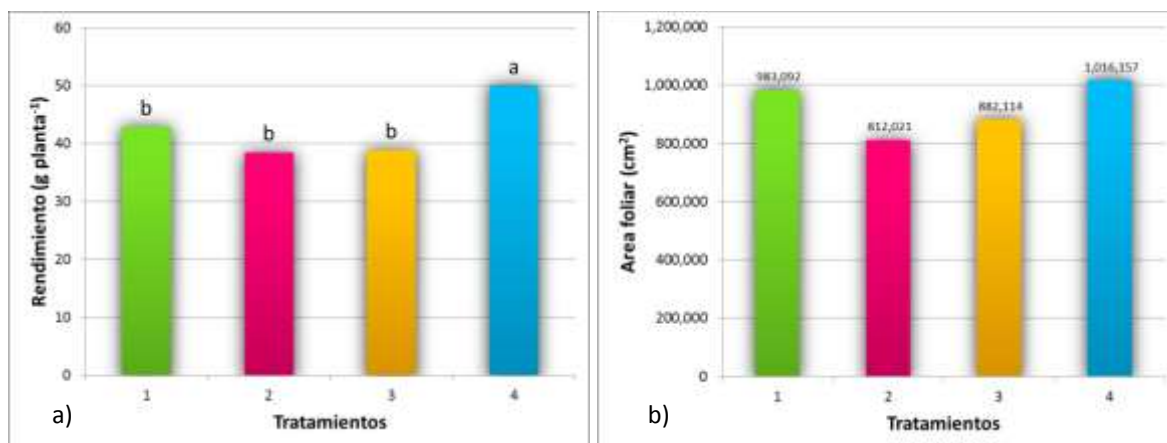


Figura 3. Rendimiento (a) y área foliar (b) de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como efecto de diferentes dosis de Albisoil® aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Área foliar. Sin diferencias estadísticamente significativas se observa una pequeña tendencia de 3% más en el área foliar del T4 (12 L ha⁻¹) con respecto al testigo (Figura 3b), los otros dos tratamientos con aplicaciones de Albisoil se posicionaron 10 y 17% por debajo, T3 y T2 (10 y 8 L ha⁻¹) respectivamente.

Peso seco aéreo. Sin diferencias estadísticamente significativas, se mantiene la tendencia que se observa en otras variables, donde el T2 (8 L ha⁻¹) mantiene una superioridad sobre el testigo de 9% seguido de T4 (12 L ha⁻¹) con 4% (Figura 4a). Los beneficios en la toma de nutrientes minerales atribuidos a los extractos de algas favorecen la acumulación de éstos en la planta (Mancuso *et al.*, 2006) y por ende, tiene un desarrollo vegetativo óptimo, como se evidenció en los resultados mostrados aquí.

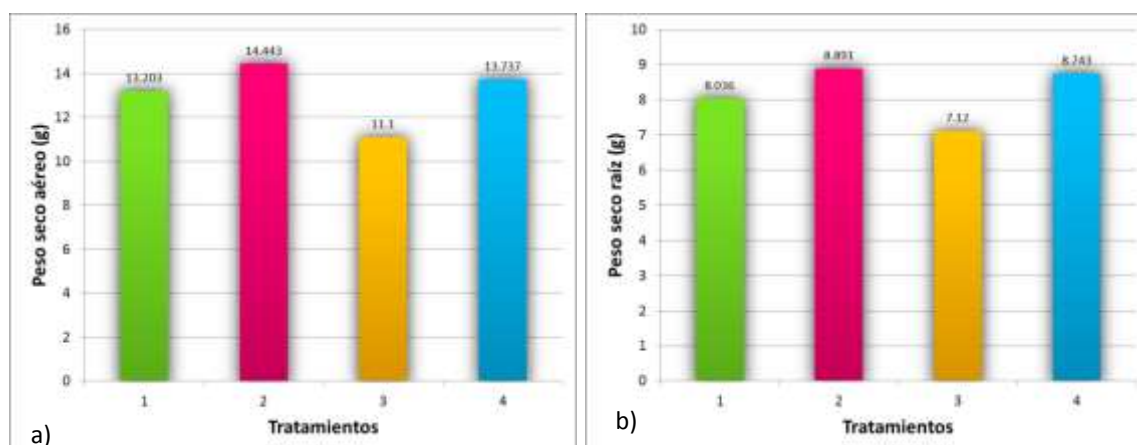


Figura 4. Peso seco aéreo (a) y de raíz (b) de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como efecto de diferentes dosis de Albisoil® aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Peso seco de raíz. Al igual que el peso seco aéreo, no se alcanzan a detectar diferencias estadísticamente significativas (Figura 4b), se mantiene la tendencia que se observa en otras variables, donde el T2 (8 L ha⁻¹) mantiene una superioridad sobre el testigo de 11% seguido de T4 (12 L ha⁻¹) con 9%; en correspondencia a estos resultados, numerosos estudios proveen evidencia de la influencia positiva de los extractos de algas en el desarrollo de la raíz en una gran variedad de especies, tanto en raíces laterales, volumen total, longitud, todos éstos reflejados en el peso seco o biomasa radical (Calvo *et al.*, 2014). Los efectos sobre la raíz se atribuyen a fitorreguladores como auxinas y citoquininas (Khan *et al.*, 2009).

Análisis fisicoquímico de suelo. El suelo de los tratamientos evaluados presentó características similares de textura, con 45% de arena, 18% de limo y 37% de arcilla, clasificándose como Franco arcilloso. El pH y la Conductividad Eléctrica (CE) se mantuvieron de 7.12 a 7.67 para pH y 1.8 a 2.17 dS m⁻¹ respectivamente, los cuales son característicos de los suelos de la región. En los macronutrientes, se observa un resultado atípico en el nitrógeno, ya que los tratamientos T2, T3 y T4 (8, 10 y 12 L ha⁻¹), estuvieron 59, 75 y 82% por debajo del testigo (Cuadro 2). El fósforo en el suelo se detectó con un comportamiento más uniforme que el nitrógeno, aun cuando los tratamientos estuvieron hasta 28% por debajo del testigo T1. Los niveles de potasio en suelo siguieron la misma tendencia que en fósforo, en donde los tratamientos T2, T3 y T4 (8, 10 y 12 L ha⁻¹) estuvieron 35, 30 y 39% debajo del testigo sin aplicación. Al analizar calcio, magnesio y sodio como bases intercambiables, los tratamientos T2, T3 y T4 (8, 10 y 12 L ha⁻¹) superaron al testigo en 24, 34 y 29% en el caso de calcio, 9, 18 y 14% en magnesio y 12, 3 y 14% para sodio. El potasio como ya se mostró anteriormente estuvieron 35, 30 y 39% más bajos los tratamientos que el testigo. Estos resultados inconsistentes se deben a que el estudio se llevó a cabo en suelo directamente, sin esquilmar previo al establecimiento de las plantas de frijol, razón por la cual se recomienda establecer un diseño de bloques al azar y no completamente al azar cuando se trabaja en suelo o bien crear una mezcla lo más homogénea posible cuando se trabaje con suelo en maceta.

Tabla 2. Nitrógeno, Fósforo, Potasio como macronutrientes; Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio como bases intercambiables en el suelo de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como efecto de diferentes dosis de Albisoil® aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Tratamiento	Nitrógeno Kg ha ⁻¹	Fósforo Ppm	Potasio Kg ha ⁻¹	Calcio ----- meq/100g	Magnesio ----- meq/100g	Sodio ----- meq/100g	Potasio ----- meq/100g
1	181	112	2726	36.3	4.11	2.32	1.86
2	74	91	1766	44.9	4.50	2.59	1.20
3	46	108	1911	48.8	4.85	2.39	1.30
4	33	80	1676	47.0	4.69	2.65	1.14

Fuente: orden 2633 Laboratorio de suelos y nutrición vegetal INIFAP, 15 abril 2015.

Al analizar la materia orgánica de los suelos (Figura 5), se detectó que los tratamientos T4 y T3 (12 y 10 L ha⁻¹) presentaron 107 y 47% más materia orgánica que el testigo sin aplicación (Figura 5), lo cual es sumamente interesante, de acuerdo a la discusión anterior sobre la homogeneidad del suelo, ya que al reportarse hasta 200% más materia orgánica y considerando el origen del suelo, ya que es deseable para un suelo agrícola contar con 5% de materia orgánica, por lo que se abre una importante línea de investigación sobre el efecto de los extractos de algas en las características físico, química y biológica del suelo.

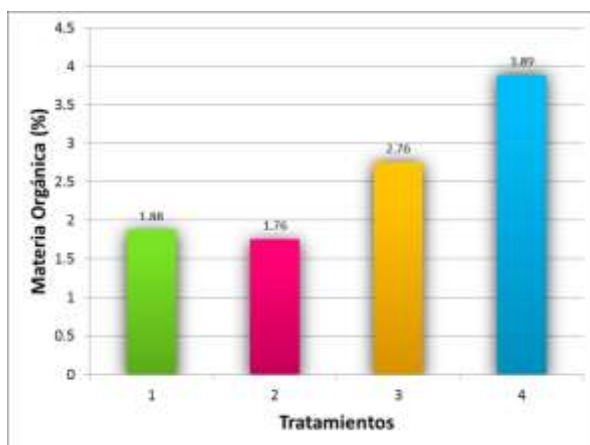


Figura 5. Materia orgánica de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) como efecto de diferentes dosis de Albisoil® aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Conclusiones

Resaltan en la mayoría de las variables analizadas el efecto positivo que tuvieron los 12 y 8 L ha⁻¹ (T4 y T2), con respecto al testigo, tanto en la parte aérea (número de hojas y área foliar), producción (vainas, semillas por planta y peso de 100 semillas) y la biomasa aérea y radical. Se enfatiza particularmente el efecto positivo de 12 L ha⁻¹ (T4) de Albisoil en la cantidad de vainas y semillas por planta, así como el 17% más rendimiento.

En cuanto al análisis de suelo, se esperaban resultados uniformes entre los tratamientos y el testigo, ya que los contenidos de macro y micronutrientes del inoculante evaluado no son tan altos para considerarlo un fertilizante, sin embargo hay que considerar la ausencia de bloques en el diseño del experimento en campo. Sin embargo el contenido de materia orgánica aumentó considerablemente, hasta 108% al aplicar 12 Lha⁻¹ (T4) de Albisoil, factor esencial a considerarse para el manejo sostenible de la fertilidad del suelo y la productividad agrícola. La textura del suelo se clasificó como Franco-Arcilloso con pH y CE representativos de la región y no se vieron afectados por los tratamientos evaluados.

Referencias

- Alam, M., Braun, G., Norrie, J. & Hodges D. (2013). Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Can J Plant Sci* 93, 23–36.
- Balestrini, R., Lumini, E., Borriello, R. & Bianciotto, V. (2015). Plant-Soil Biota Interactions. En Paul E.A. (Ed.), *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (Fourth Edition). Academic Press, 15-39.
- Blunden, G., Jenkins, T. & Liu, Y-W. (1997). Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. *J Appl Phycol*, 8, 535–543.
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3–41.
- Canales, B. (1999). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la Producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra*, 17(3), 271-276.
- Craigie, J. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol*, 23, 371–393.
- Crouch, I. & van Staden, J. (1992). Effect of seaweed cocentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *J Appl Phycol*, 4, 291–296
- Danxiang, H., Yonghong, B. & Hu, Z. (2004). Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products-species of high potential. In: Richmond, A. (ed). *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*, 304-311.
- De Vries, F., Thébault, E. & Bardgett, R. (2013). Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *PNAS*, 110(35), 14296–14301.
- Flores, F. (1997). Evaluación de extractos de algas marinas en el cultivo del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) cv. Imperial. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.
- González, A., Castro, J., Vera, J. & Moenne, A. (2013). Seaweed oligosaccharides stimulate plant growth by enhancing carbon and nitrogen assimilation, basal metabolism, and cell division. *J Plant Growth Regul*, 32, 443–448.
- González-Torres, A., Figueroa-Viramontes, U., Delgado, J., Núñez-Hernández, G., Cueto-Wong, J., Preciado-Rangel, P. & Palomo-Gil, A. (2009). Calibración del SPAD-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 303-309.
- Jeannin, I, Lescure J. & Morot-Gaudry, J. (1991). The effects of aqueous seaweed sprays on the growth of maize. *Bot Mar*, 334, 469–473.
- Khan, W., Rayirath, U. & Subramanian, S. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J Plant Growth Regul*, 28, 386–399.

- Killham, K. & Prosser, J. (2015). The Bacteria and Archaea. En Paul E.A. (Ed.), *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (Fourth Edition). Academic Press, 41-76.
- Kumar, G. & Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *J Appl Phycol*, 23, 251–255.
- Mancuso, S., Azzarello, E., Mugnai, S. & Briand, X. (2006). Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Adv Horti Sci*, 20, 156–161.
- Mattner, S., Wite, D., Riches, D., Porter, I. & Arioli T. (2013). The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria, Australia. *Biol Agric Horti*, 29, 258–270.
- Mugnai, S., Azzarello, E., Pandolfi, C., Salamgne, S., Briand, X. & Mancuso, S. (2008). Enhancement of ammonium and potassium root influxes by the application of marine bioactive substances positively affects *Vitis vinifera* plant growth. *J Appl Phycol*, 20, 177–182.
- Olaizola, M. (2003). Commercial development of microalgal biotechnology: from the test tube to the marketplace. *Biomol Eng*, 20, 459–466.
- Rathore, S., Chaudhary, D., Boricha, G., Gosh, A., Bhatt, B., Zodape, S. & Patolia, J. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *S Afr J Bot*, 75, 351–355.
- Rocha, R., Ribeiro, L., Costa, R. & Dinis, M. (2008). Does the presence of microalgae influence fish larvae prey capture? *Aquacul Res*, 39, 362-369.
- Schneider, C., Rasband, W., & Eliceiri, K. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9, 671–675.
- SIAP – SAGARPA. (2014). Atlas Agroalimentario México 2014. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. México.
- SIAP – SAGARPA. Recuperado el 19 de mayo de 2016, de:
<http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>
- Singh, J., Pandey, V. & Singh, D. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agric Ecosyst Environ* 140, 339–353.
- Soriano, G. (1993). Efecto de la aplicación de algas marinas en cultivo de chile (*Capsicum annum*). Tesis de Licenciatura. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*. Saltillo, Coah., México
- Tarakhovskaya, E., Maslov, Y., Shishova, M. (2007). Phytohormones in algae. *Russ J Plant Physiol*, 54, 163–170.
- Voroney, R. & Heck, R. (2015). The soil habitat. En Paul E.A. (Ed.), *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (Fourth Edition). Academic Press, 15-39.

Capítulo VI. Obtención de pigmentos a partir de microalgas

Luis Alberto Cira Chávez, Laura Elisa Gassós Ortega, Saúl Ruiz Cruz, Lourdes Mariana Díaz Tenorio, Sergio de los Santos Villalobos, María Isabel Estrada Alvarado

Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. maria.estrada@itson.edu.mx

Resumen

Las microalgas son procariontes (cianobacterias) y eucariontes unicelulares responsables del 40% de la fotosíntesis del planeta. Las microalgas son una fuente importante de producción de pigmentos como la clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides. Estos son ampliamente usados como colorantes naturales en la industria, además de tener un potencial como antioxidante. En respuesta a condiciones estresantes como aumento de la salinidad, intensidad luminosa, temperatura y/o limitación de nutrientes, el género *Dunaliella* tiene la capacidad de acumular carotenoides. El objetivo de este trabajo fue inducir la producción de pigmentos a partir de la microalga *Dunaliella sp.* Se probaron diferentes concentraciones de NaNO₃ como fuente de nitrógeno: 440 µM, 294.33 µM y 220 µM; y diferentes concentraciones de salinidad (NaCl): 1 M, 1.5 M y 2 M. Se realizaron cinéticas de producción de pigmentos fotosintéticos (clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides totales) por métodos espectrofotométricos y cinética de crecimiento en los cultivos. Se logró inducir a la producción de pigmentos a la microalga *Dunaliella sp.*, teniendo como valores óptimos de cultivo para producción de biomasa medio F/2 con una concentración de 880 µM de NaNO₃ y una salinidad de 0.5 M de NaCl teniendo una densidad celular de 1,780,000 en el día 12, para la producción de pigmentos medio F/2 con 440 µM de NaNO₃ y una salinidad de 1.5 M de NaCl, dando valores de clorofila *a* 14 mg/L, clorofila *b* 3.93 mg/L y carotenoides totales de 10.19 mg/L y una densidad celular máxima de 1,210,000 cel/mL en el día 19.

Introducción

Las algas han sido utilizadas por la humanidad desde antes de Cristo pero hace solo 50 años, la biotecnología de microalgas ha experimentado su uso. Esta tecnología está enfocada en dos partes: primero la producción controlada de la biomasa algal y en segundo el aprovechamiento de la biomasa obtenida.

Durante la segunda guerra mundial las microalgas fueron cultivadas masivamente para la obtención de lípidos y proteínas que luego serían usadas para alimentar a las personas. Después de terminada la guerra, inició la investigación sobre la producción de microalgas a gran escala, ya que la población crecía de una manera exponencial y se creía que las microalgas eran más productivas que las plantas superiores; además de que estos alimentos podrían tener un bajo costo. Estos proyectos fueron fuertemente impulsados por Estados Unidos, Japón y Alemania.

Las microalgas cuentan con ciertas características generales como que la mayoría son fotosintéticas, unicelulares, filamentosas, pueden llegar a formar cadenas, colonias o cenobios. Tienen la capacidad para crecer en agua salada, dulce y en menor medida en el suelo. Las similitudes morfológicas con las que cuentan los grupos de microalgas son en respuesta al medio físico en el que cumplen su ciclo biológico; este medio es heterogéneo en gran medida y cuenta con gran variabilidad de luz, temperatura y nutrientes que cambia constantemente por causa de la turbulencia del agua. Las microalgas se consideran causantes del 40% de la fotosíntesis del planeta, además de ser la mayoría del material orgánico de la mundo (López & Catzim, 2011).

Las microalgas son capaces de sobrevivir en condiciones adversas, ya que sus ciclos de vida son cortos y pueden desarrollar resistencia o contar con células de reposo. Usan absorción iónica para su nutrición estos son C, H, O, N, P, S, K, Ca, Fe y Mg, así como de cantidades traza de Mn, B, Co, Zn y Mo (López & Catzim, 2011). Además, las microalgas son capaces de proporcionar micronutrientes y macronutrientes, así como otras sustancias específicas como ácidos grasos, proteínas y pigmentos como clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides (López, 2008).

Las especies más utilizadas para la obtención de metabolitos de interés son *Dunaliella*, *Spirulina*, *Porphyridium*, *Chlorella* y *Hematococcus*, de estas especies se han obtenido compuestos como carotenoides, biodiesel, ficobiliproteínas, lípidos y polisacáridos. Se han logrado identificar más de 600 carotenoides producidos por los diversos tipos de organismos vivos como plantas, hongos y animales, se han aislado y caracterizado 400 de ellos; es un pequeño número de compuestos de este tipo los que se utilizan para uso comercial ya que solo 50 de ellos tienen actividad provitamina A, destacando el β -caroteno y la astaxantina (Moreno, 2010). En el 2010 se estimó aproximadamente en 1,200 millones de dólares el valor total del mercado de todos los carotenoides comercialmente usados a nivel mundial. Además el mercado total para β -caroteno se estimó en 270 millones de dólares. El género *Dunaliella* ha sido reconocido como un productor natural de β -caroteno, el cual es empleado en la industria nutracéutica y farmacéutica (López-Elías *et al.*, 2013).

En respuesta al aumento de la salinidad, intensidad luminosa, temperatura y/o limitación de nutrientes el género *Dunaliella* tiene la capacidad de acumular carotenoides

como una respuesta de su metabolismo a las condiciones estresantes a la que se expone (López-Elías *et al.*, 2013). Como las microalgas representan una fuente importante de producción de pigmentos, los cuales son ampliamente usados como colorantes naturales en la industria, además de tener un potencial como antioxidante, el objetivo de este trabajo fue inducir la producción de pigmentos en microalga *Dunaliella sp.*

Fundamentación teórica

Las microalgas se dividen en procariontes (cianobacterias) y eucariontes, además son fotosintéticos y unicelulares; son parte importante para los ecosistemas acuáticos ya que por su fácil captura y digestión existen gran variedad de organismos que se alimentan de ellas (Prieto *et al.*, 2005). Estos organismos cuentan con un tiempo corto de duplicación (un día), que puede variar dependiendo de la fase en la que se encuentre el cultivo (3-5 horas fase exponencial) (Ruíz, 2011). Asimismo, cuentan con una gran capacidad para convertir energía solar en biomasa, con frecuencia 2 a 5 veces mejor de lo que lo hacen las plantas superiores (Fernandes, 2009).

La manera en la que se pueden clasificar estos microorganismos es muy variada, se pueden seguir ciertos parámetros tales como: ciclo de vida, estructura celular, morfología y pigmentación. Las especies más estudiadas para aplicaciones biotecnológicas son las algas verdes. Las microalgas se han adaptado para crecer en una gran cantidad de hábitats; por lo que se pueden encontrar en aguas marinas, aguas dulces, residuales, en el suelo. Además pueden crecer en medios con variaciones en pH, nutrientes y temperatura. Estas además cumplen con la función de producir el 50% del oxígeno del planeta y fijar el 50% de la fijación del carbono (Garibay-Hernández *et al.*, 2009).

Metodología

En este trabajo se analizó el efecto de diferentes concentraciones de fuente de nitrógeno (NaNO₃): 440 µM, 294.33 µM y 220 µM; y el efecto de diferentes concentraciones de salinidad (NaCl): 1 M, 1.5 M y 2 M en la micro alga *Dunaliella sp.*, evaluando la cantidad de pigmentos fotosintéticos (clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides totales) y crecimiento celular.

Medio de cultivo. Para este estudio se utilizó como base el medio de cultivo F/2 mostrado en las tablas 1 a 3 y propuesto por Guillard y Ryther (1962).

Tabla 1. Componentes del medio de cultivo F/2.

Compuesto	Concentración
NaNO ₃	880 μM
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	36 μM
Solución de metales traza	
Vitaminas	
NaCl	0.5 M

Tabla 2. Solución de metales traza.

Solución de metales traza	Concentración (μM)
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.08
MnSO ₄ ·H ₂ O	0.9
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.03
CoSO ₄ ·7H ₂ O	0.05
CuCl ₂ ·2H ₂ O	0.04
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	11.7
Na ₂ EDTA·2H ₂ O	11.7

Tabla 3. Vitaminas utilizadas en el medio.

Vitaminas	Concentración
Vitamina B12	0.027 g/200 mL H ₂ O
Biotina	0.005 g/200 mL H ₂ O
Tiamina	0.067 g/200 mL H ₂ O

El efecto de la deficiencia de nitrógeno en la producción de pigmento en Dunaliella sp. Se realizó la cinética para ver el efecto del nitrógeno en la producción de pigmentos, ésta se llevó a cabo en matraces de 250 mL con un volumen de operación de 190 mL teniendo una salinidad de 0.5 M, con un fotoperiodo de 16 horas luz (9355 luxes) y 8 oscuridad, utilizando una agitación de 80 rpm, a una temperatura constante de 25 °C, durante 25 días.

Las concentraciones de nitrógeno probadas en el medio de cultivo:

Medio F/2: 0.075 g/L NaNO₃ (880μM) Control

Medio F/2: 0.0375 g/L NaNO₃ (440 μM)

Medio F/2: 0.025 g/L NaNO₃ (293.33 μM)

Medio F/2: 0.01875 g/L NaNO₃ (220 μM)

Todo se realizó por duplicado.

El efecto de la salinidad en la producción de pigmento en Dunaliella sp. La cinética se realizó en matraces de 250 mL con un volumen de operación de 190 mL, se tuvo una concentración nitrato de sodio de 0.0375 g/L, con un fotoperiodo de 16 horas luz y 8

oscuridad (9355 luxes), teniendo una agitación de 80 rpm, a una temperatura constante de 25 °C. El experimento duró 25 días.

Se utilizaron diferentes concentraciones de cloruro de sodio en el medio de cultivo:

Medio F/2: 35 g/L NaCl (.5 M) Control

Medio F/2: 70 g/L NaCl (1 M)

Medio F/2: 105 g/L NaCl (1.5 M)

Medio F/2: 140 g/L NaCl (2 M)

Todo se realizó por duplicado

Tratamientos evaluados

DN 880 μ M

DN2 440 μ M

DN3 293.3 μ M

DN4 220 μ M

SA 0.5 M

SA2 1 M

SA3 1.5 M

SA4 2 M

Inóculo. Los matraces fueron inoculados para llegar a una concentración inicial de 34,815 células/mL.

Determinación de densidad celular. Para determinar la densidad celular se tomaron 300 μ L de muestra (se le adicionaba lugol para inmovilizar las muestras) y se utilizaba cámara de Neubauer para realizar conteo celular todos los días durante la cinética.

Extracción y cuantificación de pigmentos fotosintéticos. Se realizó la determinación de pigmentos cada 5 días hasta el día 25. Para extracción de pigmentos se tomaron 10 ml de medio de cultivo como muestra de cada matraz, se centrifugó (marca Eppendorf, modelo 5810-R) a 3000 rpm a 4 °C en un tiempo de 15 minutos. Se removió el sobrenadante y se agregó a la biomasa sedimentada 5 mL de acetona al 80%. Después se agitó vigorosamente en vórtex durante 2 minutos. Se protegió la muestra de la luz y se colocó en hielo toda la noche para completar la extracción del pigmento. Al concluir el tiempo de extracción se centrifugó por 15 minutos a 3000 rpm. Se midieron en espectrofotómetro (marca Thermo, modelo Genesys 10-S) clorofila a, clorofila b y carotenoides a 480, 510, 664 y 647 nm, respectivamente. Utilizando como blanco, acetona al 80%.

El cálculo de la concentración de compuestos fotosintéticos se realizó con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Clorofila } a \text{ } (\mu\text{g/mL}) = 11.93 A_{664} - 1.93 A_{647}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ } (\mu\text{g/mL}) = 20.36 A_{647} - 5.50 A_{664}$$

$$\text{Carotenoides totales } (\mu\text{g/mL}) = 7.6 (A_{480} - 1.49 A_{510})$$

Resultados y discusión

Cinética de crecimiento. En la figura 1 se muestra la cinética de crecimiento a diferentes concentraciones de nitrógeno, el tratamiento que presentó mayor crecimiento celular fue el control con una concentración de 1,780,000 células/mL en el día 12, seguido del tratamiento DN2 (440 μM) con 1,700,000 células/mL en el día 12 y el tratamiento DN3 (293.3 μM) 1,555,000 células/mL. Por último se tiene el tratamiento DN4 (220 μM) el cual tuvo un crecimiento mucho menor a los demás con un máximo de 440,000 células/mL en el día 4, el bajo crecimiento del tratamiento pudo haberse debido a la poca concentración de nitrógeno existente en el medio de cultivo (una cuarta parte de la concentración óptima).

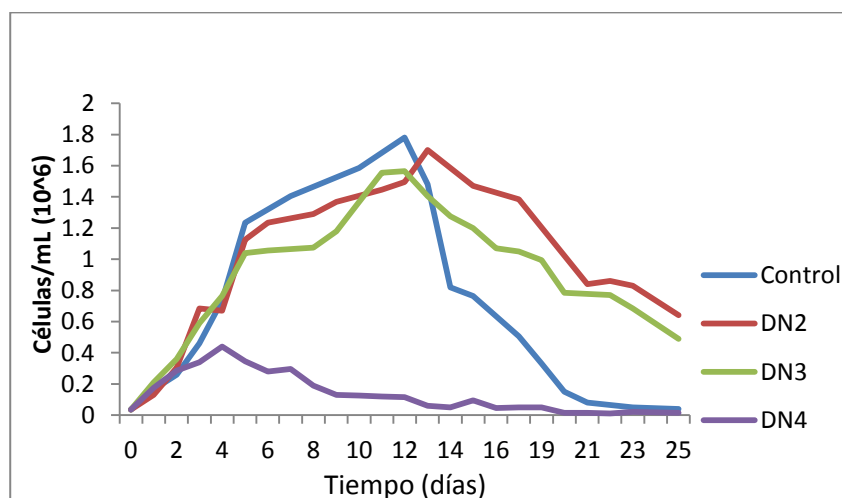


Figura1. Densidad celular para la cinética de crecimiento con deficiencia de nitrógeno.

El comportamiento es que debido a la baja concentración de nitrógeno se espera que exista una menor población de células por mililitro en cada uno de los tratamientos, esto con la finalidad de inducir la formación de pigmentos.

Clorofila a. Se puede observar en la figura 2 que el tratamiento que más obtuvo pigmentos fue el tratamiento DN2 (440 μM) con una cantidad de 4.72 mg/L, seguido por el control con 3.72 mg/L, después el tratamiento DN3 (293.3 μM) con 2.07 mg/L y por último el tratamiento DN4 (220 μM) con 0.904 mg/L. Todos estos máximos de clorofila *a* fueron en el

día 10 y en los posteriores fueron disminuyendo los niveles de clorofila *a*, debido a la formación de otros metabolitos.

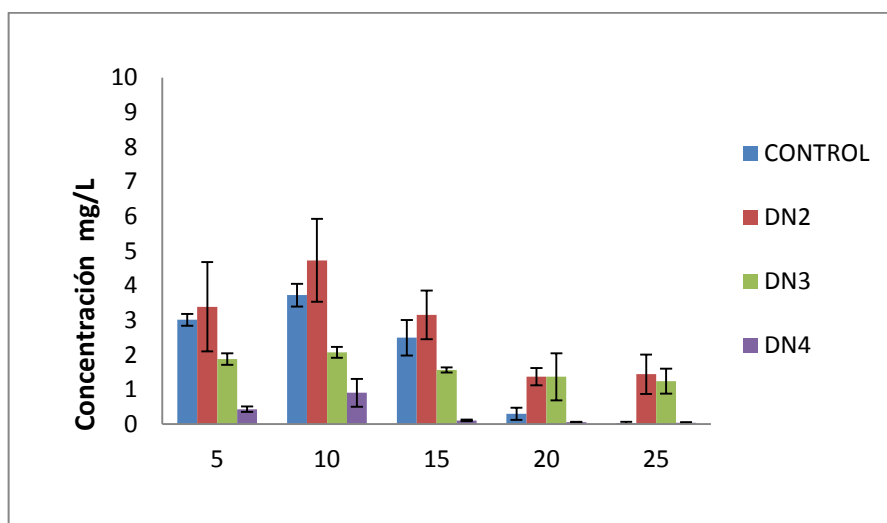


Figura 2. Comportamiento de la clorofila *a* expresada en mg/L de cultivo.

El valor máximo obtenido de clorofila *a* fue de 4.72 mg/L éste se encuentra en lo reportado por Guevara *et al.* (2005), donde ellos obtuvieron valores de entre 1.5 mg/L y 6 mg/L en diferentes aislados de *Dunaliella sp.*

Clorofila b. Como se observa en la figura 3, el tratamiento DN2 (440 μ M) es el que contiene más clorofila *b* con una cantidad 0.878 mg/L en el día 10, el control (880 μ M) llegó a su punto máximo en el día 15 con una cantidad de 0.54 mg/L, el tratamiento DN3 (293.3 μ M) llegó a su máximo en el día 25 con 0.46 mg/L y por último el tratamiento DN4 (220 μ M) tuvo su máximo de clorofila *b* en el día 25 con 0.107 mg/L, esto puede deberse a mecanismos de fotoprotección de la célula.

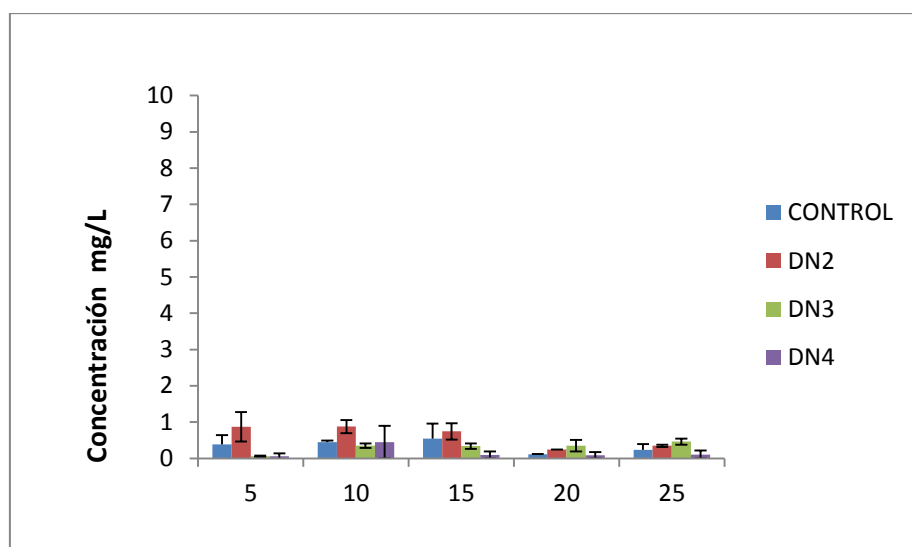


Figura 3. Comportamiento de la clorofila *b* expresada en mg/L de cultivo.

Gomez y Gonzales (2005) reportaron valores de 0.276 mg/L hasta 1.144 mg/L para clorofila *b* correspondientes a varias cepas de *Dunaliella salina*, lo que cae en el valor que se encuentra en la gráfica el cual dio como resultado máximo un valor de 0.87 mg/L para el tratamiento DN2.

Carotenoides totales. La mayor cantidad de carotenoides totales se puede observar en el tratamiento DN2 (440 μ M) con 5.98 mg/L, el segundo es el control (880 μ M) con 3.17 mg/L, el tercero es DN3 (293.33) con 2.16 mg/L y por último el tratamiento DN4 (220 μ M) con 0.777 mg/L (ver figura 4). Todos fueron presentados en el día 10.

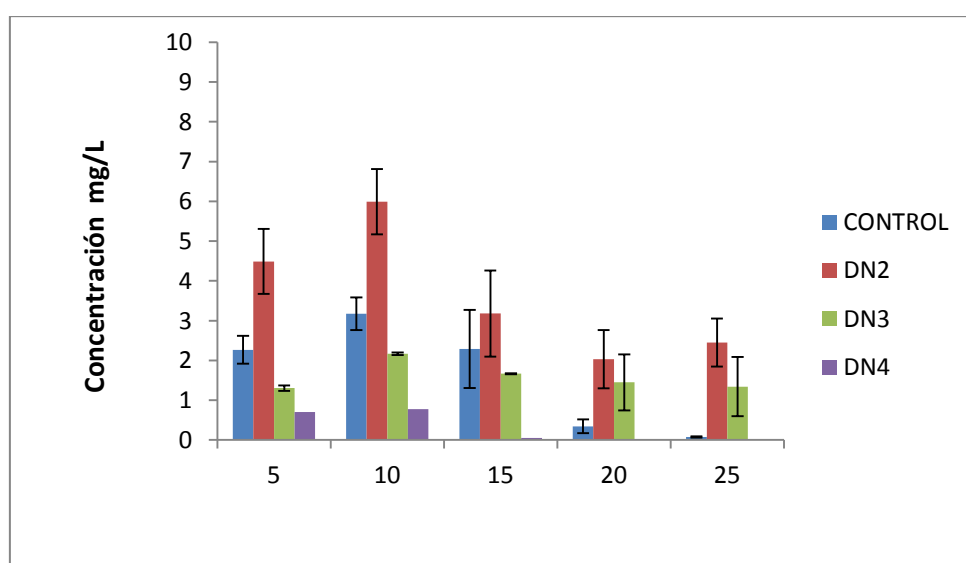


Figura 4. Comportamiento de la carotenoides totales expresada en mg/L de cultivo.

López (2008), registró una productividad de 6.1 mg/L en *Dunaliella salina*, resultado muy parecido al encontrado en este trabajo con 5.98 mg/L.

Efecto de la salinidad. Se utilizó el mejor resultado de concentración de fuente nitrogenada (440 μ M) obtenido por el rendimiento del cultivo expresado en mg/L para la producción de pigmentos (clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides totales).

Densidad celular. En la figura 5 se muestra la cinética de crecimiento con diferentes concentraciones de salinidad, se puede observar que el tratamiento control es el que obtuvo mayor crecimiento 1,665,000 células/ mL en el día 13, seguido por los tratamiento SA2 (1 M) (1, 330,000 cel/mL) en el día 20, después el tratamiento SA3 (1.5 M) en el día 19 (1,210,000 cel/mL) y por ultimo SA4 (81,000 cel/mL) el día 15.

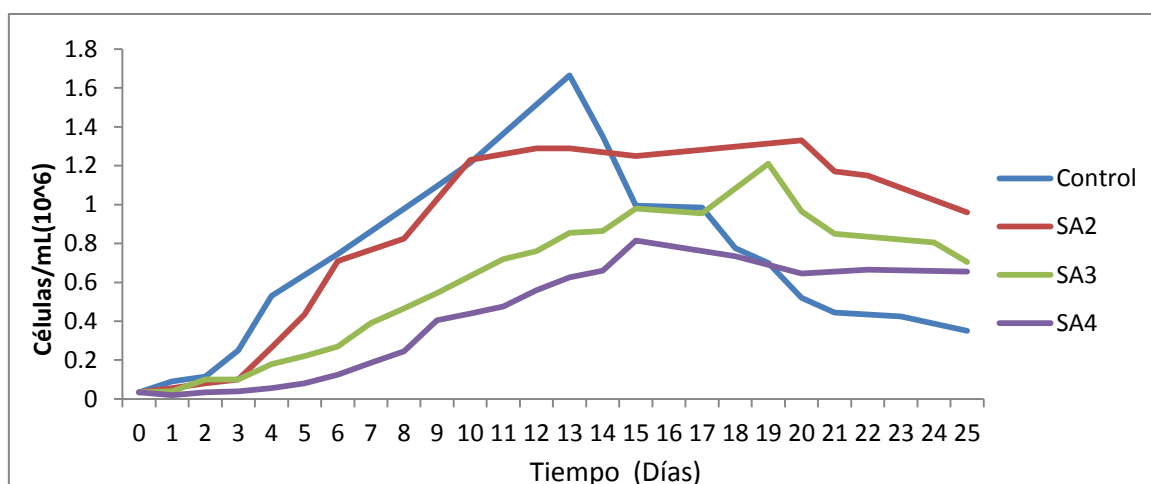


Figura 5. Densidad celular para la cinética del efecto de la salinidad.

El comportamiento mostrado en la cinética de crecimiento es el esperado ya que debido al aumento de la salinidad existe una disminución en la división celular. Esto podría ser porque la microalga usa su metabolismo para tener una adaptación al medio en lugar de reproducirse.

Clorofila a. En el análisis de clorofila *a* (ver figura 6), se observó que el control (0.5 M) tuvo un punto máximo en el día 20 con 3.86 mg/L, el tratamiento SA2 (1 M) tuvo su punto máximo en el día 10 con 8.14 mg/L, el tratamiento SA3 (1.5 M) con 14.88 mg/L (Mayor producción en la cinética) en el día 10 y por último el tratamiento SA4 (2 M) con una producción de 7.54 mg/L en el día 20.

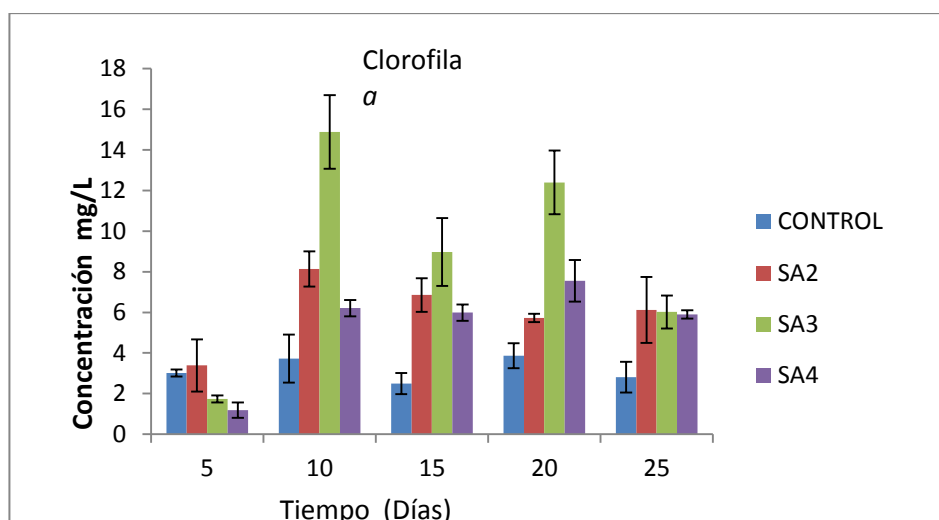


Figura 6. Comportamiento de la clorofila *a* expresada en mg/L de cultivo.

Para esta segunda cinética se encontró un elevado contenido de clorofila *a*, parecido a lo reportado por Huang et al. (2011), donde cuantificaron un rendimiento de hasta 12 mg/L en un cultivo de *Dunaliella salina* y *Phaeodacty lumtricornutum* comparando se tiene un rendimiento mayor en la presente investigación (14.88 mg/L) correspondiendo el tratamiento SA3 (1.5 M).

Clorofila b. El control (0.5 M) tuvo su máxima expresión de clorofila *b* en el día 15 con 2.4 mg/L, seguido del tratamiento SA2 (1 M) con 1.67 mg/L en el día 15 también, el tratamiento SA3 (1.5 M) cuenta con un máximo en el día 20 con 3.93 mg/L y por último el tratamiento SA4 (2 M) con 1.72 mg/L en el día 20 (figura 7).

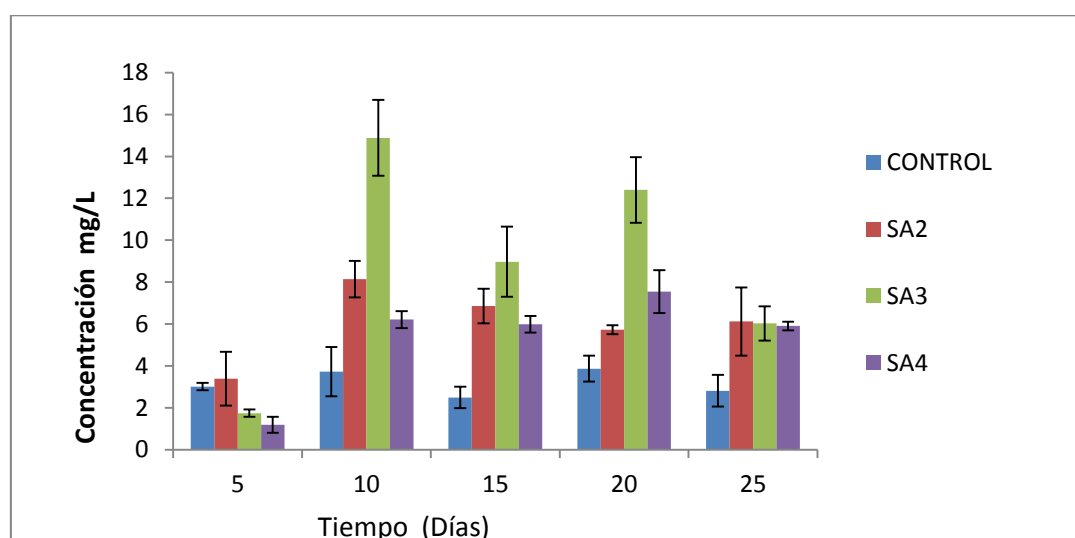


Figura 7. Comportamiento de la clorofila *b* expresada en mg/L de cultivo.

El resultado presentado en el día 20 con 3.93 mg/L para el tratamiento SA3 (1.5 M) es mucho mayor a lo reportado por Gomez y Gonzales (2005) el cual va de 0.276 mg/L hasta 1.144 mg/L. Pero en otro estudio realizado por Lopez *et al.* (2013) mostró resultados más elevados desde 14.45 mg/L hasta 18.9 mg/L para clorofila *b* obtenida de *Dunaliella tertiolecta*.

Carotenoides totales. En estos resultados se observó que el control (0.5 M) tuvo su punto máximo de carotenoides en el día 15 con 7.13 mg/L, el tratamiento SA2 (1 M) en el día 25 con 6.15 mg/L, el tratamiento SA3 (1.5) con 10.19 mg/L y por último el tratamiento SA4 (2 M) con 5.8 mg/L en el día 20 (figura 8).

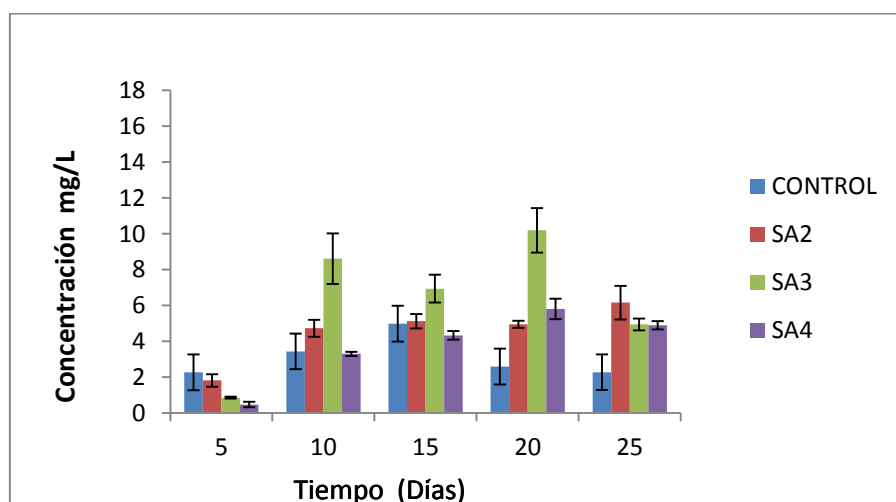


Figura 8. Comportamiento de la carotenoides totales expresada en mg/L de cultivo.

La producción de carotenoides totales (10.19 mg/L) obtenida en este estudio fue similar a la obtenida por Rad (2011) teniendo como resultado 9.52 mg/L en condiciones muy parecidas a las mostradas en el tratamiento SA3 (1.5 M) en *Dunaliella sp.*; sin embargo, otros estudios como el realizado por Guevara (2005) en *Dunaliella sp.* resultó tener hasta 38.4 mg/L de producción de carotenoides totales.

Conclusiones

Se logró inducir la producción de pigmentos de la microalga *Dunaliella sp.* bajo diferentes condiciones de cultivo, obteniendo una mayor producción de biomasa a 880 μ M de NaNO_3 y una salinidad de 0.5 M de NaCl, para la producción de pigmentos con 440 μ M de NaNO_3 y una salinidad de 1.5 M de NaCl, entonces dependiendo de lo que queremos producir serían las condiciones a utilizar, esto representa un potencial para la producción de

pigmentos por vía biotecnológica. Sin embargo, es necesario realizar estudios para conocer en detalle al microorganismo en estudio tales como composición bioquímica y los pigmentos carotenoides producidos.

Referencias

- Fernandes, P. (2009). Composición bioquímica y crecimiento de paralarvas de pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797), alimentadas con juveniles de *Artemia* enriquecidos con microalgas y otros suplementos nutricionales. Tesis de doctorado. Universidad Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España
- Garibay-Hernández, A., Vázquez-Duhalt, R., Sánchez-Saavedra, M. y Martínez-Jiménez, A. 2009. Biodiesel a partir de Microalgas. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería. 13: 38-61.
- Gomez, P & Gonzales, M. (2005). The effect of temperature and irradiance on the growth and carotenogenic capacity of seven strains of *Dunaliella* salina cultivated under laboratory conditions. *Biol Res* , 38 (2-3), 151-162.
- Guevara, M, Lodeiros, C, Gómez, O, Lemus, N, Nuñez, P, Romero, L, Vásquez, A & Rosales, N. (2005). Carotenogénesis de cinco cepas del alga *Dunaliella* sp. (Chlorophyceae). *Revista Biología Tropical*, 53 (3-4), 331-337.
- Guillard, RRL, & Ryther, JH. (1962). Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* Cleve. *Can. J. Microbiol.* 8: 229-239
- Huang, W-W, Dong, B-Z, Cai, Z-P & Duan, S-S. (2011). Growth effects on mixed culture of *Dunaliella salina* and *Phaeodactylum tricornutum* under different inoculation densities and nitrogen concentrations. *African Journal of Biotechnology* , 10 (61), 13164-13174.
- López, Y.K. (2008). Caracterización genética y de metabolitos secundarios de diferentes aislamientos de *Dunaliella salina* bajo condiciones de estrés salino. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Reynosa, Tamaulipas.
- López, SJ. & Catzim, LA. (2011). *Microalgas dulceacuícolas*. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Durán R. y M. Méndez (Eds). 2010. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 165-166 pp. Recuperado el 9 de mayo de 2016 en <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/02%20Microalgas.pdf>
- López-Elías, JA, Fimbres-Olivarría, D, Medina-Juárez, LA, Miranda-Baeza, A, Martínez-Córdova, LR, & Molina-Quijada, DMA. (2013). Producción de biomasa y

carotenoides de *Dunaliella tertiolecta* en medios limitados en nitrógeno. *Phyton (Buenos Aires)*, 82(1), 23-30. Recuperado en 09 de mayo de 2016, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572013000100004&lng=es&tlng=es

Moreno, P. (2010). Evaluación del crecimiento y carotenogénesis de cuatro cepas de microalgas marinas bajo condiciones de estrés por iluminación a temperatura y salinidad constantes. Tesis de maestría. DICTUS, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.

Prieto, MJ, Mogollon, MJ, Castro, A.L., & Sierra, AL. (2005). Efecto del medio y condiciones de cultivo en la productividad de tres diatomeas con potencial acuicola. *Revista MVZ Córdoba*, 10 (1), 544-554. Consultado el 9 de mayo de 2016 en <http://revistas.unicordoba.edu.co/ojs/index.php/mvz/article/view/100/97>

Rad, FA, Aksoz, N & Hejazi, MA. (2011). Effect of salinity on cell growth and β -carotene production in *Dunaliella* sp. isolates from Urmia Lake in northwest of Iran. *African Journal of Biotechnology* , 10 (12), 2282-2289.

Ruíz, A. (2011). Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana previamente tratada anaeróbicamente. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

- Ingeniería y Tecnología -

Capítulo VII. Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística-ITSON - Espacio de Inteligencia Colectiva para los Cuerpos Académicos-

Ernesto Alonso Lagarda Leyva¹, Miguel Gastón Cedillo Campos², Alfredo Bueno Solano²,
Arnulfo Aurelio Naranjo Flores¹ y Javier Portugal Vásquez¹

¹Departamento de Ingeniería Industrial, ²Instituto Mexicano del Transporte
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. ernesto.lagarda@itson.edu.mx

Resumen

En 2013 el cuerpo académico (CA) de cadenas productivas del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) inició un ejercicio a invitación del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) para conformar el Grupo Especializado de Investigación en Transporte Intermodal y Logística en el que se hace la presentación de las dos líneas de generación y aplicación del conocimiento. En 2014 se desarrolló un ejercicio de planeación estratégica en el que el ITSON a través de un representante participó activamente y en el que se propuso el lanzamiento de una red de colaboración internacional que fue apoyada para su conformación por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), entre los propósitos planteados fue el conformar el Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística coordinando el proyecto el IMT e invitando a solamente tres universidades para ser sede a nivel nacional, una de ellas el ITSON, además de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Posteriormente, en 2015 se somete ante Conacyt el proyecto denominado: Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística, siendo este apoyado con 10 millones de pesos por el Conacyt; así como de un fondo concurrente de 5 millones de pesos por el IMT y; 1 millón de pesos por parte del ITSON. El Laboratorio sede en ITSON, busca ser un espacio de inteligencia colectiva para el desarrollo de soluciones logísticas en la cadena de suministro para los sectores productivos del sur de Sonora y ser un espacio de apoyo para la formación de estudiantes de licenciatura y posgrado. Los resultados del primer año son mostrados en este artículo.

Introducción

En México, el transporte crece a un ritmo similar al de la economía en su conjunto, pero también se ve afectado de manera directa por situaciones adversas como las crisis económicas. La ocurrida en 2009 provocó la caída del sector por debajo del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. Con excepción de este año, el PIB de los Transportes, Correos y Almacenamiento, observó un crecimiento sostenido de 2008 a 2013.

El comercio exterior es un elemento fundamental de la economía nacional, pero es gracias a la participación del transporte que los productos mexicanos alcanzan los mercados globales. De hecho, la logística del transporte es un factor esencial de competitividad en la determinación del precio de venta final. Es en este contexto que la reducciones en la fluidez de los sistemas logísticos son un elemento de análisis crítico tanto para académicos, como para los tomadores de decisiones. En el caso de los cuellos de botella que derivan del incremento en la interacción comercial internacional. Por ejemplo, el número de camiones que cruzan la frontera entre México y EE.UU. ha mostrado una tasa de crecimiento media anual de 7%, de 1995 a la fecha (Cedillo-Campos & Martner, 2015).

Actualmente, los costos logísticos de las empresas nacionales representan en promedio 12.6% de sus ventas: donde el 60% se compone por los inventarios, procesamiento de pedidos y almacenaje, pero el 40% restante, corresponde al costo de transportación. Adicionalmente, el sector transporte es calificado como peligroso contaminante, una intrusión visual y ruidoso, entre otros inconvenientes para la sociedad. Sobre todo, la emisión de partículas y demás como contaminantes primarios como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO); óxidos de nitrógeno (NO_x); partículas finas o de diámetro aerodinámico = 2,5 µm (PM_{2.5}); así como compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros, que ha sido medida y calificada en muchas ciudades, zonas o regiones como un problema preocupante debido a que merma la salud de la población o contribuyen al efecto invernadero (Cedillo-Campos & Martner, 2015).

De hecho, en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, se reconoce que aún existen retos que enfrentar en este sector, y de manera enunciativa se destacan los siguientes: i) modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia; ii) muchas de las ciudades del país no cuentan con sistemas de transporte urbano masivo de calidad, por ello se pretende mejorar la movilidad de las ciudades mediante sistemas de transporte urbano masivo, congruentes con el desarrollo urbano sustentable, aprovechando las tecnologías para optimizar el desplazamiento de las personas; iii) la capacidad para atender buques de gran calado en diversas terminales portuarias es insuficiente y limita las oportunidades de crecimiento de la demanda, la competitividad y la diversificación del comercio exterior; iv) construir nuevos tramos ferroviarios, libramientos, acortamientos y relocalización de vías férreas que permitan conectar nodos del Sistema Nacional de Plataformas Logísticas; v) fomentar el desarrollo de

puertos marítimos estratégicos de clase internacional, que potencien la ubicación geográfica privilegiada de México, impulsen las exportaciones, el comercio internacional y el mercado interno; vi) la falta de infraestructura aeroportuaria adecuada en el centro del país limita la capacidad de México para establecerse como el principal centro de conexión de pasajeros y carga de Latinoamérica; y vii) la falta de una visión logística integral no permite conectar los nodos productivos, de consumo y distribución en México. (PND, 2013-2018, p. 81 y 140).

Es así como el Conacyt retoma desde 2014 la creación y promoción del Programa de Laboratorios Nacionales con el objetivo de equipar con infraestructura especializada a las instituciones de ciencia, tecnología e innovación para expandir sus capacidades de servicio técnico, académico y de investigación con estándares de calidad internacional. En este sentido se reconoce a los Laboratorios Nacionales como unidades especializadas que refuerzan la infraestructura y equipamiento para el desarrollo científico y la innovación en temas fundamentales, con el fin de optimizar recursos, generar sinergias y ofrecer servicios constantes y de calidad. A través de convocatorias específicas, el Conacyt apoya la formación de estas unidades de investigación para incidir en la formación de recursos humanos de calidad y que sean capaces de ser autofinanciables. El número de Laboratorios apoyados en 2015 fue de 40. En los años 2006, 2009 y 2014 se apoyaron solamente 25 Laboratorios (Conacyt, 2015).

Desde un contexto regional, la instalación de un Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística en el Estado de Sonora, teniendo como sede al ITSON, promueve el desarrollo de la inteligencia colectiva al convocar al trabajo coordinado de las Instituciones de Educación Superior (IES). De este modo, el objetivo es que el CA de Cadenas Productivas, coordine este esfuerzo nacional dentro de la región Noroeste y responda a los indicadores comprometidos año con año ante el Conacyt. El compromiso del ITSON es responder a temas asociados con riesgos en la cadena de suministro de los sectores productivos. Para ello se desarrollaron en 2015 diversos proyectos de investigación que fueron presentados en eventos nacionales e internacionales, así como en publicaciones donde estuvieron involucrados estudiantes de licenciatura y posgrado. El objetivo es promover el desarrollo de proyectos colaborativos para ofrecer respuestas con alto valor agregado a través de soluciones innovadoras desde la perspectiva de la cadena de suministro a los sectores productivos en el Sur de Sonora.

Planteamiento del problema

La Agenda de Competitividad en Logística 2008-2012, hace hincapié que la falta de cultura logística nacional y la limitada capacitación de los recursos humanos influyen en el incremento de los problemas en las prácticas logísticas dentro de la cadena de suministro de las empresas en México. De hecho, de acuerdo con la Asociación Mexicana de Logística Cadena de Suministro, A.C. (AML), la capacitación de los profesionistas en logística y la administración de la cadena de suministro no satisfacen plenamente a la demanda que requiere actualmente el mercado laboral. El paradigma de base es que la implementación de estrategias de capacitación efectiva, se logra impactar de manera significativa, la competitividad de las empresas. Se considera de esta forma, que estarán en posibilidades de afrontar de mejor manera los cambios en el mercado, pero además, desarrollar ventajas competitivas diferenciadas que les permitan agregar cada vez mayor valor a los servicios y tecnología en sistemas de transporte y logística.

Es imperativo que las IES cuenten con espacios físicos en los que se desarrollen soluciones para los problemas que, de acuerdo con la vocación de las regiones, concentre la inteligencia de expertos en el tema y jóvenes con potencial para atender las demandas de los empresarios, los gobiernos y la sociedad. Es en este marco que el IMT, así como la UANL, la UADY) y el ITSON, propusieron la creación del SiT-LOG Lab, para coadyuvar a resolver la necesidad que México tiene en la generación de recursos humanos, así como contribuir con los diferentes sectores productivos en la generación de soluciones innovadoras con base en la investigación.

Ante ello el CA de cadenas productivas, busca alianzas de colaboración con entidades de gobierno y empresas, así como otras IES bajo el modelo de triple hélice (Etzkowitz, 1997).

Derivado de lo anterior, se plantea como problema el siguiente reto: ¿Qué acciones deberá desarrollar el CA de Cadenas productivas en alianza con pares académicos y tomadores de decisiones en empresas y agencias de gobierno desarrollar soluciones de valor que impacten positivamente en los sectores productivos del Sur de Sonora?

Fundamentación teórica

Considerando el área de influencia y especialidad en la que se ubica la sede ITSON del Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística, se ha considerado el desarrollar

una especialización en el área de agro-logística. Lo anterior sin descuidar las diferentes áreas necesarias para mantener una visión integral de cadena de suministro que favorezca la interacción con los diferentes sectores productivos.

La economía mexicana se expandió 2.5% en 2015, superior al 2.1% registrado el año previo, según cifras preliminares del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El dato está dentro del rango previsto por Hacienda de 2 a 2.8%. En el cuarto trimestre, el PIB creció 0.6% respecto al tercer trimestre, según cifras desestacionalizadas del instituto. Las actividades primarias tuvieron un retroceso de 1.7%, el sector secundario o industrial - que se mueve al ritmo de la economía estadounidense - se estancó al no reportar variación, mientras las actividades terciarias o servicios fueron las únicas con un alza que fue de 0.9% (Bojali, 2011).

El estado de Sonora está entre las entidades que contribuyen de manera significativa a la producción alimentaria nacional, destaca también por sus índices relevantes de consumo de vegetales, carnes, pescados y mariscos. El comportamiento positivo de la producción agrícola y ganadera permitió que se mantuviera el crecimiento de estas actividades en los últimos diez años. Es en este sentido que las IES con intervenciones importantes y apoyados en su capital humano y de infraestructura como es el caso del Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística (SiT LOG Lab), deben proveer soluciones colectivas en la cadena de suministro.

Cabe resaltar que La Agenda de Competitividad en Logística 2008-2012 (ACL, 2008-2012), ya mencionaba como objetivo el crear las condiciones para que México cuente con servicios logísticos de clase mundial, que impulsen la competitividad del país a través del uso correcto de herramientas para elevar sus niveles de servicio. Por ello realiza acciones orientadas a: 1) Mejorar la calidad y predictibilidad del sistema logístico operacional dentro de la gestión de la cadena de suministro; 2) Incrementar los niveles de servicio ofertados por las empresas del sector logístico en México; y 3) Implementar acciones que conlleven al desarrollo de relaciones duraderas, con los proveedores y clientes claves de la cadena de suministro, considerando que estos aspectos repercutirán de manera directa en el costo final de los productos, en una mejora en el nivel de servicio y, por ende, en el aumento de la competitividad de las empresas y de todo el país.

Por lo tanto, es cada vez más evidente que México debe de enfocarse en áreas concretas para continuar elevando sus prácticas de cadena de suministro y de forma particular, en cuanto a la estrategia. En este punto se requiere formalizar procesos para la identificación y selección de contratistas de manufactura así como de aquel personal capacitado en implementar y monitorear acuerdos de niveles de servicio y de colaboración conjunta. Además de dar mayor importancia al manejo adecuado de niveles de complejidad, estandarizando activamente componentes y materiales de los productos; incrementar esfuerzos de colaboración entre socios comerciales que vayan más allá de la planeación y respalden el concepto de una sola red logística integrada. Siempre considerando mejorar capacidades de implementación y monitoreo de iniciativas sustentables (Secretaría de Economía, 2011).

Desde el punto de vista conceptual, el enfoque de cadena de suministro considera la integración de las funciones principales del negocio hasta el usuario final. Lo anterior a través de los proveedores quienes ofrecen productos, servicios e información que agrega valor, para los clientes y otros interesados. El valor agregado se define por la característica particular que añade la organización al producto o servicio construido, el cual tiene como objetivo destacar un elemento que lo distinga ante sus competidores y que lo convierte en algo especial o único, por lo tanto tal distinción debe ser poco común a lo desarrollado por otras organizaciones (Cruz, Lagarda, & Miranda, 2015).

Bajo el mismo enfoque se puede definir a la cadena de suministro como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio a través de funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de empresas que participan en la cadena de suministro con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la logística en la cadena de suministros como un todo.

Cabe resaltar que en este marco, la logística es la parte del proceso de la cadena de suministro la cual planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento de manera eficiente y efectiva de los bienes y servicios, así como la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente. Es posible ver la logística como aquello que se encarga de unir producción y mercado a través de técnicas y estrategias. La logística es el arte de planear y coordinar todas las actividades y procesos necesarios para que un producto o servicio se genere y llegue al punto

donde y cuando el cliente final lo requiere, optimizando el costo (Ballou, 2004; Crone, 2014; Arvis, Ojala, Shepherd, Busch & Raj, 2014; Lagarda-Leyva, Castañeda-Rodríguez y Soto-Fierro, 2016).

Metodología

El objeto de estudio son los sectores productivos en los que el Sit LOG Lab, con sede en el ITSON puede impactar. Bajo la coordinación del IMT, se busca atender, analizar y proponer soluciones innovadoras a los problemas prioritarios en el sur de Sonora. El procedimiento que se siguió fue en cinco etapas que a continuación se describen.

1. *Desarrollo de la propuesta nacional.* En esta fase se trabajó en conjunto y bajo la coordinación del IMT en la propuesta del Sit LOG Lab. Lo anterior tuvo como producto final un documento que concentra las fortalezas de cada una de las entidades involucradas, por un lado el IMT cubriendo las demandas de la región del Centro del país y asumiendo además la coordinación nacional del proyecto; la UANL, atendiendo la región Noreste del país; la UADY, cubriendo el Sur del país; y el ITSON, atendiendo el Noroeste del país. El proyecto fue desarrollado bajo un convenio general con el IMT donde quedaron plasmados los derechos y obligaciones, así como los beneficios de cada una de las partes.
2. *Sometimiento y Aprobación.* La propuesta fue sometida en la convocatoria de Laboratorios Nacionales del Conacyt en el primer trimestre del año 2015 ante éste organismo, el resultado de esta fase fue la respuesta de aprobación del recurso por 10 millones de pesos para el equipamiento de los cuatro laboratorios en México, con una aportación de 5 millones por el IMT y 1 millón de pesos mexicanos por parte del ITSON.
3. *Implementación de la propuesta.* La fase de implementación inicio posterior a la aprobación para responder a los indicadores que se habrían comprometido en el proyecto por las tres universidades y el IMT, como resultado de esta fase, se iniciaron y concluyeron proyectos y servicios, así como la formación de recursos humanos por las cuatro entidades involucradas.
4. *Resultados Nacionales.* Las cuatro sedes se comprometieron a dar resultados en indicadores nacionales ante el Conacyt, siendo concentrados y publicados en el sitio Web que administra el IMT, cumpliéndose en esta fase el 100% de los indicadores ante el IMT como entidad concentradora de los mismos.

5. *Evaluación de Indicadores por el Conacyt.* La última fase consistió en someter a evaluación los indicadores ante el Conacyt, teniendo como respuesta por esta entidad oficial un oficio donde se indica el cumplimiento de todos los indicadores.

Resultados y discusión

Los principales resultados se muestran de acuerdo al procedimiento que se siguió para lograr la aprobación y puesta en marcha del SiT LOG Lab. Lo anterior desde el enfoque de proponer un espacio para el desarrollo de la inteligencia colectiva que incorpora los puntos de vista y soluciones de las partes interesadas (gobierno, empresa, universidad y sociedad). El primer resultado fue la consolidación del proyecto en el que se asignó a las tres IES compromisos de investigación diferentes que a continuación se mencionan.

- 1) UANL, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Mecánica: Logística, clústeres industriales y cadena de suministro, con el objetivo de analizar, diseñar y desarrollar metodologías para la pertinente formación y operación de sistemas logísticos y clústeres industriales.
- 2) UADY, Facultad Ingeniería Química: Tecnología logística, con el objetivo de diseñar y desarrollar tecnología logística que permitan potenciar la interoperabilidad de los diferentes eslabones de la cadena de suministro.
- 3) ITSON, Departamento de Ingeniería Industrial: Análisis de riesgo y redes de empresas, con el objetivo de desarrollar herramientas y metodologías para incrementar la resiliencia de las cadenas de suministro en los sectores productivos.

De acuerdo a Cedillo-Campos y Martner (2015) dentro de un proceso de planeación estratégica que incluyó expertos nacionales e internacionales, se determinaron tres ejes temáticos sobre los cuales estructuraron las actividades. Lo anterior con el interés de impulsar la investigación, asesoría tecnológica y formación de recursos humanos en ciencia, innovación y tecnología de los Sistemas de Transporte y Logística. De éste modo, se considera que si bien existen una amplia gama de tópicos de investigación en sistemas de transporte y logística, todos ellos se pueden articular dentro de los tres ejes temáticos identificados (ver Figura 1).

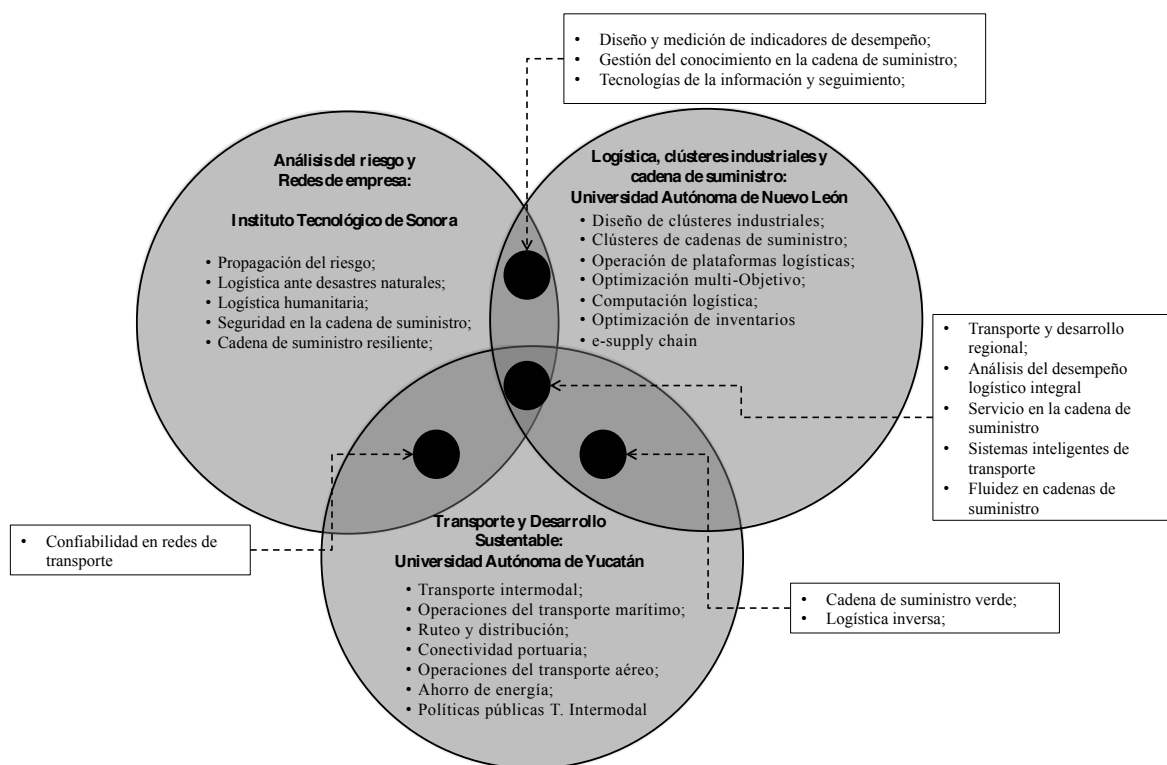


Figura 1. Áreas de conocimiento.

Para la implementación de la propuesta, se adquirieron equipos de cómputo, equipos de transferencia de video, voz y datos, así como pantallas para la transferencia de imágenes y un sistema de pizarrones inteligentes en red para las IES. Cada una de ellas, comprometió en el convenio, el espacio donde sería alojado el Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte en su universidad. Durante el período de 2015 los compromisos habrían de cumplirse, en este sentido fueron implementados proyectos de investigación y vinculación, servicios a las empresas y comunidad, así como la formación de recurso humano en el nivel de licenciatura y posgrado por parte del ITSON y las otras IES participantes, el IMT cumpliría con los propios como Centro de Investigación y al ser la sede central del proyecto, como coordinador nacional.

Los resultados que se lograron y presentaron ante el Conacyt fueron los que se muestran en la Tabla 1. Se categorizan como sigue: 1) Publicaciones de investigación; 2) Recursos humanos formados; 3) Servicios a investigadores internos y externos; 4) Acciones de vinculación empresarial y social.

Tabla 1. Producción total de los cuatro compromisos asumidos ante el Conacyt en el año 2015.

Rubro Nombre	Difusión				Recurso Humano		Servicios		Vinculación		
	Artículos	Libros	Capítulos	Congreso	Doctorado	Maestría	Internos	Externos	Talleres	Curso corto	Consultoría
IMT	1	0	1	2	--		3	3	1	1	2
UANL	1	0	1	2	--	2	3	3	1	1	2
UADY	0	0	1	2	--	2	3	3	1	1	2
ITSON	0	0	1	2	--	2	3	3	1	1	2
Total	2	0	4	8	0	6	12	12	4	4	8

Nota: Instituto Mexicano del Transporte (IMT); Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL); Universidad Autónoma de Yucatán (UADY); Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). El total de productos comprometidos para el rubro de Difusión es de 14 productos; en el rubro de formación de recursos humanos el compromiso es de 6 estudiantes de maestría; el total de servicios es de 24; y finalmente en vinculación se lograron 16 servicios. Fuente: elaboración propia con datos del reporte enviado a Conacyt en 2015.

Todos estos resultados fueron generados a partir de la producción que se generó en el año 2015 y en la que participaron los miembros del CA de cadenas productivas y sus LGAC. La Tabla 2 muestra la información de producción y las empresas involucradas.

Tabla 2. Información sobre las empresas con proyectos en el año 2015.

Empresa Involucradas	No. de alumnos Involucrados			LGAC		Sector		
	Licenciatura	Maestría	Doctorado	1	2	Primario	Secundario	Terciario
	52	2	1	12	16	5	13	9

Notas: Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC), 1 es la LGAC de Soluciones Logísticas Innovadoras, la 2 es la LGAC de Evaluación del Desempeño Logístico, las 13 organizaciones son: Corporativo AGM, Asociación de Organismos de Agricultura del Sur de Sonora, ITSON, Pepsico, Radiall, Fiesta Inn, Cervecería Modelo, ERQ Instalaciones, Congeladora Hortícola, Productora de Fertilizantes del Noroeste, Paquetería y Carga del Pacífico, Distribuidora Francisco Martínez Duarte, Autotransportes de pasajeros Tufesa, Recicladora del Valle, Moldecor, SIS.

En este sentido, el responsable técnico en el IMT, recibió la notificación por parte del Conacyt donde una vez revisado el informe técnico se emitió un dictamen informando sobre el cumplimiento del 100% de los indicadores comprometidos por las tres IES y el propio IMT. En el primer semestre de 2016, el laboratorio nacional, con sede en ITSON, recibió el apoyo en recursos financieros por parte del Consejo Directivo para iniciar los trabajos de acondicionamiento del espacio físico e infraestructura tecnológica en el área asignada para recibir los equipos de cómputo, video y voz que fueron adquiridos con fondos externos y los concurrentes.

De igual forma, se espera que para el segundo semestre del año sea inaugurado formalmente el Sit LOG Lab –ITSON- para recibir los proyectos de las empresas con las que el CA de Sistemas Productivos tiene convenios a nivel licenciatura y posgrado. Es importante

señalar que el Laboratorio no es exclusivo del CA, sino más bien busca la cohesión y cooperación para que otros CA de ITSON y de la Región Noroeste se involucren en el mismo, dado que este es el origen y espíritu del proyecto, orientado a que el espacio sea para concentrar talento y desarrollar proyectos a través de la inteligencia colectiva en búsqueda de la solución de los problemas de la región Noroeste del país.

El número de proyectos con empresas con las que se tuvo relación en el primer semestre de 2016 se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Información sobre las empresas con proyectos en el primer semestre de 2016.

Empresa Involucradas	No. de alumnos Involucrados			LGAC		Sectores		
	Licenciatura	Maestría	Doctorado	1	2	Primario	Secundario	Terciario
19	37	6	0	17	16	2	14	8

Notas: Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC), 1 es la LGAC de Soluciones Logísticas Innovadoras, la 2 es la LGAC de Evaluación del Desempeño Logístico, las 13 organizaciones son: Corporativo AGM, Asociación de Organismos de Agricultura del Sur de Sonora, Centro de Acopio UCAMAYO, LMPlástico, Grupo Pepsico, Radiall, Autocircuitos de Obregón, Bachoco, Planta Ensabladora Ford, Tapices Orozco, JBR etiquetas, Grow, Fertilizantes Tepeyac, ITSON, Sector Salud (Obregón, Navojoa, Huatabampo, Guaymas), Autotrasportes Tufesa

Es importante señalar que esta información será reportada como parte de los resultados de desempeño del CA de sistemas productivos y sus dos líneas de generación y aplicación del conocimiento. De este modo, se contempla que con el ingreso de la nueva oferta académica de posgrado, la Maestría en Gestión de la Cadena de Suministro se sumarán al menos a diez estudiantes de posgrado a los proyectos con empresas del sur de Sonora. Otros reportes similares que han servido como referente a este reporte son los de los 39 Laboratorios Nacionales que el Conacyt apoyó en 2015.

Conclusiones

El diseño y desarrollo de propuestas nacionales con una visión sistémica y orientada a resolver problemas del país desde la perspectiva de la ciencia y tecnología forman parte de las actividades que las Instituciones de Educación Superior y los Centros de Investigación deben desarrollar en conjunto con las empresas y gobiernos. Esto con el propósito de fomentar la colaboración e intercambio de ideas para colocar propuestas de valor para las partes interesadas.

El proyecto del Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística fue desarrollado e implementado con la colaboración de tres IES Nacionales que fueron

seleccionadas por el Instituto Mexicano del Transporte y logró en su primer año cumplir en un 100% con los compromisos fijados ante el Conacyt.

De igual forma, se demuestra que las capacidades de gestión interna y externa deben ser promovidas y apoyadas cuando se cuenta con los argumentos suficientes para justificar los apoyos requeridos y estos sean otorgados para atender los objetivos y metas planteados. Es importante señalar que el objetivo de este proyecto se cumplió al dar respuesta al problema planteado desde el compromiso total del proyecto, pero en específico de los indicadores del ITSON al lograr que el CA de Cadenas productivas en alianza con pares académicos y expertos desarrollaron soluciones de valor en los sectores productivos del sur de Sonora a través del desarrollo de proyectos colectivos.

El trabajo futuro, está asociado al desarrollo de nuevos proyectos y continuación de los ya en marcha. En una segunda etapa con empresas de la región el ITSON impulsó tres proyectos apoyados internamente a través de la convocatoria del Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI) y uno para el CA de Cadenas Productivas sumando con ello un total de \$400,000 pesos.

Los proyectos aceptados fueron los siguientes: 1) Diseño de soluciones en la cadena de suministro para evaluar el desempeño de las pequeñas y medianas empresas (PROFAPI_2016_0006) apoyado con \$250,000 para el CA de Cadenas Productivas; 2) Determinación de indicadores logísticos de distribución del trigo y propuesta de proyectos de desarrollo (PROFAPI_2016_0035), apoyado con \$50,000; 3) Integración de dos metodologías de análisis y diseño de procesos organizacionales en pequeñas empresas considerando su nivel de madurez (PROFAPI_2016_0044), apoyado con \$50,000; 4) Asociación del desempeño organizacional en relación con la gestión y competitividad a nivel micro en unidades económicas del giro de servicio bajo una perspectiva de género (PROFAPI_2016_0088), con un apoyo de \$50,000.

Derivado de lo anterior el CA de cadenas productivas tiene un compromiso importante para el cierre del año 2016, en el que se tiene previsto que participen estudiantes de licenciatura y posgrado, considerando para ello la nueva oferta de posgrado (Maestría en Gestión de la Cadena de Suministro) que iniciará en septiembre de 2016 y apoyada con las investigaciones de los estudiantes en estancias profesionales por dos tetramestres para las

cohortes 2016-2018, así como de los proyectos que actualmente traen los estudiantes de la cohorte 2015-2017 de la Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad. De igual forma se tiene este espacio para que los otros programas educativos y cuerpos académicos de otras universidades y las del mismo ITSON para que se sumen a esta iniciativa de inteligencia colectiva y compromiso nacional para entregar productos y servicios de valor agregado para la sociedad.

Referencias

- Arvis, J., Savslasky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., & Raj, A. (2014). *Connecting to compete, 2015, trade logistic in the global economy*. Washington, D.C., USA: The World Bank.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. México, D.F., México: Pearson.
- Bojali, J. A. (2011). Consultores internacionales, S.C.
- Cedillo-Campos, M. G., & Martner Peyrelongue, C. D. (2015). *Laboratorio Nacional en Sistemas de Transporte y Logística*. Proyecto, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro.
- Conacyt. (2015). *Gobierno de la República*. Recuperado el 9 de mayo de 2016, de Laboratorios Nacionales : <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-cientifico/programa-de-laboratorios-nacionales>
- Crone, S. (2014). *Distribución y Logística*. Recuperado el 2 de mayo de 2016, de <http://www.distribucion-y-logistica.com/logistica/definiciones/logistica-definicion.html>
- Cruz, I., Lagarda, E., & Miranda, A. (2015). Sistema de mejora continua para el proceso CRMde una empresa de servicios. *3 Ciencias*, 4 (4), 200-218.
- Desarrollo, P. N. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. Recuperado el 5 de mayo de 2015, de Gobierno de la República: http://www.sev.gob.mx/educacion-tecnologica/files/2013/05/PND_2013_2018.pdf
- Etzkowitz, H. (1997). *Academia, industria y el gobierno las relaciones y el crecimiento de la política industrial neo-corporativista en los Estados Unidos*. Bruselas: S. Campodall'Orto.

Lagarda-Leyva, E. A., Castañeda-Rodríguez, G., & Soto-Fierro, I. (3 de January de 2016). Strategic Plan for a Processed Foods Company Using Megapanning and Balanced Scorecard. *Performance Improvement Quarterly* , 27-74.

Logística, L. A. (2008). *e-Logística*. Recuperado el 2 de mayo de 2015, de Secretaria de Economía:
<http://www.elogistica.economia.gob.mx/work/models/elogistica/Resource/1/1/images/LOGISTICA0812.pdf>

SAGARPA. (2014). *CONAPESCA*. Recuperado el 21 de abril de 2015, de
http://conapesca.gob.mx/wb/cona/4_de_junio_de_2014_mexico_df

Secretaría de Economía. (2011). *SE*. Recuperado el 3 de mayo de 2016, de elogística:
<http://www.elogistica.economia.gob.mx/swb/work/models/elogistica/Resource/3/1/images/evolucion2011.pdf>

Capítulo VIII. Pronóstico y validación de la irradiación solar y sus componentes por medio de un modelo meteorológico numérico

Ian Mateo Sosa Tinoco, Javier Pérez Ramírez y José Antonio Beristain Jiménez

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. ian.sosa@itson.edu.mx

Resumen

El trabajo presenta los resultados del pronóstico de la irradiación solar global y sus componentes por medio de un modelo meteorológico numérico de mesoescala en una región semi-seca. Se modelan dos días con diferentes condiciones climatológicas (con cielo despejado y cielo nublado). Además se utilizan 5 estaciones agro-meteorológicas y una estación meteorológica, todas cercanas, para validar los resultados del modelo en un punto de interés. Los resultados muestran que el modelo utilizado y ajustado para la región de estudio tiene una correlación alta con las mediciones hechas en el sitio, especialmente para el día despejado. Se concluye que es necesario hacer más estudios de las salidas del modelo para determinar con mayor estadística la precisión de las salidas del modelo con respecto a las observaciones utilizadas.

Introducción

Debido a la alta penetración de las energías renovables en los portafolios de energías en los países desarrollados y que está comenzando en los países en desarrollo hace que la predicción de gran precisión, de los recursos variables (en particular la energía solar), sea predominantemente importante (Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2015); especialmente a diferentes escalas temporales, para poder alcanzar un balance energético en la red eléctrica.

El pronóstico de la energía solar es muy importante, ya que permite un diseño más adecuado de las redes de transmisión inteligentes (Smart Grids), con lo que se consigue una gestión de los recursos renovables y no renovables más adecuada, reduciendo costos (Potter, Archambault, & Westrick, 2009; Wan, Zhao, Member, & Song, 2015).

El presente trabajo muestra como determinar el recurso solar fotovoltaico, por medio de un modelo meteorológico numérico (MMN), para una región específica. La región de estudio es el sur de Sonora la cual se encuentra en una zona semi-desértica con temporada de lluvias (variables) desde julio hasta octubre. Dicha variabilidad permite analizar la manera en la cual un sitio aparentemente ideal para utilizar el recurso solar podría resultar un problema

en el balance de la red eléctrica. Es decir, si la penetración de la energía solar aumenta y no se tiene una predicción oportuna podría provocar un desbalance en las redes eléctricas causando altos costos y un gran desperdicio energético (Atwa, El-Saadany, Salama, & Seethapathy, 2010; Inman, Pedro, & Coimbra, 2013).

El MMN utilizado es el modelo Weather Research Forecast (WRF), el cual es un modelo desarrollado por la colaboración del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR por sus siglas en inglés) y la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA por sus siglas en inglés) (Skamarock et al., 2008). WRF es un modelo numérico de escala sinóptica, el cual se alimenta de otro modelo meteorológico de escala mundial en este caso se utilizó el Global Forecast System (GFS) (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2016).

El uso de MMN para el pronóstico de la radiación solar ha sido estudiado por diferentes autores dando diferentes resultados (Diagne, David, Boland, Schmutz, & Lauret, 2014; Huang, Korolkiewicz, Agrawal, & Boland, 2013; Kleissl et al., 2013; Remund, Perez, & Lorenz, 2008) dependiendo de varios factores como son el tiempo de pronóstico, la escala temporal, la escala horizontal, las parametrizaciones utilizadas, la región estudiada y las condiciones de contorno de la misma.

Se pretende demostrar que se puede utilizar el modelo WRF para pronosticar la energía aprovechable para plantas de energía solar en la región sur del estado de Sonora. Para esto, el artículo está estructurado de la siguiente manera: en la próxima sección se describe la región a estudiar, en seguida se presenta los resultados para la validación de la propuesta y finalmente se emiten las conclusiones.

Fundamentación teórica

La región sur del estado de Sonora para el caso de esta investigación considera 13 municipios, los cuales están mostrados en la Figura 1. El sur de Sonora tiene 3 climas principales, muy seco, seco y semi-seco de acuerdo a la clasificación climática del INEGI (INEGI, 2015).

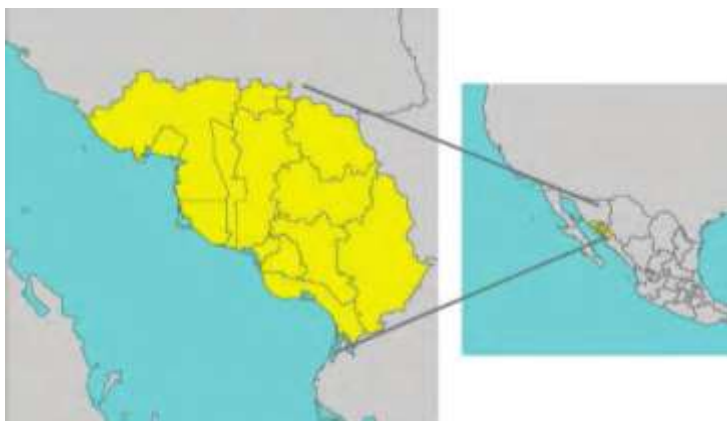


Figura 1. Municipios del Sur de Sonora considerados para el estudio.

Los municipios del sur de Sonora se extienden desde el municipio de Huatabampo y Álamos en el sur del estado hasta los municipios de Guaymas, Cajeme y El Quiriego, pasando por los municipios de Empalme, San Ignacio Rio Muerto, Bacum, Benito Juárez, Navojoa, Etchojoa y el Rosario.

Esta región es afectada por el monzón norteamericano, el cual se hace presente a partir de Junio y termina en Octubre (Douglas, Maddox, Howard, & Reyes, 1993). El monzón afecta directamente la región en el aprovechamiento de energía solar debido a las masas de aire húmedo que afectan la irradiación durante dichos meses.

Metodología

En este capítulo se describirá el procedimiento utilizado para el pronóstico del recurso aprovechable solar por medio del modelo meteorológico WRF. En primer lugar se describirá la inicialización del modelo WRF. Además se describe el método de validación con estaciones meteorológicas cercanas y la ubicación de las mismas.

Inicialización y Modelado

En la presente investigación se utilizó el modelo WRF para mejorar el estado de las magnitudes físicas de la atmósfera especialmente de las capas de contorno por medio de la técnica de *down-scaling* las salidas del modelo GFS. GFS es un modelo meteorológico mundial que pronostica las condiciones atmosféricas con una resolución espacial de 0.5° y una resolución temporal de 3 horas. Además los datos estáticos (orográficos y tipo de terreno) utilizados tienen una resolución espacial de 2 minutos (cerca de 3.7km).

Los esquemas y parametrizaciones utilizados, como referencia, están resumidos en la Tabla 1. Los esquemas físicos seleccionados, en específico los de Cúmulos, Onda Corta y Onda larga, se seleccionaron debido a las características de la región (clima y probabilidad de días despejados) y la resolución horizontal de la malla. Los esquemas de modelo de transferencia radiativa rápida (RRTM por sus siglas en inglés) (Mlawer, Taubman, & Clough, 1995) y el modelo de Dudhia (Ruiz-Arias, Dudhia, & Gueymard, 2014) fueron seleccionados como esquemas físicos de radiación de onda larga y onda corta respectivamente, debido a que son los esquemas más usados en la literatura. Finalmente, la parametrización de cúmulos seleccionada fue New Kain-Fritsch debido a que en el estudio de Lobato, (2003) es el esquema con mejor respuesta a las condiciones del país y a las formaciones de nubes durante la temporada de lluvias.

Tabla 1. Resumen de inicialización y parametrizaciones físicas empleadas.

Periodo de Simulación	24 horas.
Versión del Modelo	V3.7.1
Número de dominios	2
Resolución horizontal	27 y 9 km aprox.
Datos de entrada	GFS
Time step	100 s
Frecuencia de salidas	120 (d01) y 10 minutos (d02)
Anidamiento	1-way nesting
Parametrizaciones físicas	
Microfísica	WSM6 class
Cúmulos	New Kain Fritsch
Onda corta	Dudhia
Onda larga	RRTM
LSM	Noah
PBL	YSU

Una vez inicializado el modelo, con GFS como condiciones de contorno y las parametrizaciones adecuadas para la región, se extraen las salidas de irradiación solar, las cuales pueden ser obtenidas a diferentes resoluciones temporales y espaciales. En este caso las resoluciones seleccionadas son en escala temporal cada diez minutos y a escala espacial de 9km por 9km debido a la baja variación orográfica de la región. Se realizó esta inicialización para cada uno de los casos. En la Figura 2 se muestran, como referencia, los dominios utilizados para la simulación.



Figura 2. Dominios anidados de las simulaciones.

Estaciones meteorológicas y validación

Una manera de validar la salida del modelo es por medio de la comparación con los valores de las estaciones meteorológicas cercanas a la región. En este caso utilizamos 4 estaciones agro-meteorológicas manejadas por el Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Sonora (SIAFESON) y una estación meteorológica instalada en la universidad por el Laboratorio de Eco-hidrología e Isotopos Estables y el Laboratorio de Percepción Remota de la Dirección de Recursos Naturales del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). En la Tabla 2 y Figura 3. Ubicación de estaciones meteorológicas respecto a una planta fotovoltaica (punto de interés). En la Figura 3 se muestran las estaciones utilizadas y su ubicación geográfica, además de la ubicación geográfica de la planta fotovoltaica. Los datos utilizados fueron la irradiación global con valores diez-minutales en las estaciones del SIAFESON y quince-minutales para la estación del ITSON.

Tabla 2 Listado de estaciones utilizadas para calibración.

Nombre	Longitud	Latitud	Altura	Organismo
San Salvador	-109.92	27.61	34	Siafeson
Block 910	-109.92	27.37	38	Siafeson
Block 720	-109.80	27.38	77	Siafeson
Block 609	-110.09	27.41	18	Siafeson
Observatorio Náinari	-109.97	27.49	35	ITSON
Punto de interés	-109.97	27.50	35	ITSON



Figura 3. Ubicación de estaciones meteorológicas respecto a una planta fotovoltaica (punto de interés).

Resultados y discusión

Los resultados se dividen en dos partes de acuerdo a las diferentes condiciones climatológicas que se realizaron las pruebas: día con cielo nublado y día con cielo despejado.

Simulación de día con cielo nublado vs la media de las observaciones

A continuación se muestra la salida del modelo, proyectada sobre un mapa de la región, en distintos momentos del día nublado (

Figura 4). Se observa cómo claramente las nubes (en azul cielo) que pronostica el programa afectan directamente a la irradiación global en la superficie.

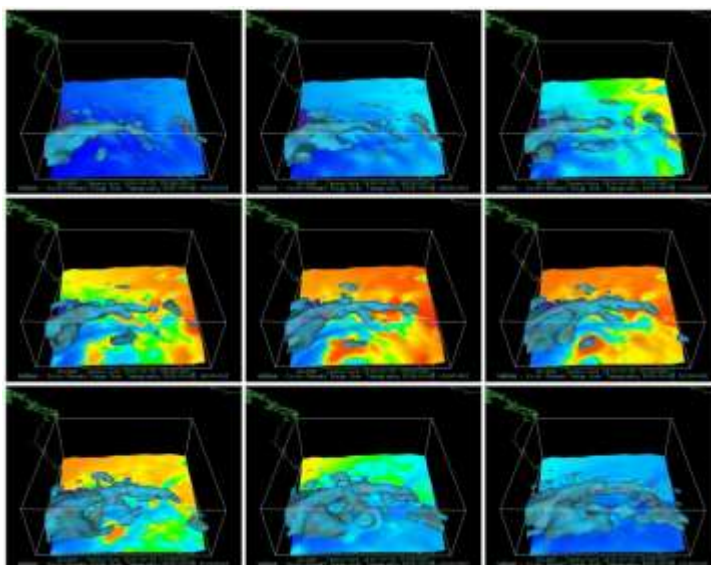


Figura 4. Irradiación solar vs Nubosidad proyección en tres dimensiones.

En esta prueba se comparan la media de las observaciones y sus valores máximos y mínimos contra los valores de salida del modelo extraídos con dos técnicas: la primera llamada vecino cercano, toma el valor de la celda más cercana al punto seleccionado, es decir al punto donde está la planta fotovoltaica y la segunda toma el valor medio de las celdas cercanas al punto seleccionado. Ambos valores están representados en la Figura 5 como WRF y WRF_WA, respectivamente. Se observa como en las primeras y últimas horas del día hay una pequeña subestimación del modelo, en cambio a las horas medias del día encontramos una sobreestimación claramente pronunciada.

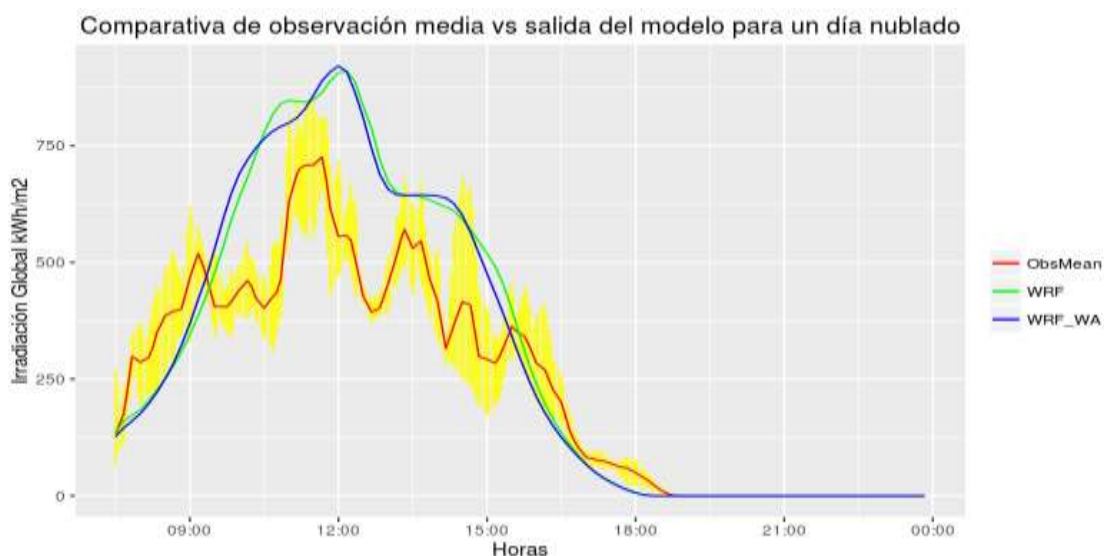


Figura 5. Irradiación media vs salidas del modelo para un día con cielo nublado.

En la Tabla 3, se observa la sobreestimación del resultado de la insolación del día

nublado por medio del modelo tanto para WRF como WRF_WA. La máxima diferencia se observa al comparar los valores mínimos de las observaciones contra el modelo superando los 1800 Wh/m² de error acumulado en el día. Sin embargo si calculamos esa diferencia con los valores máximos de las observaciones podemos ver una diferencia de tan solo 179Wh/m² al día.

Tabla 3. Resultados de insolación en un día nublado.

	Obs_Promedio	Obs_Max	Obs_Min	WRF	WRF_WA
Irradiación (Wh/m ²)	4099.577	4970.767	3319.273	5150.255	5098.058

Otra manera de determinar la exactitud del modelo contra las observaciones es por medio de una prueba del error cuadrático medio (RMSE por sus siglas en inglés), el cual es un estimador ampliamente usado para comparar modelos de pronóstico solar (Gueymard & Myers, 2008). El estimador indica que entre más pequeño sea el valor, más exacto es el modelo. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G_{MOD} - G_{OBS})^2} \quad (1)$$

donde n es el número de muestras, G_{MOD} representa la irradiación del modelo y G_{OBS} representa la irradiación en las observaciones.

Los resultados utilizando el estimador se muestran en la Tabla 4. En esta se observa que la exactitud del modelo es cercana a los 140 Wh/m² para este día en ambos casos (WRF y WRF_WA).

Tabla 4. Error del modelo para WRF y WRF_WA para un día nublado.

WRF vs Obs Promedio (Wh/m²)	WRF_WA vs Obs Promedio (Wh/m²)
144.540	141.373

Además de la irradiación solar global el modelo es capaz de generar las componentes de la misma. Sin embargo, al no haber estaciones solarimétricas en la región no hay datos para validar. En la

Figura 6 se aprecian la irradiación difusa y la directa en una superficie horizontal. Se puede apreciar que la componente difusa de la irradiación global es alta debido a las nubes generadas por el modelo.

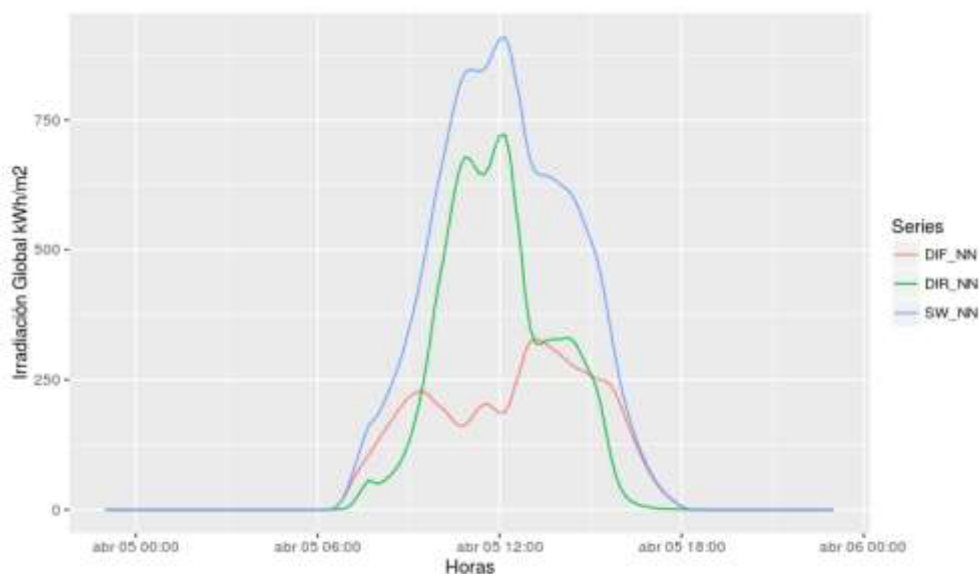


Figura 6. Componentes de la irradiación global horizontal en un día con cielo nublado.
Simulación de día con cielo despejado vs la media de las observaciones

Un día con cielo despejado se define como un día donde tenga menos del 25% de cobertura nubosa(Glickman & Zenk, 2000). Primeramente, se exhibe una muestra de la irradiación instantánea obtenida por el modelo, proyectada sobre un mapa de la región seleccionada, en distintas horas del día en la Figura 7. Además, se observa como la irradiación, en la región estudiada, no es afectada por nubes y se observan patrones de irradiación prácticamente uniforme a comparación del ejemplo anterior.

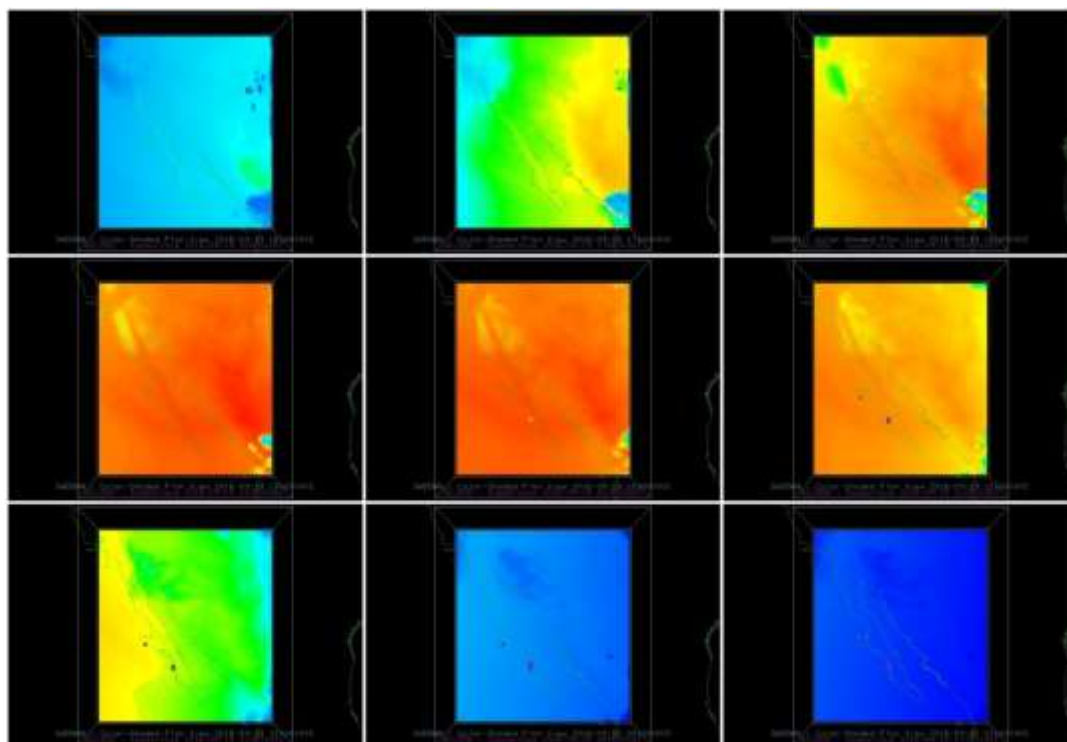


Figura 7. Muestras de salida de irradiación solar, para un día de cielo despejado, proyectado sobre el mapa de la

región.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para ese día con respecto a las observaciones. En la que se puede apreciar las diferencias entre el modelo y la media de las observaciones. Se puede observar como tanto en el resultado WRF, como el WRF_WA se obtuvieron prácticamente los mismos valores. Además se aprecia una leve sobreestimación a medio día.

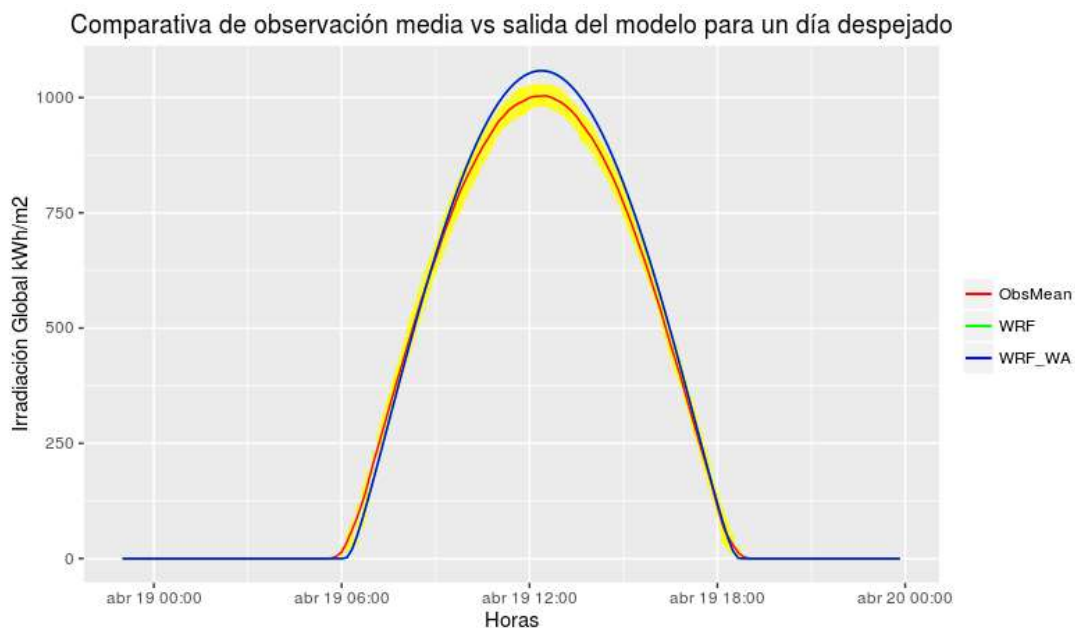


Figura 8. Irradiación media vs salidas del modelo para un día con cielo despejado.

En la

Tabla 5, se aprecia el resultado de la insolación en un día despejado. Los datos reflejan mínimas diferencias entre las observaciones y las salidas del modelo. La diferencia de la insolación del promedio de las observaciones y el modelo es alrededor de 256 Wh/m . En cambio si comparamos la insolación en las observaciones máximas la diferencia es de -156 Wh/m .

Tabla 5. Resultados de insolación para un día despejado.

	Obs_Promedio	Obs_Max	Obs_Min	WRF	WRF_WA
Irradiación (Wh/m ²)	7825.918	8237.738	7429.338	8085.754	8081.531

En la Tabla se observan los datos arrojados por el estimador RMSE. Al igual que en el caso anterior se calculó el RMSE tanto para WRF como para WRF_WA se puede observar que la exactitud aumenta considerablemente.

Tabla 6. Error del modelo para WRF y WRF_WA para día con cielo despejado

WRF vs Obs Promedio (Wh/m ²)	WRF_WA vs Obs Promedio (Wh/m ²)
25.357	25.161

De la misma manera que con el caso del día nublado, en la Figura 9 se puede apreciar las componentes de la irradiación para el día despejado. Al ser un día con ninguna fluctuación debido a nubosidades la difusa se presenta con valores mínimos.

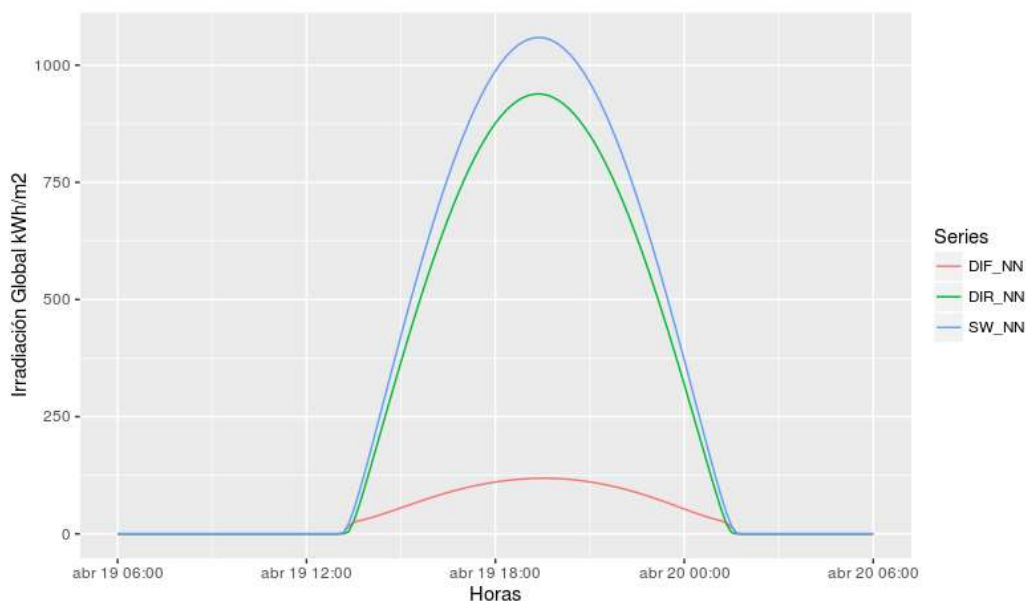


Figura 9. Componentes de la irradiación global en un día con cielo despejado.

Conclusiones

Los resultados de la validación dependen fuertemente del tiempo de pronóstico, es decir, a mayor tiempo a futuro, mayor la divergencia del pronóstico. Por lo tanto, la metodología permite analizar a tiempo corto (24hrs) la posible producción fotovoltaica a escalas temporales de hasta 10 minutos. Lo que permitiría adelantarse con suficiente tiempo y hacer planeación para la administración de una red eléctrica con gran componente solar.

Se encontró una alta correlación en un día despejado con respecto a las estaciones meteorológicas, sin embargo, los resultados en el día nublado indican que el modelo no es capaz de predecir la densidad de las nubes con alta precisión. Es necesario hacer más pruebas y ajustar el modelo para que se adapte mejor a las condiciones adversas en la región.

Esta metodología permitiría reducir el uso de recursos no renovables y el desperdicio

de los mismos contribuyendo en gran medida a la reducción de gases de efecto invernadero de las plantas de generación de energía convencionales. El uso de este tipo de tecnología permitiría de manera más eficiente la inclusión de sistemas fotovoltaicos de gran escala a la red eléctrica contribuyendo enormemente a aumentar la matriz de energías renovables del país.

Referencias

- Atwa, Y. M., El-Saadany, E. F., Salama, M. M. A., & Seethapathy, R. (2010). Optimal Renewable Resources Mix for Distribution System Energy Loss Minimization. *Power Systems, IEEE Transactions on*, 25(1), 360–370. <http://doi.org/10.1109/TPWRS.2009.2030276>
- Diagne, M., David, M., Boland, J., Schmutz, N., & Lauret, P. (2014). Post-processing of solar irradiance forecasts from WRF model at Reunion Island. *Solar Energy*, 105, 99–108. <http://doi.org/10.1016/j.solener.2014.03.016>
- Douglas, M. W., Maddox, R. A., Howard, K., & Reyes, S. (1993). The Mexican monsoon. *Journal of Climate*. [http://doi.org/10.1175/1520-0442\(1993\)006<1665:TMM>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1175/1520-0442(1993)006<1665:TMM>2.0.CO;2)
- Glickman, T. S., & Zenk, W. (2000). *Glossary of meteorology* (2nd ed.). Boston: American Meteorological Society.
- Gueymard, C. a., & Myers, D. R. (2008). Validation and ranking methodologies for solar radiation models. *Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface: Recent Advances*, 479–509. http://doi.org/10.1007/978-3-540-77455-6_20
- Huang, J., Korolkiewicz, M., Agrawal, M., & Boland, J. (2013). Forecasting solar radiation on an hourly time scale using a Coupled AutoRegressive and Dynamical System (CARDS) model. *Solar Energy*, 87(1). <http://doi.org/10.1016/j.solener.2012.10.012>
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Sonora 2014*. México DF. Retrieved from https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCMQFjABahUKEwixgePjnJ_HAhXB1RoKHx8yDIU&url=http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2014/702
- Inman, R. H., Pedro, H. T. C., & Coimbra, C. F. M. (2013). Solar forecasting methods for renewable energy integration. *Progress in Energy and Combustion Science*, 39(6), 535–576. <http://doi.org/10.1016/j.pecs.2013.06.002>

- Kleissl, J., Urquhart, B., Ghonima, M., Nguyen, D. (Anđu), Kurtz, B., & Chow, C. W. (2013). *Solar Energy Forecasting and Resource Assessment. Solar Energy Forecasting and Resource Assessment*. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-397177-7.00009-7>
- Lobato, R. (2003). *Esquema de asimilación y verificación del modelo de mesoescala MM5*.
- Mlawer, E. J., Taubman, S. J., & Clough, S. a. (1995). RRTM : A Rapid Radiative Transfer Model. In G. P. ANDERSON, R. H. PICAED, & J. H. CHETWYND (Eds.), *PROCEEDINGS OF THE 18th ANNUAL CONFERENCE ON ATMOSPHERIC TRANSMISSION MODELS* (pp. 150–157). Bedford, MA: Phillips Laboratory.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2016). Global Forecast System (GFS). Retrieved April 25, 2016, from <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>
- Organisation for Economic Co-Operation and Development. (2015). *Renewables Information 2015* (2015th ed.).
- Potter, C. W., Archambault, A., & Westrick, K. (2009). Building a smarter smart grid through better renewable energy information. *2009 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, PSCE 2009*, 1–5. <http://doi.org/10.1109/PSCE.2009.4840110>
- Remund, J., Perez, R., & Lorenz, E. (2008). Comparison of solar radiation forecasts for the USA. *European PV Conference, 2*, 3–5. Retrieved from http://www.task34.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Comparison_of_USA_radiation_forecasts.pdf
- Ruiz-Arias, J. a., Dudhia, J., & Gueymard, C. a. (2014). A simple parameterization of the short-wave aerosol optical properties for surface direct and diffuse irradiances assessment in a numerical weather model. *Geoscientific Model Development, 7*(3), 1159–1174. <http://doi.org/10.5194/gmd-7-1159-2014>
- Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., ... Powers, J. G. (2008). *A Description of the Advanced Research WRF Version 3*. Boulder. Retrieved from <http://nldr.library.ucar.edu/repository/assets/technotes/TECH-NOTE-000-000-000-855.pdf>
- Wan, C., Zhao, J., Member, S., & Song, Y. (2015). Photovoltaic and Solar Power Forecasting for Smart Grid Energy Management. *Journal of Power and Energy Systems, 1*(4), 38–46.

Capítulo IX. Metodología de modelado utilizando funciones de conmutación aplicada al inversor de voltaje monofásico de puente completo

José Antonio Beristáin Jiménez y Javier Pérez Ramírez
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. jose.beristain@itson.edu.mx

Resumen

En este trabajo se presenta una metodología de modelado de convertidores utilizando funciones de conmutación y aplicado al convertidor de corriente directa a corriente alterna de puente completo y modulado en anchura de pulso senoidal. Esta metodología permite obtener el modelo conmutado de los convertidores y da información relevante para el dimensionamiento de los elementos pasivos y de conmutación del circuito. Se presenta la metodología aplicada al inversor puente completo monofásico y los resultados de simulación que permiten validar los modelos obtenidos. Los resultados obtenidos en simulación muestran la similitud del modelo con el comportamiento del circuito así como datos importantes para el dimensionamiento de los elementos de conmutación.

Introducción

Los convertidores de corriente directa (cd) a corriente alterna (ca) tienen una gran cantidad de aplicaciones tanto a nivel residencial como a nivel industrial. Estos se utilizan por diferentes razones, por ejemplo: cuando se tiene un nivel de corriente directa y se necesita aplicar un voltaje de corriente alterna para diferentes tipos de cargas, también para cuando se tiene disponible un voltaje de ca pero se necesita aplicar un voltaje de ca con características distintas a las del voltaje de ca disponible, algunas de estas características son: voltaje estable y sin distorsión, voltaje con amplitud variable, frecuencia del voltaje variable o hacer un cambio de voltaje monofásico a trifásico o viceversa. El cuerpo académico de utilización de la energía del Instituto Tecnológico de Sonora hace uso de este tipo de convertidores para aplicaciones de calidad de la energía eléctrica y para fuentes de energía renovable y por lo tanto es una necesidad tener un buen entendimiento del funcionamiento así como desarrollar modelos que permitan implementar tales circuitos de forma adecuada y con la posibilidad de probar estrategias de control basados en su modelo.

En los libros de texto utilizados en las materias de Electrónica de Potencia se aborda el tema de formas distintas. En Rashid, M. H. (2010) se aborda el inversor Puente completo a partir del comportamiento estático del inversor para una señal rectangular y en el tema de modulación por anchura de pulso se analiza con base en las formas de onda. En Hart, D. W. (2011) el tema de inversor puente completo se aborda de manera muy breve y solo se ve el

comportamiento estático. Algo similar sucede en Kassakian et al (2000) y en Mohan, N., & Undeland, T. M. (2007). En ningún caso se aborda el tema del inversor a partir de una descripción mediante un modelo matemático. Por esta razón, el presente documento aborda una metodología de modelado del inversor basada en la descripción completa de los elementos de conmutación en cuanto a voltaje y corriente en sus terminales así como del filtro de salida y cuyo procedimiento sea sencillo de desarrollar y de explicar a los alumnos de las materias de electrónica de potencia.

Fundamentación teórica

La Figura 1 muestra el diagrama eléctrico de un inversor monofásico de puente completo alimentado en voltaje. Los elementos que los componen son: Una fuente de voltaje de corriente directa v_{cd} , el convertidor de cd a ca monofásico que está conformado por cuatro transistores $Q_1 - Q_4$, el filtro pasabajos conformado por un inductor y un capacitor LC y finalmente la carga de corriente alterna, R_L .

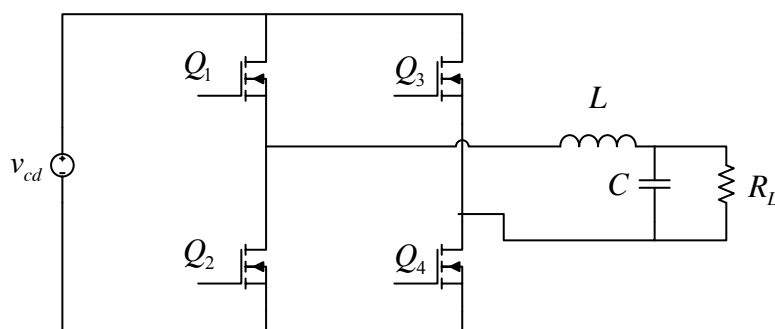


Figura 1. Convertidor inversor de puente completo monofásico

Un circuito de manejo de señal de activación asegura los voltajes adecuados para los transistores del puente completo y una estrategia de modulación entrega las señales de activación. La Tabla 1 resume los estados válidos de los transistores en el inversor puente completo.

Tabla 1. Estados válidos de los transistores.

Transistor Q_1	Transistor Q_2	Transistor Q_3	Transistor Q_4	v_{ab}
encendido	apagado	encendido	apagado	0 V
apagado	encendido	apagado	encendido	0 V
encendido	apagado	apagado	encendido	v_{cd}
apagado	encendido	encendido	apagado	$-v_{cd}$

Es importante aclarar que no está permitido que los transistores Q_1 y Q_2 estén encendidos al mismo tiempo ya que provocarían un corto circuito en el voltaje de entrada v_{cd} . Asimismo, los transistores Q_3 y Q_4 no deben estar encendidos al mismo tiempo para evitar el corto circuito de la fuente v_{cd} .

Metodología

Los pasos que se llevan a cabo en este trabajo se enlistan a continuación.

1. Se lleva a cabo el modelado del convertidor utilizando funciones de conmutación.
2. Se realiza la simulación del modelo y se compara con los resultados de una simulación del circuito para corroborar el modelo. El software utilizado es Psim.
3. Se realiza el modelo y la simulación del modelo promediado en el software Psim.
4. Se analizan los resultados y se presentan las conclusiones. A continuación se presenta el procedimiento de modelado del inversor monofásico puente completo.

En primer lugar se dibuja nuevamente el circuito utilizando interruptores ideales. Asimismo, se establece la polaridad del voltaje y la dirección de la corriente en cada interruptor. La Figura 2 muestra el circuito equivalente del inversor utilizando interruptores.

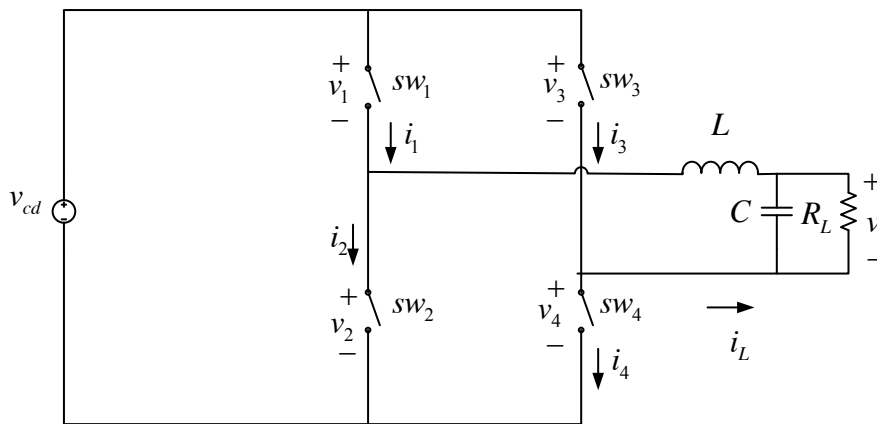


Figura 2. Circuito equivalente utilizando interruptores.

5. El siguiente paso es realizar una tabla con las funciones de conmutación de cada transistor. En este caso se van a realizar dos tablas, una por cada rama del convertidor.

Tabla 2. Voltajes y corriente en los transistores de la primera rama del inversor.

S_1	S_2	i_1	i_2	v_1	v_2
1	0	i_L	0	0	v_{cd}
0	1	0	$-i_L$	v_{cd}	0

Nota: S_1 y S_2 son las funciones de conmutación de los interruptores sw_1 y sw_2 , 1 para cuando están cerrados y 0 cuando están abiertos los interruptores.

La Tabla 3 muestra los voltajes y corriente en los transistores de la segunda rama del inversor.

Tabla 3. Voltajes y corriente en la segunda rama.

S_3	S_4	i_3	i_4	v_3	v_4
1	0	$-i_L$	0	0	v_{cd}
0	1	0	i_L	v_{cd}	0

Nota: S_3 y S_4 son las funciones de conmutación de los interruptores sw_3 y sw_4 , 1 para cuando están cerrados y 0 cuando están abiertos los interruptores.

De las Tablas 2 y 3, se obtienen las ecuaciones que definen el comportamiento del inversor. A continuación se presentan las ecuaciones.

$$i_1 = S_1 i_L ; i_2 = S_2 i_L ; i_3 = -S_3 i_L ; i_4 = S_4 i_L ; v_1 = S_2 v_{cd} ; v_2 = S_1 v_{cd} ; v_3 = S_4 v_{cd} ; v_4 = S_3 v_{cd}$$

Considerando que los interruptores de cada rama operan de forma complementaria se puede obtener la siguiente expresión: $S_1 + S_2 = 1$ y $S_3 + S_4 = 1$ por lo que se pueden reescribir las ecuaciones que definen el comportamiento del inversor de la siguiente forma:

$$i_1 = S_1 i_L ; i_2 = (1 - S_1) i_L ; i_3 = -S_3 i_L ; i_4 = (1 - S_3) i_L ; v_1 = (1 - S_1) v_{cd} ; v_2 = S_1 v_{cd} ; v_3 = (1 - S_3) v_{cd}$$

$$\text{y } v_4 = S_3 v_{cd}$$

De esta forma todas las ecuaciones quedan en función de S_1 y S_3 que son los transistores ubicados en la parte superior de cada rama del inversor.

Una vez que se tiene la descripción de cada interruptor de potencia con funciones de conmutación, se vuelve a dibujar el circuito utilizando fuentes dependientes de voltaje y de corriente. En el caso de los transistores 1 y 3 se sustituyen por fuentes de corriente y en el

caso de los transistores 2 y 4 se sustituyen por fuentes de voltaje. La figura 3 muestra el circuito equivalente utilizando fuentes dependientes.

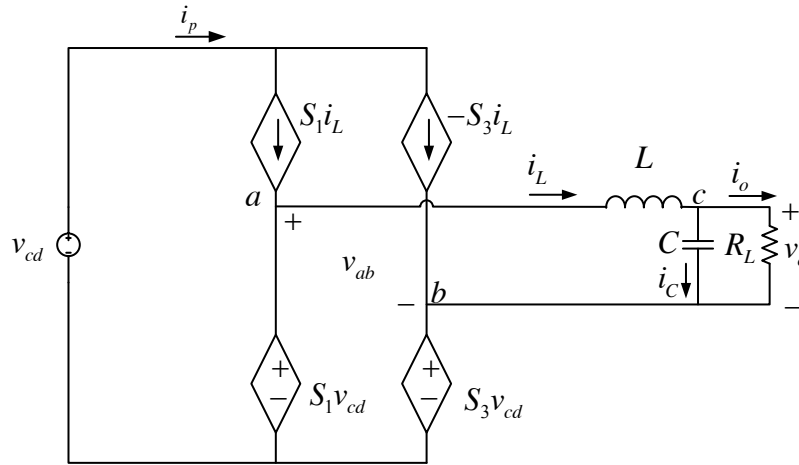


Figura 3. Circuito equivalente del inversor puente completo utilizando fuentes dependientes.

Una vez que se tiene el circuito equivalente utilizando fuentes dependientes, se puede obtener el modelo del convertidor utilizando análisis de circuitos.

El voltaje entre el punto a y el negativo de la fuente de cd es: $v_{an} = S_1 v_{cd}$, el voltaje entre el punto b y el negativo de la fuente de cd es: $v_{bn} = S_3 v_{cd}$, por lo tanto, la diferencia de voltaje entre los puntos a y b es: $v_{ab} = (S_1 - S_3) v_{cd}$. Por otro lado, la corriente que se suministra al convertidor i_p es: $i_p = (S_1 - S_2) i_L$.

Aplicando la Ley de Voltajes de Kirchoff en la salida se obtiene la dinámica de la corriente en el inductor: $-v_{ab} + v_L + v_c = 0$ de tal forma que $v_L = v_{ab} - v_c$

Dado que $v_L = L \frac{di_L}{dt}$ y $v_{ab} = (S_1 - S_3) v_{cd}$ entonces la dinámica de la corriente en el inductor es:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{(S_1 - S_3) v_{cd}}{L} - \frac{v_c}{L} \quad (1)$$

La dinámica del voltaje en el capacitor del filtro pasabajos se obtiene aplicando la ley de corrientes de Kirchoff en el nodo c .

$$i_c = i_L - i_o$$

Dado a que $i_c = C \frac{dv_c}{dt}$ e $i_o = \frac{v_c}{R}$, la dinámica del voltaje en el capacitor es:

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{v_c}{RC} \quad (2)$$

Las ecuaciones que definen el comportamiento del convertidor se pueden simular utilizando los bloques de la Figura 4.

Una vez que se tienen las ecuaciones que definen el comportamiento del convertidor, se realizan una serie de simulaciones para corroborar el modelo.

La estrategia de modulación utilizada en este trabajo es la de modular las dos ramas del inversor en alta frecuencia utilizando un comparador doble como el de la figura 4. En la figura 4 se muestra la señal moduladora $u = m \sin(\omega t)$ donde m es la amplitud de la señal moduladora la cual toma valores entre 0 y 1, $\omega = 2\pi f$ donde f es la frecuencia de la señal moduladora en Hertz y t es el tiempo en segundos. Esta señal moduladora se compara con una señal portadora triangular cuya frecuencia es mucho mayor que la frecuencia de la moduladora y su valor pico a pico es de 2V con valores máximos de 1 V y mínimos de -1 V. La señal moduladora u se compara con la señal portadora v_{tri} y como resultado se obtiene la señal S_1 la cual, a través de un circuito de acondicionamiento de señal (driver) se aplica entre compuertas y fuente al transistor Q_1 . La señal S_1 se invierte utilizando un inversor lógico y, a través de un driver, se aplica a las terminales de compuerta y fuente del transistor Q_2 .

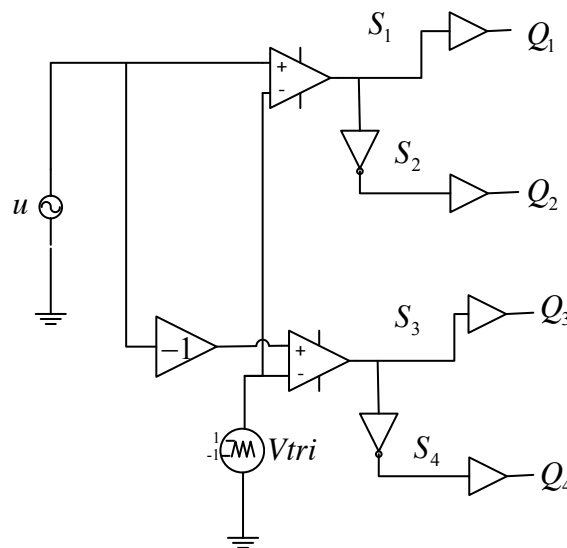


Figura 4. Diagrama de la estrategia de modulación.

La entrada no inversora del segundo comparador es la señal moduladora u con un desfase de 180° . Como resultado, la señal S_3 se aplica, mediante un driver, al transistor Q_3 y la señal S_4 se aplica, mediante un driver, al transistor Q_4 .

La simulación del modelo del inversor se realiza utilizando el diagrama a bloques de la Figura 5. A la corriente en el inductor y al voltaje en el capacitor se le ha agregado el subíndice sw para denotar que son resultado del modelo conmutado.

Resultados y discusión

El circuito del convertidor inversor y el modelo del convertidor se implementaron en el software Psim. A continuación se muestran los resultados de simulación de ambas implementaciones para corroborar el modelo del convertidor. Los datos de simulación se presentan en la Tabla 4.

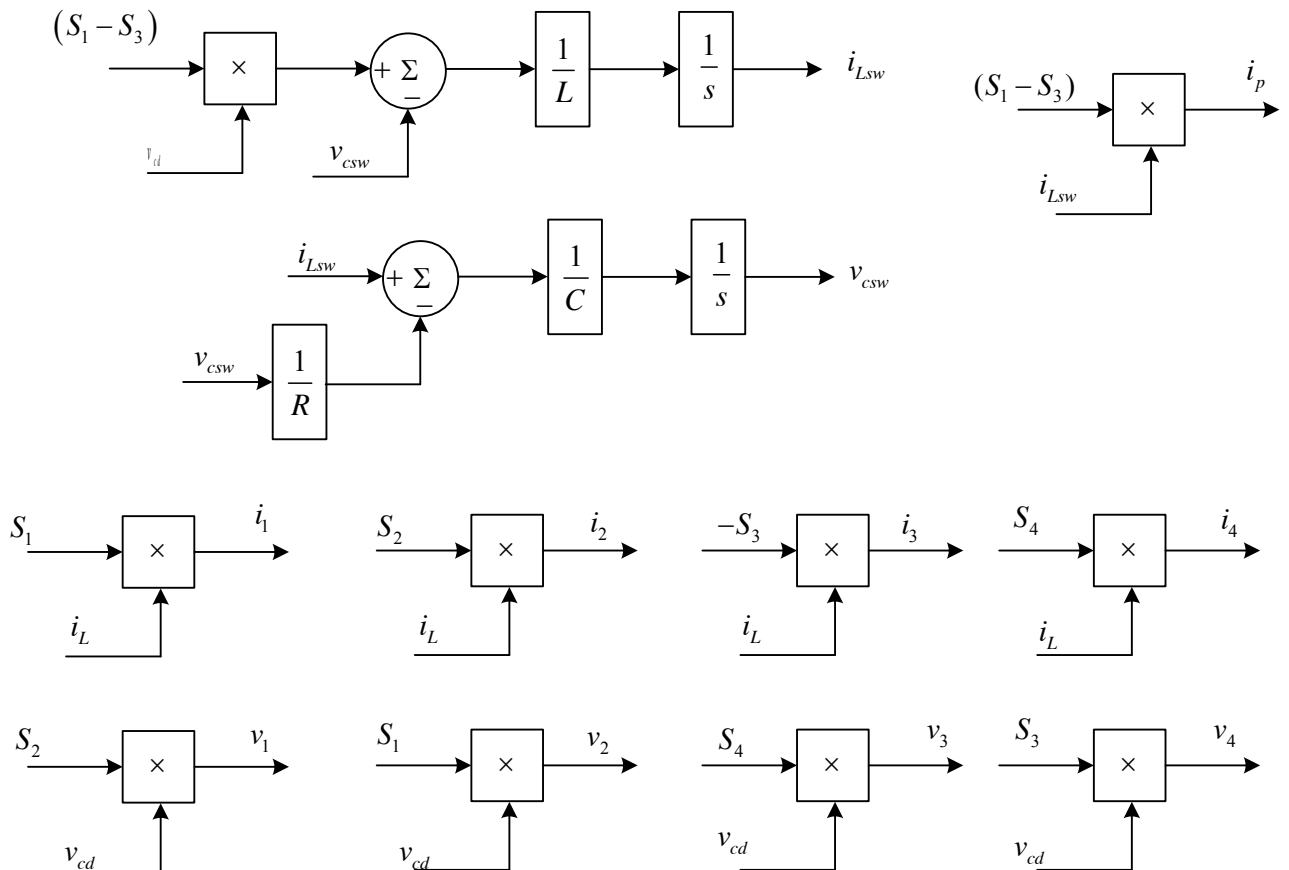


Figura 5. Diagrama a bloques para la simulación del modelo del inversor.

Tabla 4. Datos de simulación del inversor.

Parámetro	Valor
Voltaje de cd, v_{cd}	225V
Voltaje de salida, v_o	127 Vrms
Frecuencia de salida, f	60 Hz
Frecuencia de conmutación, f_s	9600 Hz
Frecuencia de corte del filtro pasabajas	3840 Hz
Valor del inductor, L	500 uH
Valor del capacitor, C	3.4 uH
Amplitud de la moduladora, m	0.8
Potencia de salida, P_o	1 000 Watts

El primer resultado de simulación muestra el voltaje de entrada y el voltaje de salida.

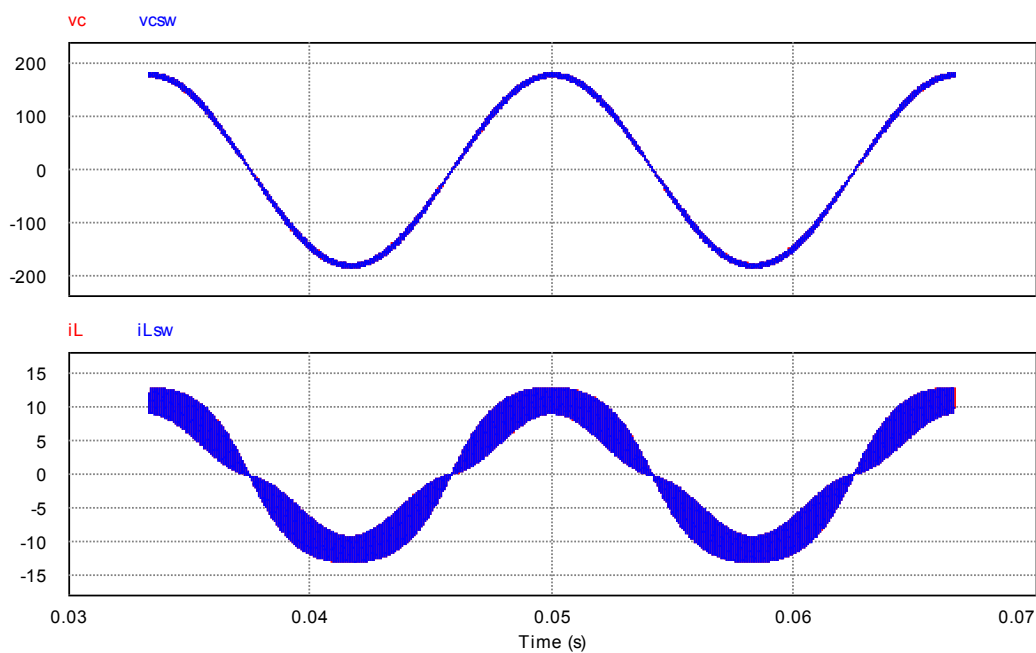


Figura 6. Voltaje de salida y corriente en el inductor del circuito y del modelo conmutado.

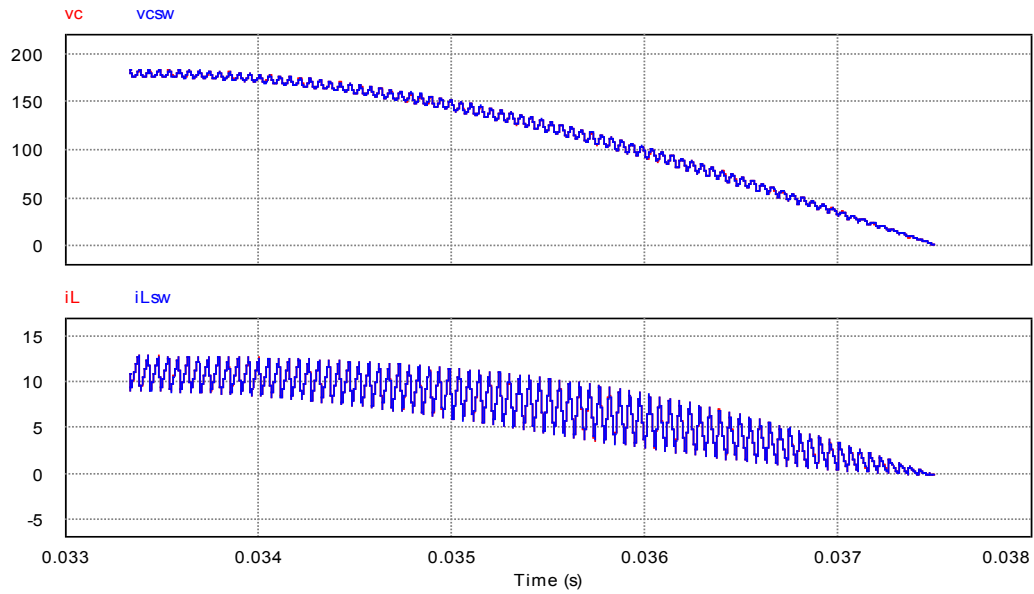


Figura 7. Acercamiento en el voltaje de salida y en la corriente del inductor en el circuito y en el modelo conmutado.

En la Figura 6 se muestra una gráfica donde se superponen los resultados de simulación del voltaje de salida y de la corriente en la bobina del circuito y del modelo conmutado. Se puede apreciar que son similares en la escala en que se están visualizando.

La Figura 7 muestra un acercamiento en el voltaje de salida y en la corriente por el inductor tanto en el circuito como en el modelo conmutado. En esta gráfica se puede observar la similitud de las formas de onda con lo cual se puede corroborar la validez del modelo obtenido.

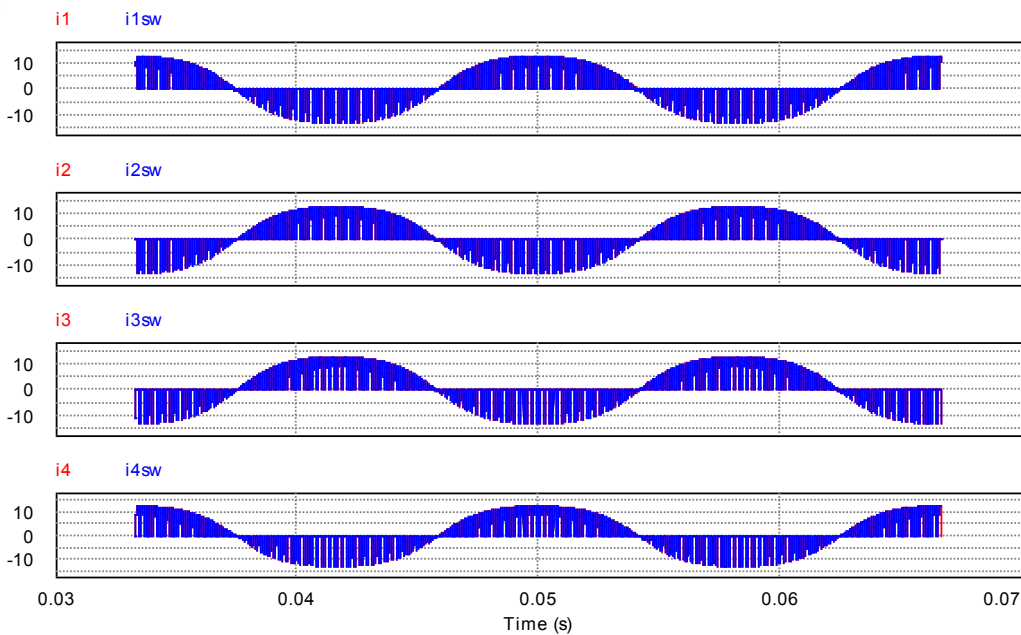


Figura 8. Formas de onda de corriente en cada interruptor del inversor tomadas de la simulación del circuito y del modelo conmutado.

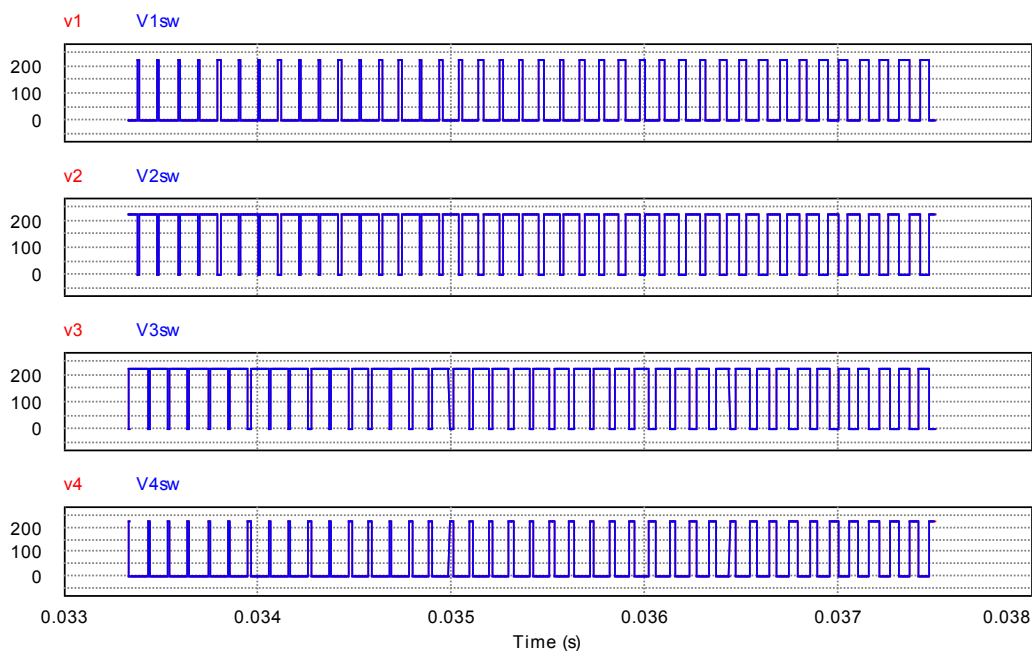


Figura 9. Formas de onda de los voltajes en los transistores, tanto en el circuito como en el modelo conmutado.

Las formas de onda de la figura 8 corresponden a la corriente en cada elemento de conmutación. Éstas nos muestran los esfuerzos en corriente que tienen cada uno de los transistores del puente inversor.

Las formas de onda de voltaje de la figura 9 nos muestran los esfuerzos en voltaje que tienen cada uno de los transistores del convertidor. Se puede apreciar que el máximo voltaje que deben bloquear cuando están apagados es el voltaje de entrada, v_{cd} .

Las formas de onda de corriente y voltaje de los transistores muestran la correspondencia entre el modelo desarrollado y el comportamiento del circuito. De esta descripción matemática se pueden conocer los esfuerzos en corriente y en voltaje que se tendrán en el inversor.

Conclusiones

En este trabajo se presentó la metodología de modelado del inversor monofásico de puente completo utilizando funciones de conmutación. El modelo permite obtener la dinámica del circuito así como visualizar los esfuerzos en corriente y en voltaje del inversor. El modelo corresponde de manera exacta con los resultados de simulación del circuito por lo que se considera que es un resultado satisfactorio.

Referencias

Hart, D. W. (2011). Power electronics. McGraw-Hill Education.

Kassakian, J. G., Schlecht, M. F., & Verghese, G. C. (2000). Principles of power electronics. Graphis.

Mohan, N., & Undeland, T. M. (2007). Power electronics: converters, applications, and design. John Wiley & Sons.

Rashid, M. H. (2010). Power electronics handbook: devices, circuits and applications. Academic press.

Capítulo X. Sistema de adquisición, rastreo y apuntamiento óptico por espacio libre utilizando un sensor optoelectrónico de cuatro cuadrantes

Juan Carlos Murrieta Lee, Luis Alberto Morán Medina, Celim Augusto Uriarte López y
Ricardo Telésforo Solís Granados
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. jcmurrieta@itson.edu.mx

Resumen

Se reportan los resultados del diseño y construcción de un sistema de adquisición, rastreo y apuntamiento (ARA) óptico por espacio libre utilizando un fotodiodo sensor de cuatro cuadrantes y un sistema de control electromagnético. Se presenta el diseño, la implementación y caracterización del sistema completo con la finalidad de utilizarlo en un enlace de comunicación entre un satélite y una estación terrena. Así mismo se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la adecuación de las señales provenientes del sensor de cuatro cuadrantes QP50-6SD2, las cuales son utilizadas en una etapa de procesamiento digital. También se describe el diseño y análisis de resultados de la etapa de potencia para alimentar el sistema de control electromagnético.

Introducción

En los pasados 30 años se ha presentado una explosión en el desarrollo de la tecnología que ha guiado a una mejora en los estándares de vida. Esto ha llevado entre otros avances, a lo que se conoce como la supercarretera de la información. Actualmente el medio de transmisión de información de mayor impacto es el que utiliza fibras ópticas, la cual ha fundamentado muchas tecnologías electro ópticas y juega un importante rol en la transferencia de información vía terrestre. Sin embargo, existe otra variante de las comunicaciones ópticas, las cuales utilizan el espacio libre y presentan numerosas ventajas en comparación con los sistemas alámbricos: transmisión de gran ancho de banda, facilidad y flexibilidad de instalación, gran alcance y ganancias de sistema elevadas. Actualmente los enlaces ópticos en espacio libre tienen diversas aplicaciones (algunas comerciales y otras en desarrollo) tales como: a) enlaces horizontales de comunicaciones dentro de la misma capa de la atmósfera terrestre (denominados enlaces FSO por sus siglas en inglés “free space optics”) permanentes o temporales (para situaciones de emergencia) de corta distancia para comunicación entre edificios (Fsona, 2014) , y comunicación de alta velocidad en redes personales de área local óptica inalámbrica (Wang, K., et al, 2011), b) enlaces verticales (denominados generalmente sistemas LASERCOM) para comunicación entre aviones y satélites, entre satélites en diferentes órbitas (Chan, V., 2003), de satélites a estaciones terrenas y viceversa (operando en diversas capas de la atmósfera terrestre o en el espacio

profundo (Hemmati, H., 2006)), c) conexión óptica inalámbrica de alta velocidad entre tarjetas de circuito impreso (por ejemplo para distribución de señales de reloj dentro de un satélite y/o para interconectar ductos y microprocesadores sin interferencia electromagnética (Savage, N., 2002)).

El desarrollo de enlaces ópticos para comunicación de tierra hacia y desde el espacio ha sido y es de gran interés para diversas agencias espaciales alrededor del mundo (JAXA, 2016), en particular, el sistema satelital europeo SILEX es un ejemplo de su aplicación (ESA, 2016); además, la NASA puso en funcionamiento en septiembre de 2013 la misión “Lunar Laser Communication Demonstration”, cuyo objetivo principal es demostrar la confiabilidad de la comunicación óptica entre una estación situada en órbita lunar y estaciones terrenas en nuestro planeta (NASA,2016).

Generalmente los enlaces arriba mencionados son “clásicos” (operando con un relativamente alto número de fotones por período de observación), pero, recientemente ha crecido el interés en desarrollar sistemas de comunicaciones “cuánticos” (con bajo número de fotones por período de observación) (Hemmati, H. et al, 2012). Para estos sistemas pueden emplearse diversos “estados cuánticos”, (cuyas propiedades han sido y son investigadas por diversos grupos de científicos alrededor del mundo (Becerra, F.E., et al, 2013)), entre otros, los “estados entrelazados” (Xiago, Ma. et al, 2012), o los “estados débiles coherentes” (WCS).

Se tiene particular interés en desarrollar sistemas en espacio libre para aplicaciones satelitales por lo que es conveniente primero desarrollar un enlace FSO-clásico cuyos subsistemas funcionen en enlaces cuánticos. Así, presentamos en primer lugar la metodología para diseño de enlaces ópticos en espacio libre. Entre los sistemas diseñados hay un esquema de sincronización espacial (ATP) usando un APD de cuatro cuadrantes y un subsistema de levitación magnética para seguimiento de un “faro óptico” clásico a 532 nm. Cabe mencionar que aunque existe una cantidad importante de trabajos dedicados al desarrollo de sistemas ATP con transmisión óptica clásica, a lo mejor de nuestro conocimiento no se ha reportado ningún sistema ATP basado en levitación magnética y ésta es una aportación importante del presente trabajo. Por otro lado, aunque aquí nos enfocamos en la implementación y caracterización de un enlace FSO- clásico, con los resultados obtenidos se continuará en el futuro con el desarrollo de enlaces FSO-WCS con aplicación satelital.

Fundamentación teórica*Diseño de enlaces en espacio libre:*

El primer paso es determinar la viabilidad respecto a potencia óptica disponible que en enlaces ópticos clásicos se lleva a cabo mediante el cálculo denominado “presupuesto de potencia” (ecuación 1) (Sánchez, et al, 2011). La potencia óptica recibida P_R en función de los elementos del enlace es:

$$P_R = P_0 - A_{tx} - A_{prop} - A_{atm} - A_{rx} \quad (1)$$

P_0 es la potencia media del láser; A_{tx} , A_{prop} , A_{atm} y A_{rx} son las atenuaciones de transmisión donde se incluyen pérdidas por acoplamiento, por apuntamiento y por la atenuación en lentes transmisoras, la debida a las pérdidas por propagación, a fenómenos atmosféricos y turbulencia; y la atenuación de recepción (incluyendo pérdidas de acoplamiento, apuntamiento, atenuación en lentes receptoras y eficiencia de los foto-detectores), respectivamente. Las pérdidas asociadas a la transmisión-recepción son función de las eficiencias de antena transmisora y receptora, y de las aperturas de salida y entrada.

$$A_{tx} = n_T n_A \frac{4\pi A_T}{\lambda_T^2} \quad (2)$$

$$A_{rx} = \frac{A_R}{4\pi z^2} n_R \quad (3)$$

Donde

n_T, n_A = eficiencia óptica del transmisor y de la apertura de la antena óptica transmisora.

A_T, A_R = área de apertura del transmisor y receptor, respectivamente.

λ_T = longitud de onda del transmisor.

z = distancia del enlace.

n_R = eficiencia de recolección del receptor.

Sistemas de Sincronización Espacial (ATP):

Los enlaces ópticos en espacio libre operan con “línea de vista” requiriendo “sincronía espacial” entre transmisor y receptor. Un sistema de sincronización espacial (ATP, por sus siglas en inglés) está compuesto de los subsistemas de adquisición (acquisition), rastreo (tracking) y apuntamiento (pointing) espacial de un haz óptico (Hemmati, 2006).

Para establecer el enlace óptico el transmisor debe ser apuntado apropiadamente al receptor. De manera similar, el receptor debe determinar la dirección de llegada del haz transmitido.

El elemento de apuntamiento de un sistema realiza la función de redirigir la línea de vista tal que el sistema tenga acceso a un ángulo sólido grande para un apuntamiento inicial antes de la adquisición. Apuntamiento es la operación de apuntar el transmisor en la dirección correcta (hacia el receptor).

Adquisición espacial es la operación del receptor de determinar la dirección de llegada del haz. El rastreo o seguimiento espacial es la operación de mantener el apuntamiento y la adquisición durante el periodo de comunicación.

El subsistema de adquisición puede usar transmisión de un haz expandido como faro o un faro independiente (láser no modulado a una longitud de onda diferente a la del transmisor) que se coloca en el receptor. En un sistema bidireccional, cada transmisor puede servir como faro.

Para sensar el faro pueden emplearse dispositivos de carga acoplada (CCD), detectores de 4 cuadrantes p.i.n (QPIN) o fotodiodos de avalancha de cuatro cuadrantes (QAPD) (los últimos dos con mayor sensibilidad y velocidad de respuesta que los CCD's) (Pisani, 2004). En los detectores de cuatro cuadrantes (figura 1) la señal óptica incidente es dividida en cuadrantes para obtener la posición de la señal rastreada en azimut y elevación de acuerdo a las ecuaciones (4) y (5).

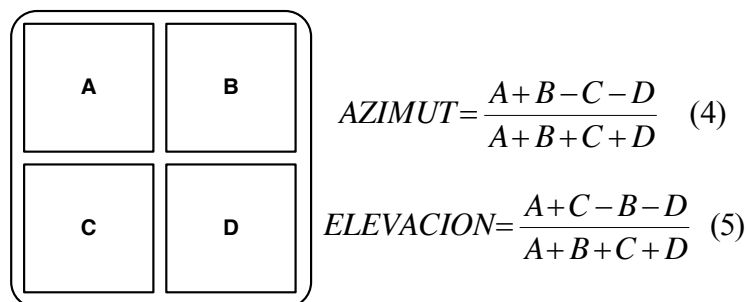


Figura 1. Detector de cuatro cuadrantes y ecuaciones de operación.

Para centrar la señal faro incidente en dichos dispositivos se han desarrollado técnicas como el uso de motores de pasos que mueven espejos en los que incide el haz; en un trabajo previo reportamos un sistema como éste (Mendieta, et al 2011), mientras en el presente trabajo reportamos la técnica de levitación magnética que a lo mejor de nuestro conocimiento

no ha sido usada anteriormente en enlaces WCS con ventajas tales como no presentar desgaste mecánico, es silenciosa y sin problemas de fricción (Zhaohui, et al, 2005).

Metodología

El sistema de apuntamiento electromagnético es una opción viable ya que la generación del campo inducido es indispensable y es continuo así, se puede elevar la cantidad de datos que se vayan a transmitir. A lo largo de este trabajo observaremos diagramas con una explicación más detallada del sistema en general y de cada una de las etapas.

El sistema desarrollado en este trabajo tiene la ventaja de permitir ajustes de tipo continuo, en contraste con los motores de solenoide. Existen desde luego, otros tipos de arquitecturas para realizar esta función, basadas principalmente en el uso de motores de solenoide.

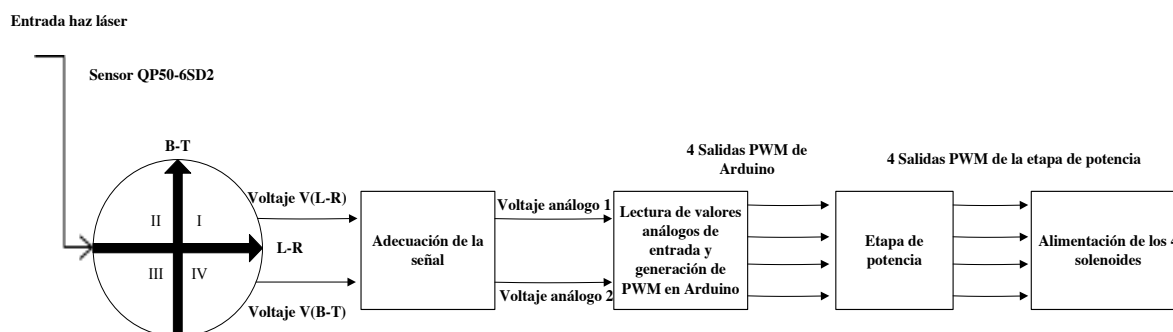


Figura 2. Diagrama del sistema de adquisición, rastreo y posicionamiento (ARA).

En la Figura 2 se presenta el diagrama a bloques del sistema ARA que consta de una plataforma giratoria, en la que va montado un sensor de cuatro cuadrantes (QP50-6SD2) el cual se encarga de enviar la información de la posición del haz láser a una etapa de ajuste. Esta etapa a su vez envía la información a un sistema de desarrollo Arduino, el cual lleva a cabo la generación de 4 señales moduladas por ancho de pulso –PWM, por sus siglas en inglés.

Las señales PWM que salen de la etapa de potencia, se encargan de controlar el campo magnético de cada solenoide y deciden en qué sentido gira la plataforma. A continuación se describe detalladamente cada etapa.

1. *Etapa de sensado.* La cual recibe la proyección del haz láser y tiene a la salida los valores de voltaje correspondientes a el eje x (V (L-R)) y el eje y (V(B-T)).

2. *Etapa de adecuación.* Esta etapa se encarga de recibir los voltajes de salida del sensado (-12V a 12V) y convertirlos a voltajes de 0V a 5V.
3. *Generación PWM.* En esta etapa se leen los valores análogos provenientes de la etapa de adecuación y se generan las cuatro señales PWM que controlan los movimientos de los solenoides.
4. *Etapa de potencia.* La etapa de potencia, solamente recibe las cuatro señales PWM y la amplifica en potencia para ser enviadas a los solenoides.
5. *Alimentación de los solenoides.* Esta es la última etapa del sistema la cual solo recibe las 4 señales PWM del bloque anterior del sistema y se encarga de alimentar los solenoides, generándose así el movimiento deseado.

Adecuación de la señal obtenida del sensor QP50-6SD2:

El sensor (receptor) de cuatro cuadrantes QP50-6SD2 (figura 3) es una matriz de fotodiodos cuádruple con amplificadores corriente-tensión que proporcionan tensiones de salidas que varían de 12V a -12 V en cada uno de sus 2 ejes y cero cuando el haz incide en el centro. Adicionalmente el QP50-6SD2 proporciona una señal que es la suma de las 4 señales en cada uno de los cuadrantes.

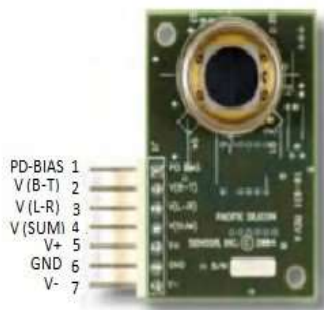


Figura 3. Sensor QP50-6SD2.

Para caracterizar la salida de este detector, se requiere hacer incidir luz láser sobre el área activa del detector. El punto de luz aplicada a la QP50-6SD2 debe ser menor que el diámetro de la matriz de foto-diodos. El área activa del detector tiene un diámetro de 7,8 milímetros. La intensidad de la señal de salida respecto al punto de luz cruza el límite de separación de los cuadrantes, normalmente se conoce como la "brecha". Este efecto crece a medida que el diámetro del punto de luz disminuye, ya que un mayor porcentaje de la energía del punto de luz cae dentro de la no-brecha activo. Por esta razón, el diámetro máximo del haz de luz debe ser menor de un milímetro.

La señal de salida de suma puede ser utilizada para ayudar a la alineación preliminar del QP50-6SD2 a la fuente de haz de luz, es decir, el sensor se ajusta a la señal de salida máxima de tensión que el sensor nos puede entregar en función de la intensidad del haz que incide.

Circuito de adecuación de la señal:

El propósito de esta etapa es la de adecuar los voltajes de salida del sensor QP50-6SD2, los cuales varían de -12 V a +12 V, en voltajes que varíen de 0V a 5V.

El circuito mostrado en la figura 4, es el de adecuación de la señal. Se muestra también los valores de las resistencias utilizadas. V_1 es el valor del voltaje proveniente del sensor de cuatro cuadrantes QP50-6SD2.

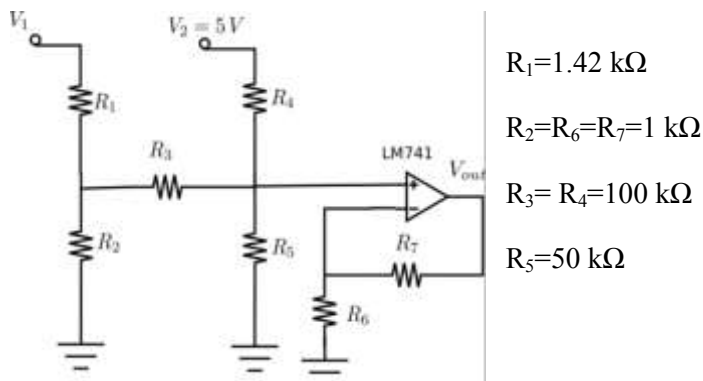


Figura 4. Circuito de adecuación.

Análisis de la etapa de adecuación

El circuito de adecuación visto anteriormente puede ser fácilmente reordenado, considerando el voltaje del divisor de entrada, así:

$$V_3 = V_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \tag{6}$$

Obtenemos el circuito equivalente, como se observa en la Figura 5.

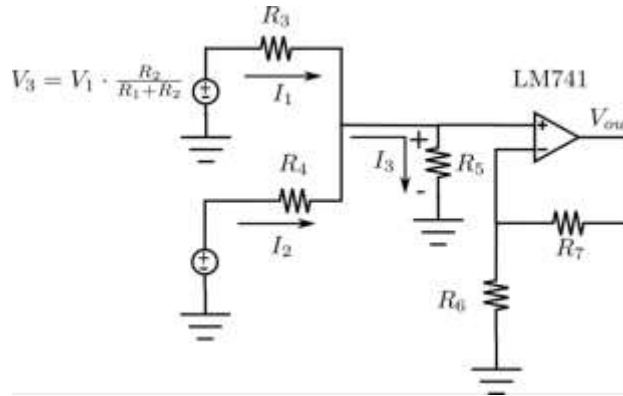


Figura 5. Circuito equivalente de la etapa de adecuación.

Por lo tanto, el voltaje en la entrada no inversora es:

$$V_+ = I_3 \times R_5 \quad (7)$$

Utilizando la ley de corriente de Kirchoff (LCK) en la malla de entrada tenemos:

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad (8)$$

$$I_1 = \frac{V_3 - V_+}{R_3}; \quad I_2 = \frac{V_2 - V_+}{R_4} \quad (9)$$

La corriente I_3 vale entonces:

$$I_3 = \frac{V_3 - V_+}{R_3} + \frac{V_2 - V_+}{R_4} \quad (10)$$

Por lo que el valor del voltaje en la entrada no inversora es:

$$V_+ = \left(\frac{V_3 - V_+}{R_3} + \frac{V_2 - V_+}{R_4} \right) \times R_5 = \frac{\left(\frac{V_3 + V_2}{R_3 + R_4} \right)}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} \quad (11)$$

Para el cálculo de la ganancia podemos auxiliarnos en el circuito equivalente de la Figura 5, donde la fuente V_+ tiene el valor del voltaje equivalente en la entrada no inversora, calculado arriba.

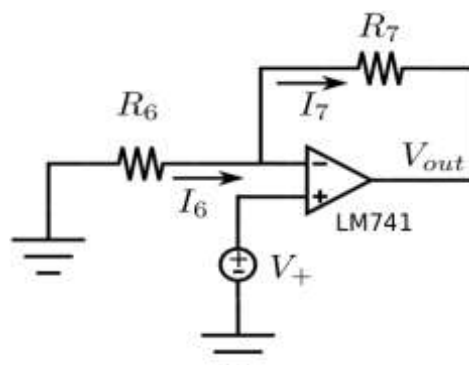


Figura 6. Circuito equivalente para estimar la ganancia

Dada las características del OPAMP [9], tenemos que las corrientes:

$$I_6 = I_7 \quad (12)$$

Pero,

$$I_6 = \frac{0 - V_+}{R_6}; \text{ y la corriente } I_7 = \frac{V_+ - V_{out}}{R_7} \quad (13)$$

Por lo tanto:

$$\frac{-V_+}{R_6} = \frac{V_+ - V_{out}}{R_7} \quad (14)$$

Despejando V_{out} de la anterior expresión, obtenemos

$$V_{out} = V_+ \left(1 + \frac{R_7}{R_6} \right) \quad (15)$$

Representando por A_v la ganancia en voltaje es:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_+} = 1 + \frac{R_7}{R_6} \quad (16)$$

Sustituyendo los valores de R_6 y R_7 en la ecuación anterior, obtenemos que la ganancia de voltaje del circuito resulte en un valor de 2.

Etapa de potencia

En la Figura 7 se presenta el circuito de potencia. El TIP120 es un transistor NPN de potencia Darlington, se puede utilizar con el sistema Arduino para impulsar motores, encender las luces, y manejar otros aparatos de alta potencia. La función del optoacoplador 4N30 es de aislar la etapa de potencia y la de procesamiento digital del sistema Arduino.

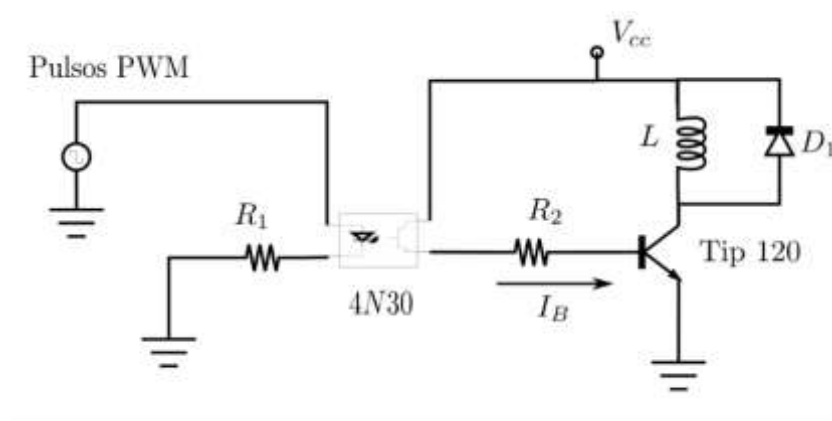


Figura 7. Circuito de potencia

Donde $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 39\Omega$ y $V_{CC} = 7V$, por lo tanto la corriente en la base [4] y [6],

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_2} \quad (17)$$

Sustituyendo los valores y calculando

$$I_B = \frac{7V - 0.7V}{39\Omega} = 161.53 \text{ mA} \quad (18)$$

El diodo D1 es el 1N4001 y opera hasta 35V, tiene capacidad de picos elevados de corriente, alta fiabilidad, capacidad de alta corriente, y aquí se utiliza como un interruptor para que no fluya corriente inversa al colector del transistor.

La acción del controlador se aplica directamente a la base del transistor que maneja al solenoide haciendo variar de esta manera a la corriente que es suministrada al solenoide y a su vez, el campo magnético generado por el mismo. Cabe señalar que el campo magnético producido es directamente proporcional a la corriente que alimenta al solenoide, es decir, entre mayor sea la corriente de alimentación mayor será la fuerza magnética producida bajo este principio ha sido basado el control por corriente.

El optoacoplador 4N30 contiene un diodo led interno y se activa mediante las señales PWM recibidas del programador, además posee un transistor doble Darlington en cascada que se encarga de activar al transistor para que este a su vez alimente al solenoide y se produzca un campo magnético, el cual genera el movimiento.

Resultados y discusión

Para medir los resultados del diseño y construcción del sistema de adquisición, se construyó el arreglo experimental con las conexiones del sensor QP50-6SD2 y la etapa de adecuación como se muestran en la Figura 8.

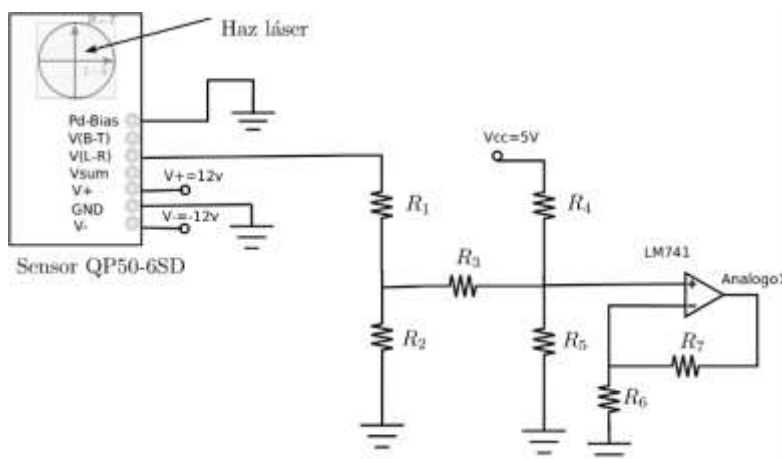


Figura 8. Conexiones del sensor QP50-6SD2 y la etapa de adecuación.

Se hizo incidir láser en el sensor de cuatro cuadrantes con la finalidad de determinar la resolución del sensor. Se hicieron mediciones a corta distancia utilizando luz láser con una longitud de onda $\lambda=520\text{nm}$, con un ancho de haz de 1 mm aproximadamente. Se obtuvieron distintos valores de tensión por cada milímetro que se desplazó el láser a través de cada uno de los ejes en un rango de 0V a 5V.

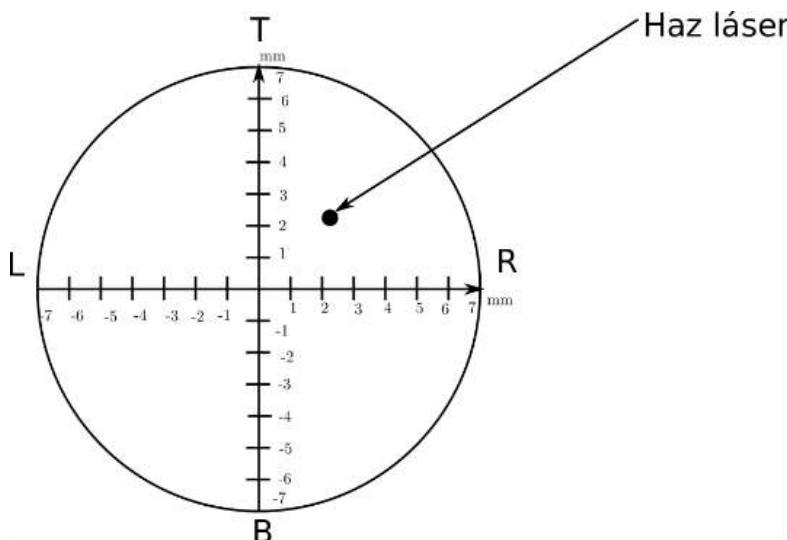


Figura 9. Proyección del haz láser sobre el área activa del sensor

Los resultados de las mediciones se muestran en la Figura 10. Se graficó la posición donde incide el haz de luz láser contra el voltaje de salida del sensor. L-R y B-T son los valores de los ejes mostrados en la Figura 9.

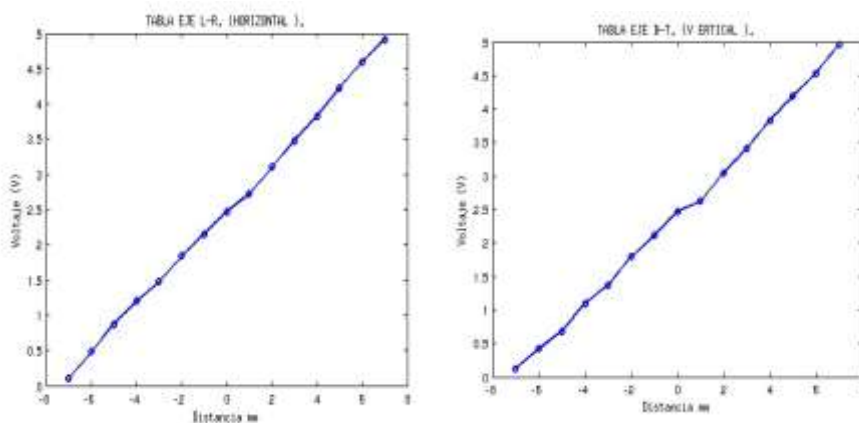


Figura 10. a) Gráfica eje L-R horizontal y b) Gráfica eje B-T vertical.

Se puede observar que los voltajes de salida de acuerdo a la posición están en el rango de 0 a 5V como se esperaba.

Asimismo, los valores de voltaje de salida alimentan a los solenoides para corregir la posición representan cada uno de los movimientos que puede realizar el prototipo, con los solenoides. Esta corrección del apuntamiento y rastreo se efectuó de manera adecuada a los diseños aquí mostrados.

Conclusiones

En este trabajo de investigación se presentó el sistema de adquisición, rastreo y apuntamiento; cada una de las etapas que lo conforman. Aquí, se desarrollaron principalmente las etapas de adecuación de señal y la de potencia.

Los resultados obtenidos de dichas etapas son satisfactorios, los voltajes de salida de la adecuación están en el rango de 0V a 5V, tal como se desea para poder llevar a cabo el procesamiento digital de estos valores.

La amplificación de potencia, nos provee de los valores de corrientes y voltajes necesarios para energizar los solenoides y lograr controlar el apuntamiento óptico.

Las pruebas realizadas en este trabajo son a corta de distancia que varían entre los 40cm a 50cm, para realizar pruebas a distancia más largas se requiere de amplificadores con capacidad de realizar operaciones más complejas dentro de los cuales se tienen los amplificadores de ganancia programada.

Una vez realizadas las pruebas de mayor alcance, se tendrá un sistema de apuntamiento óptico y rastreo que es una opción viable para su uso en enlaces ópticos por el espacio libre a larga distancia, como los enlaces de pequeños satélites de órbita baja a la estación terrena.

Este proyecto fue desarrollado con el apoyo del programa PROFAPI de ITSON.

Referencias

Chan, Vincent W. S., Optical Satellite Networks, IEEE Journ of Lightw. Techn., VOL. 21, NO. 11, Nov. 2003, 2811 – 2827.

ESA (European Space Agency), Homepage, 2014, <http://www.esa.int/esasearch?q=silex>. (8 de abril 2016).

F. E. Becerra, J.Fan, G. Baumgartner, J.Goldhar, J.T.Kosloski, and A. Migdall, Experimental demonstration of a receiver beating the standard quantum limit for multiple nonorthogonal state discrimination, *Nature Photonics*, 6 January 2013, 1-6.

Fsona, 2014, http://www.fsona.com/technology.php?sec=fso_guide (8 de abril 2014)

Hemmati H. (2006). *Deep Space Optical Communications*. Wiley-Interscience, 1st-edition, USA. Hemmati H., Dolinar S., *Quantum Limits of Space-to-Ground Optical Communications*, CLEO Technical Digest 2012, JTh3K.2.pdf

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), Homepage, 2014, http://www.jaxa.jp/projects/sat/oicets/index_e.html (20 de abril 2016)

Mendieta J. F. J., Arvizu M. A., Muraoka E. R., Pacheco C. E., Murrieta L. J. C., Sánchez G. J. A., Gutiérrez A. J. A. (2011). Optical communications payload for the Mexican Nanosatellite Project SENSAT. ICSOS-2011, 11 - 13 mayo. Santa Mónica, Ca., USA.

NASA Goddard Space Flight Center 2014, <http://esc.gsfc.nasa.gov/267/271.html> (20 de abril 2016).

Pisani, M. (2004). Four quadrant photo-detector with ultra high common mode rejection ratio and ultra narrow gap. *LEOS 2004*. Volume: 1, 51 - 52.

Sánchez L. J. D. D., Arvizu M. A., Mendieta J. F. J. , Nieto H. J. I. (2011). Trends of the optical wireless communications. En: *Advanced Trends in Wireless Communications*. In-Tech. ISBN: 978-953-307-183-1.

Savage, Neil, Linking with light, *IEEE Spectrum Magazine*, August 2002, 32-36.

Wang, Ke, Nirmalathas, Ampalavanapillai, Lim, Christina and Skafidas, Efstratios, High-Speed Optical Wireless Communication System for Indoor Applications. *IEEE Phot.Techn.Lett.*, VOL. 23, NO. 8, Ap. 15, 2011, 519-521.

Weatherchannel:<http://www.weather.com/weather/today/MXBC0003:1>, (8 de abril 2014)

Xiao-song Ma, William Naylor, Thomas Herbst, Alexandra Mech, Thomas Scheidl, Daqing Wang, Bernhard Wittmann, Sebastian Kropatschek, Johannes Ko, Elena Anisimova, Vadim Makarov, Thomas Jennewein, Rupert Ursin and Anton Zeilinger, Quantum teleportation using active feed-forward between two Canary Islands, *Nature* 489, 269 (2012), 17 May 2012, 1-9

Capítulo XI. Desarrollo de un prototipo para producir nanofibras por el proceso de electrohilado

José Manuel Campoy Salguero, Juan José Padilla Ibarra, Miguel Ángel Bernal Reza, Andrés Othón Pizarro Lerma y Adolfo Soto Cota
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. jmcampoy@itson.edu.mx

Resumen

En el proceso de electrohilado (electrospinning) la calidad de las nanofibras depende del buen diseño y precisión de los componentes mecánicos tales como el motor, la estructura y los colectores. La robustez mecánica es muy importante para el control de los parámetros como la velocidad del colector, y la distancia entre inyector y colector, lo anterior junto con el control del voltaje garantizan homogeneidad del producto. Cada tipo de colector representa y es sometido a diferentes cargas que se deben tener en cuenta en el diseño mecánico, para asegurar el correcto funcionamiento, la integridad del equipo y el operador. El objetivo del proyecto es realizar el diseño de una estructura modular de soporte con ángulo de inclinación y altura variable para tres tipos de colectores (cilíndrico, disco y cónico) de una estación de electrohilado. También se diseña el colector tipo cilindro así como el diseño, cálculo y adaptación del tren motriz. Como parte del diseño se selecciona la fuente de alto voltaje encargada de generar los campos eléctricos. Para realizar este proyecto primeramente se tomaron en cuenta los requerimientos del cliente y la factibilidad mecánica, definiéndose las metas del diseño. Posteriormente se seleccionó la fuente de alto voltaje. Se prosiguió al diseño del primer prototipo y a partir de su desempeño se construyó un segundo prototipo. Con la información disponible se diseñó el prototipo final donde contempla los cálculos del colector final, el tren motriz y la base de la estructura modular.

Introducción

La búsqueda de nuevos materiales obliga al desarrollo e implementación de procesos innovadores, un ejemplo es la técnica de electrohilado. La técnica de electrohilado, ha sido ampliamente estudiada durante los últimos años gracias a la posibilidad de crear fibras en escala micro y nanométrica para una gran variedad de aplicaciones biomédicas. Esta técnica produce transformaciones físicas en los elementos modificando características como: homogeneidad, porosidad entre muchas otras propiedades mecánicas. La técnica es versátil y de fácil ensamble lo que ha permitido procesar una gran variedad de polímeros y otros materiales. Sin embargo durante el desarrollo del proceso existen una serie de variables que afectan las características de los elementos obtenidos, ya sea porque están ligadas a las propiedades del material base o porque su desempeño está relacionado con otros parámetros dentro del proceso.

La técnica de electrohilado consiste en someter soluciones de polímero a través de altos campos eléctricos que superen las fuerzas de la tensión superficial del polímero cargado. De esta forma, finos chorros de solución son expulsados desde el capilar hasta el colector siguiendo la dirección del campo eléctrico, mientras se mantenga el equilibrio entre las fuerzas eléctricas internas del polímero y del campo eléctrico. Este equilibrio experimenta inestabilidad en algunas ocasiones.

En el centro de investigación en innovación en biotecnología agropecuaria y ambiental (CIIBAA) del Itson actualmente se llevan a cabo desarrollos para extraer polímero a base de quitosano con el propósito de obtener nanofibras con fines biomédicos. Para obtener dichas fibras se necesitan controlar una serie de parámetros que afectan su proceso de producción y por ende se han buscado diferentes alternativas para solucionar este problema. En particular el objetivo de este trabajo es diseñar, calcular e implementar el tren motriz de un colector de nanofibras mediante un software de diseño, la manufactura de piezas mecánicas, así como la implementación de componentes eléctricos con el fin de obtener nanofibras que puedan ser aprovechadas para fines médicos.

Fundamentación teórica

Una nanofibra es una fibra polimérica con diámetro inferior a 500 nanómetros. Se obtienen a partir de técnicas especiales que permiten obtener fibras ultra finas, de propiedades muy particulares y de muy diversos usos. La técnica de electrohilado es el proceso convencional, efectivo y de bajo costo que produce nanofibras a partir de polímeros. El proceso de electrohilado consiste en pasar un polímero a través de una aguja cargada positivamente. Por efecto del campo eléctrico se generan nanofibras oscilantes que viajarán a través del aire hasta llegar a un colector conectado a una carga negativa (Yu, 2011).

El campo eléctrico se entiende como el espacio comprendido entre dos electrodos o dos puntos cargados positiva y negativamente, en ese espacio se ejercen fuerzas en los dos puntos debido a las cargas eléctricas. Las fuerzas existentes son denominadas líneas de campo eléctrico, las cuales tienen cierto sentido. La Figura 1 representa el campo eléctrico que se forma entre dos puntos cargados eléctricamente, donde las líneas de campo eléctrico van de la carga positiva a la carga negativa (Santamaria, *et. al.*, 2009).

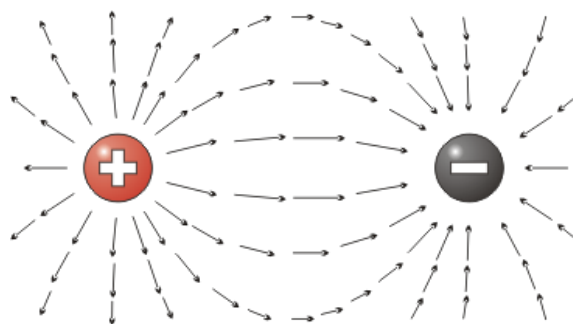


Figura 1. Sentido de las líneas de campo eléctrico.

Proceso y diseño básico de un sistema de electrohilado

Existen una serie de variaciones y modificaciones del diseño y proceso de electrohilado, la forma tradicional genera nanofibras de una manera simple y de bajo costo, como se muestra en Rahul *et. al.* (2011). El proceso básico de electrohilado consta de cuatro etapas:

1. *Suministro del polímero.* Una bomba o más bombas son las encargadas de hacer llegar el polímero que se desea procesar hacia una o más agujas capilares (hileras).
2. *Formación de la nanofibra.* Ya que el polímero ha sido bombeado hasta la aguja, este debería salir en forma líquida, pero debido a que está sometido a una carga eléctrica de gran magnitud, se forma el cono de Taylor, para después formar las nanofibras que viajarán a través del aire.
3. *Inestabilidad de las fibras.* Al formarse las nanofibras, primeramente saldrán en línea recta, pero, como se comenta en Yuansheng & Yongchun, (2013), al ir aumentando su longitud comenzarán a oscilar debido a las líneas de campo eléctrico y la fuerza electrostática que se da entre la aguja y el colector.
4. *Etapas de colección.* Al existir un campo eléctrico, donde la aguja tiene la polaridad positiva y el colector la negativa, las fibras tomarán el camino de la carga eléctrica positiva hacia la negativa, por lo que las fibras se dirigirán a un colector.

Los componentes principales de la técnica de electrohilado

1. *Bomba.* Es la encargada de mantener un flujo constante del polímero hacia la aguja. Hay diferentes modelos de bombas desde manuales hasta programables, donde la elección dependerá de la necesidad que se tiene.
2. *Aguja (Hilera).* Es la encargada de contener el polímero. La forma tradicional es una aguja capilar. Además existen una infinidad de novedosos diseños con la intención

mejorar la producción de las nanofibras. También es posible la multi-inyección que es usar más de una aguja para proveer del polímero. Otra opción es el diseño multi-hoyo.

3. *Fuente de alto voltaje de corriente directa.* Para poder generar las nanofibras se necesita tener un campo eléctrico entre la aguja y el colector lo suficientemente alto para romper la tensión superficial del polímero. Se emplean fuentes de hasta 50kV con valores de corriente muy bajos. Las fuentes de corriente directa son más utilizadas.
4. *Colectores.* Pueden ser estáticos o dinámicos. La geometría del colector, ubicación espacial y velocidad de giro define la alineación de las fibras. La Figura 2 muestra el esquema tradicional de un sistema de electrohilado.

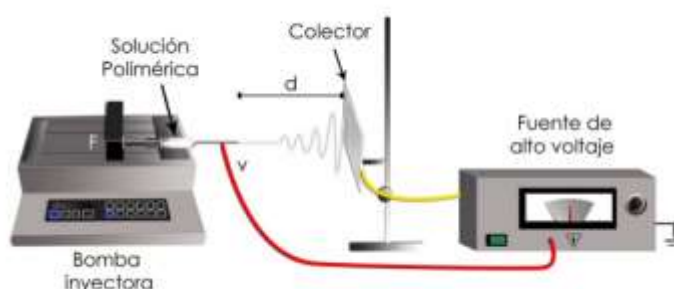


Figura 2. Diseño y proceso tradicional de la técnica de electrohilado.

Metodología

Desarrollo del Proyecto

Especificaciones del cliente. Para el desarrollo del proyecto se definen las especificaciones del cliente. Será referencia para el diseño final y evaluación del proceso.

Algunas de las especificaciones son las siguientes:

- Un diseño que tenga la capacidad de crear nanofibras
- Un sistema seguro, flexible y fácil de manejar
- Tenga la capacidad de utilizar 3 colectores (Disco, cono y cilindro)
- Poder controlar la altura y la posición del colector (90° a 270°)
- Los colectores alcancen velocidades superiores a las 2000 rpm con control de velocidad
- Fuente de alto voltaje de corriente directa con variación de voltaje y cambio de polaridad.
- Sea de un material liviano y de buena calidad (aluminio aleación 1060).

Investigación bibliográfica. Se trata de todos los fundamentos y conceptos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Selección de la fuente de alto voltaje. La técnica de electrohilado necesita de un campo eléctrico, generado por una fuente de alto voltaje de corriente directa. Se propone la fuente en función de la calidad y la seguridad al usuario, la fuente seleccionada es el modelo CZE 1000R de la marca Spellman®. La empresa es líder en dispositivos de alto voltaje especializados en electrohilado. La fuente maneja voltajes autoregulares que van de 0 a 30 KV mientras que la corriente es de 0 a 300 μ A (Figura 3).



Figura 3. Fuente Spellman® CZE1000R

Implementación del primer prototipo

Antes de un diseño definitivo se realizaron prototipos con el fin de observar el comportamiento del proceso y así tomar una decisión en cuanto al diseño final. En el primer prototipo se emplearon materiales de baja calidad como el cartón, papel repujado, motor de corriente directa de bajo par y una base de madera. Todo ello manufacturado con herramientas muy básicas principalmente taladros, tijeras y pegamento epóxico. La Figura 4 muestra el prototipo y la trayectoria de las nanofibras hacia el colector de tipo dinámico (Cilindro).

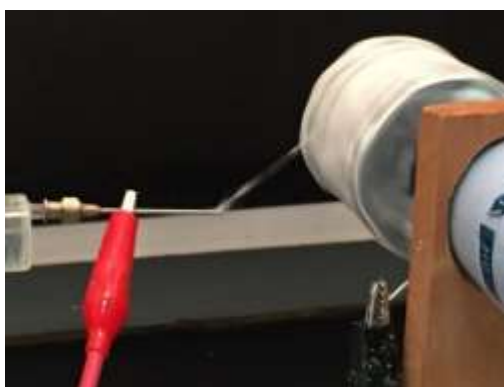


Figura 4. Primer prototipo de la técnica de electrohilado.

Implementación del segundo prototipo

Tomando como base Dabirian et all (2011), los resultados del primer prototipo y el comportamiento del dispositivo se obtuvieron los datos para el diseño de un segundo prototipo. Para el segundo prototipo se utilizaron materiales de mejor calidad y se manufacturaron algunos componentes del diseño mediante máquinas de precisión (torno, fresa), también se utilizó un motor con una relación de dientes 53:1, un motor más lento pero con mayor par. La base del prototipo es de acero inoxidable con altura variable por el cliente. El colector que se emplea para este prototipo es un disco (el primer prototipo es cilíndrico). El disco manufacturado es de aluminio y se diseña tal que el diámetro de una cara es mayor que la otra formando un ángulo de 25° entre ellas (Figura 5). La idea del ángulo fue para concentrar líneas de campo. El prototipo terminado con el disco de aluminio ofrece la capacidad de formar mallas más homogéneas y crear una especie de hilo en la parte afilada del disco (Figura 6).



Figura 5. Colector (Disco).

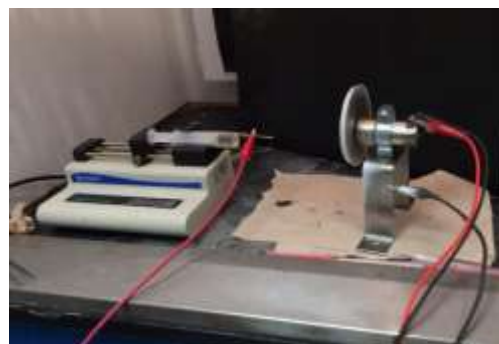


Figura 6. Implementación del segundo prototipo.

Cálculos y selección del motor para el diseño final

El diseño final de electrohilado maneja 3 tipos de colectores como fue especificado por el cliente, uno de ellos es un disco de aluminio. El disco de aluminio tiene que girar a velocidades mayores a 2000 rpm, donde el usuario tendrá la capacidad de variar dicha velocidad. El dispositivo encargado de mover el disco y los otros colectores a las velocidades determinadas por el usuario es un motor de corriente directa.

De acuerdo al rango de velocidad que se definió por el cliente y el par calculado, el motor seleccionado es un motor de corriente directa sin escobillas de la marca OrientalMotor® modelo BMU5120A-A-3 con control de velocidad. Las características del motor son que cuenta con un rango de velocidad de 80-4000 rpm, el voltaje de alimentación

es de 120 VAC, el par es de .38 Nm y la potencia de salida son 120 watts (Figura 7). Las características del motor seleccionado están un tanto sobradas debido a cuestiones de diseño y seguridad del cliente.



Figura 7. Motor de cd sin escobillas con control de velocidad de la marca Orientalmotor®.

Diseño final del colector (Disco)

El diseño del disco en 3D se muestra en la Figura 8. Dentro de las dimensiones del disco son que posee un diámetro de 10 cm (3.94 in), una longitud de .5 cm (.20 in) y el material es de aluminio.

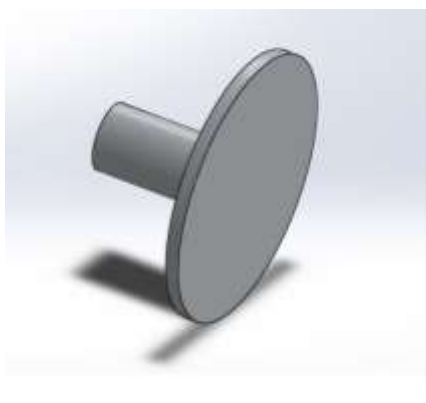


Figura 8. Diseño en 3D del colector tipo disco.

Simulaciones del diseño preliminar del sistema de electrohilado

El diseño final se valida en simulaciones de fuerza con apoyo del software de diseño Solidworks. Los resultados arrojados son referentes a tensión, desplazamiento y de deformaciones. La finalidad de realizar las simulaciones es para saber el riesgo que existe de una posible falla en los elementos del ensamblaje. En todas las simulaciones se definió un incremento de fuerza de 10 veces el máximo esperado. Se observan los resultados de tensión (Figura 9), desplazamiento (Figura 10) y deformaciones (Figura 11). Los resultados

demuestran que el material que se especificó (aluminio 1060) y la geometría del diseño son ideales para soportar el peso, garantizando seguridad para el usuario.

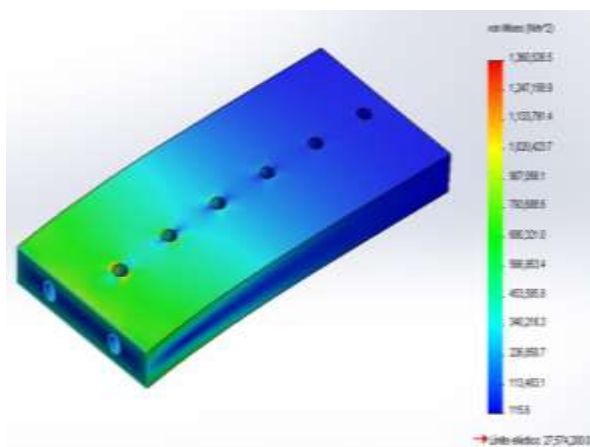


Figura 9. Simulación de tensión-1.

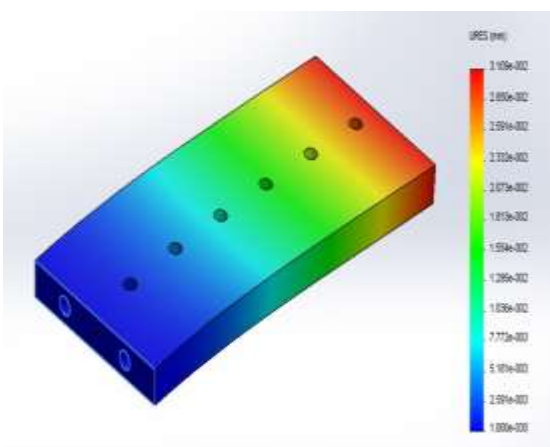


Figura 10. Simulación de desplazamiento-1.

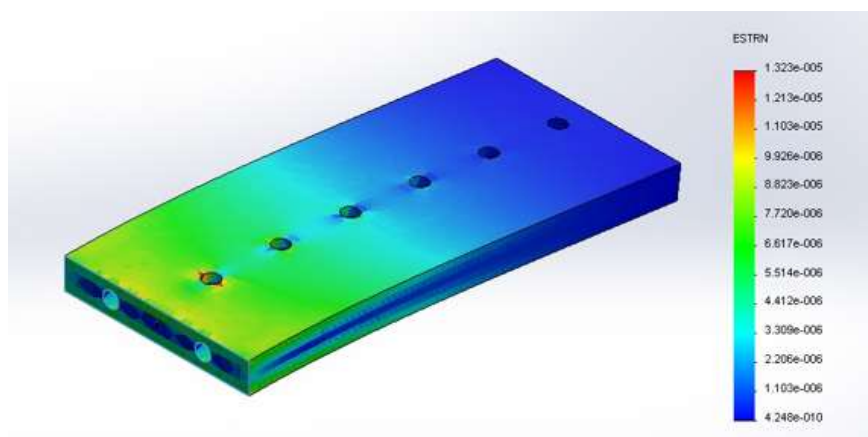


Figura 11. Simulación de deformación-1.

El siguiente elemento que se considera que puede ser crítico a la hora de estar operando el sistema es la base que soporta al motor acoplado. La carga que se le aplicó es de 40N. Se realizan las simulaciones de tensión (Figura 12), desplazamiento (Figura 13) y deformaciones (Figura 14). Se observa que el diseño y el material utilizado son correctos para su implementación.

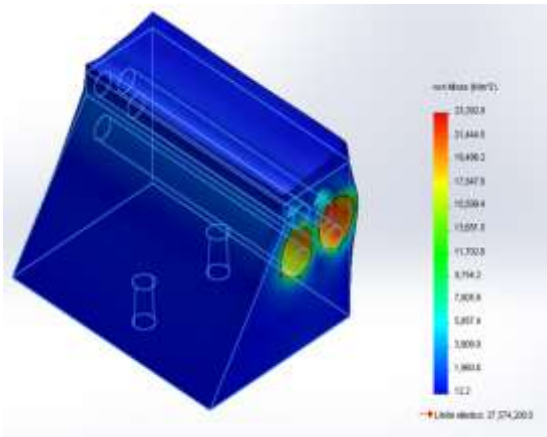


Figura 12. Simulación de tensión-2.

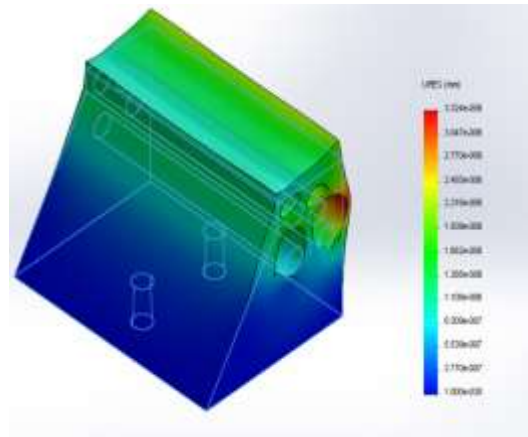


Figura 13. Simulación de desplazamiento-2.

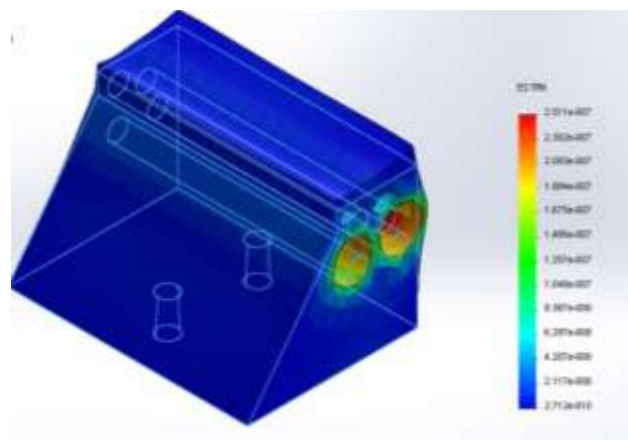


Figura 14. Simulación de deformación-2.

Los resultados que se obtuvieron serán expuesto y analizados en la próxima sección.

Diseño final del sistema de electrohilado

Después de una serie de simulaciones, de tener definido el motor y realizar el diseño correspondiente del colector tipo disco, el siguiente paso es llevar a cabo el diseño final definitivo del sistema de electrohilado. Con las especificaciones del cliente y los datos de cálculo y simulaciones se tiene el diseño final Figura 15).

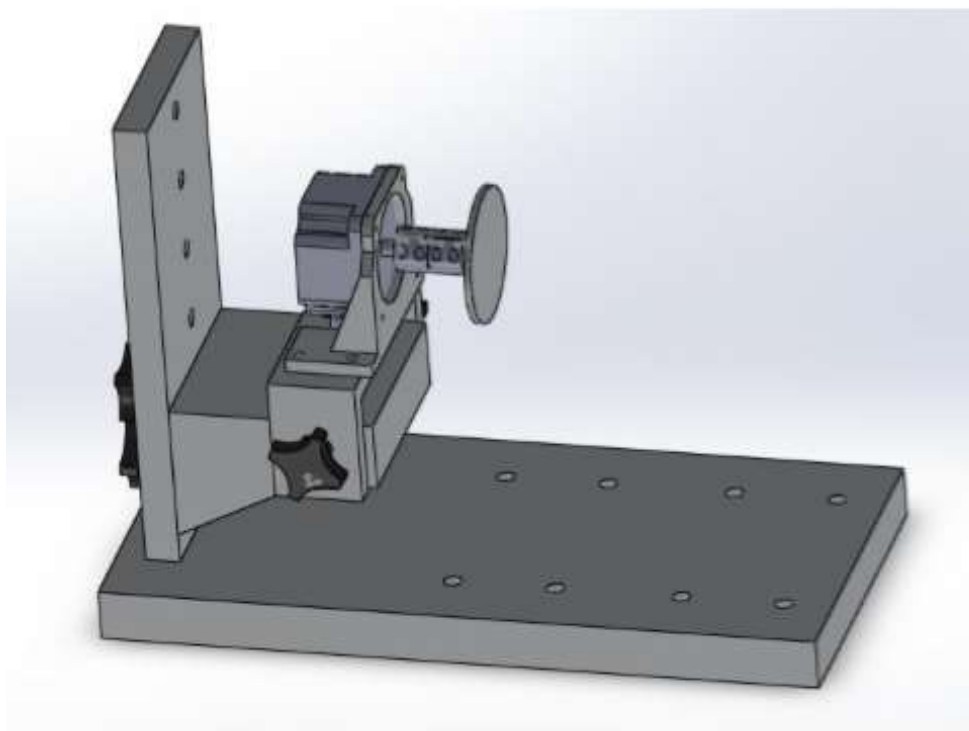


Figura 15. Diseño final del sistema de electrohilado en 3D con colector tipo disco.

Resultados y discusión

Se expondrán y analizarán los resultados obtenidos en la sección anterior como resultado de las pruebas realizadas al sistema de electrohilado.

Mallas de nanofibras

Las mallas que se obtuvieron gracias a los primeros prototipos, demostraron la gran importancia que tiene el emplear un buen diseño, utilizar materiales de buena calidad y manejar los parámetros como la velocidad y la cantidad de polímero aplicado. La Figura 16 demuestra la porosidad y la Figura 17 la irregularidad que existe en la malla, debido a que la superficie de contacto del colector en el primer prototipo era irregular y existía una oscilación en el colector debido al deficiente acoplamiento del motor.



Figura 16. Malla del primer prototipo.

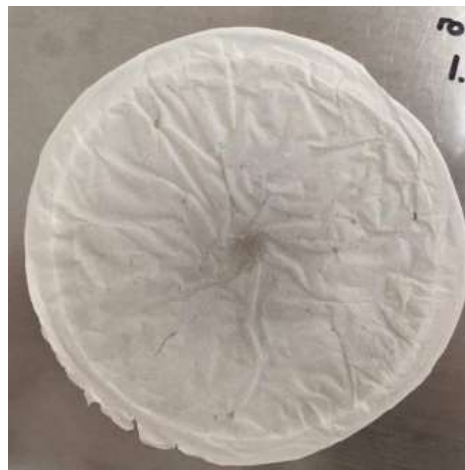


Figura 17. Malla del primer prototipo.

Para el siguiente prototipo se manufacturó un disco de aluminio con máquinas de precisión lo que arrojó como resultado una malla más homogénea y densa en cuanto a cantidad de material comparada con la del prototipo anterior (Figura 18). El segundo prototipo fue una versión mejorada del primer prototipo en cuanto a diseño y calidad de materiales.



Figura 18. Mallas de nanofibras del segundo prototipo.

Conclusiones

El sistema de electrohilado idealmente es un proceso simple y de bajo costo, pero la calidad y morfología de las nanofibras dependerá de la manipulación de los diferentes parámetros que afectan el proceso como la velocidad de rotación del colector, distancia entre aguja y colector, el voltaje aplicado y la geometría del colector. En este trabajo se realizó un diseño en 3D de un sistema de electrohilado brindando al usuario el control de ciertos

parámetros que afectan el sistema, como el manejo de 3 colectores diferentes, altura, ángulo y velocidad del colector, además se buscó crear un diseño seguro y fácil de operar para el usuario. La decisión de los materiales utilizados y el diseño del proyecto se dieron basándose en los prototipos anteriormente realizados donde se llegó a la conclusión que el colector es parte fundamental para la calidad y forma de las nanofibras. La geometría del colector modifica el campo eléctrico del proceso, la calidad y manufactura del material del colector determinan la calidad de las nanofibras.

Otro punto importante que se observó al momento de realizar las pruebas fue que en las partes afiladas del colector se alinean más las nanofibras debido a que se concentra el campo eléctrico. La velocidad de rotación influye en la alineación de las nanofibras, observando que a mayor velocidad mayor alineación de nanofibras. Viendo los resultados mencionados se llegó a la conclusión de que entre mayor control se tenga de los parámetros, mejor es la calidad de las nanofibras obtenidas. Es por ello que el diseño es de suma importancia para obtener el resultado esperado.

Referencias

- Dabirian, F., Hosseini Ravandi, S., Hashemi Sanatgar, R. & Hinstroza, J. (2011). Manufacturing Of Twisted Continuous PAN Nanofiber Yarn by Electrospinning Process," *Fibers and Polymers*, vol. 12, no. 610-615, p. 6.
- Rahul, S, Velmurugan, T. & Seeram, R. (2011). Design Modifications in Electrospinning Setup for Advanced Applications," *Hindawi Publishing Corporation*, vol. 2011, p. 17.
- Santamaria G. y Castejon, A. (2009). *Electrotecnia*, Editex.
- Yu, X. (2011). *Electrospinning Process And Resulting Nanofibers*, Akron: ProQuest.
- Yuansheng, Z & Yongchun, Z. (2013). Electric field analysis of spinneret design for multihilo electrospinning system. *Springer Science+Business Media*, p. 10.

Capítulo XII. Análisis de desempeño de algoritmos localización con parámetros reales

Joaquín Mass Sánchez, Érica Cecilia Ruiz Ibarra, Adolfo Espinoza Ruiz,
Joaquín Cortez González y Armando García Berumen

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. joaquin.cortez@itson.edu.mx

Resumen

En este trabajo se describe la importancia de la localización en las redes de sensores inalámbricos y los algoritmos de localización utilizados ante el escenario de evaluación propuesto. Principalmente se evalúan algoritmos de localización libres de distancia (range-free) y basados en distancia (range-based). El escenario de evaluación propuesto consiste en un área de sensado de 10m x 10m utilizando 4 puntos de acceso (nodos de referencia) colocados en cada esquina del área de sensado, mientras que el nodo de interés es distribuido aleatoriamente dentro del grid. Se utiliza la potencia de señal recibida RSS (Received Signal Strength) para estimar la posición del nodo de interés. Los algoritmos de localización son evaluados mediante la exactitud y precisión como métricas de desempeño.

Introducción

Actualmente los sistemas de comunicaciones han generado un gran impacto en la sociedad, por ello han tenido numerosos avances durante los últimos años. Uno de ellos, son las redes de sensores inalámbricos. Una red de sensores inalámbricos WSN (Wireless Sensor Network por sus siglas en inglés) es una red con numerosos dispositivos distribuidos espacialmente, que utilizan sensores extremadamente pequeños para sensar diversas condiciones en distintos puntos, entre ellas la temperatura, el sonido, la vibración, la presión, el movimiento, etc. Los dispositivos son unidades autónomas que constan de un microcontrolador, una fuente de energía (casi siempre una batería), un radio tranceptor y un elemento sensor [1]. Estos dispositivos son de poca capacidad de procesamiento, muy bajo consumo de potencia y bajo costo. Las redes de sensores son utilizadas en diversas aplicaciones como rastreo, monitoreo ambiental, domótica, predicción de desastres naturales y transporte inteligente [2]. Todas estas aplicaciones requieren conocer la localización del evento, ya que la información sensada sólo es útil cuando es acompañada de la localización geográfica. Por lo tanto la estimación de la posición de los nodos sensores es un factor clave en las WSN [3]. Realizar el diseño de un algoritmo de localización en un ambiente real con pocos requerimientos de hardware, menor consumo de potencia y de baja capacidad de procesamiento, implica un verdadero reto [4].

Fundamentación teórica

Actualmente existen muchas técnicas para determinar la distancia entre los nodos sensores. Los sistemas de posicionamiento global GPS (Global Positioning System) son muy útiles en exteriores, sin embargo no lo son en interiores debido a que las señales de radio son bloqueadas por las construcciones [5, 6]. Por su parte la técnica de tiempo de llegada ToA (Time of Arrival) calcula físicamente la distancia a través de la velocidad y el tiempo de propagación de la señal, la técnica de ángulo de llegada AoA (Angle of Arrival) estima la distancia del nodo de interés NOI (Node of Interest) obteniendo la dirección de la señal enviada por nodos adjuntos a través de un arreglo de antenas y múltiples receptores, mientras que el indicador de la fuerza de la señal recibida RSSI (Received Signal Strength Indicator) mide la potencia recibida por el nodo receptor, calcula las pérdidas de propagación y las transforma a distancia, empleando un modelo teórico o empírico de las pérdidas de trayectorias de la señal [7].

Las técnicas de localización se clasifican en dos grupos: basadas en distancia (range-based) y libres de distancia (range-free) o basadas en proximidad. Las técnicas basadas en distancia, necesitan calcular la distancia entre un grupo de nodos, para estimar la posición del NOI. En este grupo, se encuentran las técnicas de multilateración [8], escalamiento multidimensional MDS (Multidimensional Scaling) [9], sistemas de posicionamiento Ad-hoc APS (System Positioning Ad-hoc) [10], algoritmos de posicionamiento circular e hiperbólico [11]. Por su parte, las técnicas libres de distancia, son aquellas, que estiman la posición del NOI mediante RSS por lo que no necesitan estimar la distancia entre los nodos. En este grupo, están DV-Hop (Distance Vector-Hop) [8], APIT (Approximate Point In Triangle) [12], centroide [8], intersección rectangular [13], intersección circular [13] e intersección hexagonal [13], entre otras.

El primer grupo necesita estimar las distancias entre el nodo desconocido y el nodo de referencia, o bien los ángulos entre ellos, para ello existen diferentes técnicas de estimación de distancia, como:

- Tiempo de llegada (ToA – Time of Arrival).
- Diferencia de tiempos de llegada (TDoA – Time Difference of Arrival).
- Ángulo de llegada (AoA – Angle of Arrival).
- Fuerza de la señal recibida (RSS – Received Signal Strength).

En la Tabla 1 se muestran los métodos de estimación de distancia.

Tabla 1. Métodos de estimación de distancia.

Método	Distancia máxima	Hardware extra	Retos
RSSI	Alcance de la comunicación	Ninguno	Variación e interferencias.
ToA	Alcance de la comunicación	Ninguno	Sincronización de nodos.
TDoA	Pocos metros	Transmisor de ultrasonidos	Máxima distancia de trabajo
AoA	Alcance de la comunicación	Conjuntode receptores	Nodos de pequeñas dimensiones.

En este trabajo se evalúan algoritmos basados en RSS, para estimar la posición del nodo de interés, ya que los otros métodos de estimación de distancia, involucran hardware más costoso como en el caso de AoA. El método ToA tiene la desventaja de que no siempre existe sincronización perfecta entre todos los nodos. Por otro lado, el método TDoA está limitado en cuanto a cobertura, por lo general de pocos metros. La desventaja del método RSS, es que a medida que aumenta la distancia de transmisión, tiende a ser impreciso en la estimación de la distancia.

En la Figura se muestra el esquema de los métodos utilizados en la localización de WSN. Dentro de métodos de localización en WSN, se mencionan las técnicas de estimación de distancia, también se hace mención de las técnicas de localización en escenarios multi-salto, dentro de las cuales se mencionan las técnicas de localización libre de distancia y basada en distancia y finalmente se mencionan las técnicas de estimación de la posición.

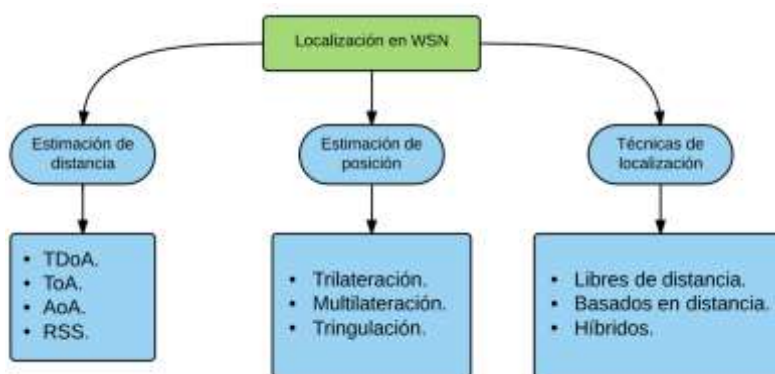


Figura 1. Localización en WSN.

En la Figura 2 se observa un esquema de algunas las técnicas de localización en WSN expuestas en la literatura. De las cuales se hace mención a las técnicas de localización libres

de distancia, también se mencionan las técnicas de localización basadas en distancia. Por otro lado también se hace mención de un par de métodos híbridos.

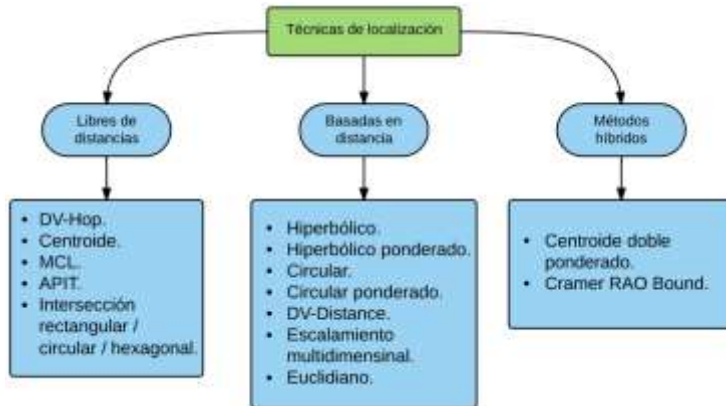


Figura 2. Clasificación de las técnicas de localización en WSN.

Metodología

La

Figura presenta el procedimiento seguido para el desarrollo de este trabajo, el cual se describe a continuación.

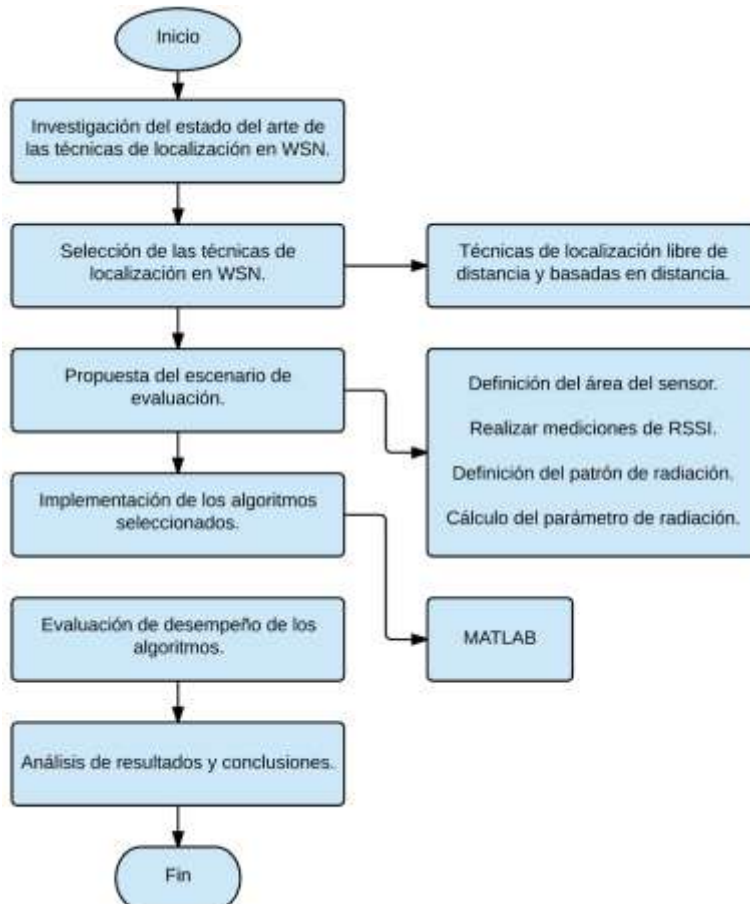


Figura 3. Diagrama de flujo del procedimiento empleado.

El primer paso del procedimiento, consiste en realizar una investigación en la literatura sobre las técnicas de localización de objetos en WSN, a través artículos, libros, páginas de internet, revistas y/o publicaciones. Después se define y seleccionan las técnicas de localización a analizar, con el propósito de evaluar dichas técnicas para medir su desempeño. Posteriormente, se propone el escenario de evaluación, en el cual se realizan mediciones de campo del RSS, con el fin de obtener el modelo de propagación de la señal entre el nodo de interés y los nodos de referencia. Una vez definido el patrón de radiación de los nodos de referencia, se calculan los parámetros de radiación que determinan el RSS entre el nodo de interés y los nodos de referencia, para poder utilizar las técnicas de localización.

Finalmente se realiza la simulación de ocho algoritmos de localización en MATLAB, con el fin de determinar el comportamiento de las técnicas de localización en un escenario real.

Resultados y discusión

Dentro los algoritmos evaluados, se consideran los algoritmos libres de distancia, como: CL, WCL, RWL, REWL y de los algoritmos basados en distancia se evalúan los algoritmos Hiperbólico, Hiperbólico Ponderado, Circular y Multilateración por Mínimos Cuadrados Ponderados WLS. El escenario en donde se analizan las técnicas de localización está representado por un área de sensado de 10m x 10m, como se muestra en la Figura

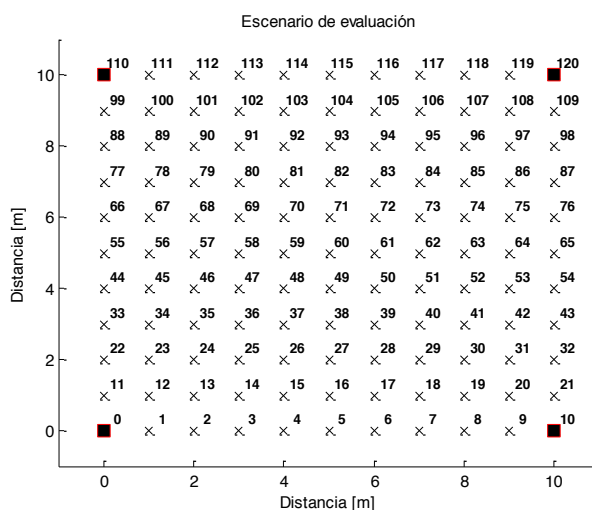


Figura 4. Escenario de evaluación.

En la Figura se observan que los nodos localizados en las coordenadas (0,0), (10,0), (0,10) y (10,10) son los nodos de referencia (módulos XBee Serie 1). Las coordenadas denotadas por x representan las posiciones donde el nodo móvil toma las mediciones de RSS con respecto a los nodos de referencia. Cada escenario de evaluación de los algoritmos de localización está caracterizado por diferentes alturas entre los nodos de referencia en este caso el transmisor y el nodo móvil receptor. En la Tabla 2 los tres escenarios de caracterización del patrón de radiación.

Tabla 2. Escenarios de caracterización del patrón de radiación.

Nodo	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Nodo Ancla 1	1.8 m	1.8 m	1 m
Nodo Ancla 2	1.8 m	1.8 m	1 m
Nodo Ancla 3	1.8 m	1.8 m	1 m
Nodo Ancla 4	1.8 m	1.8 m	1 m
Nodo móvil	1 m	1.8 m	1 m

En la Figura 5, se observa el mapa de potencias de los nodos de referencia considerando el escenario 1 mostrado en la Tabla 2. La región naranja corresponde a la zona donde se irradia mayor cantidad de potencia, ya que los nodos de referencia están colocados en las esquinas del área de sensado, mientras que las regiones azules corresponden a las zonas donde el nodo móvil recibe menor cantidad de RSS.

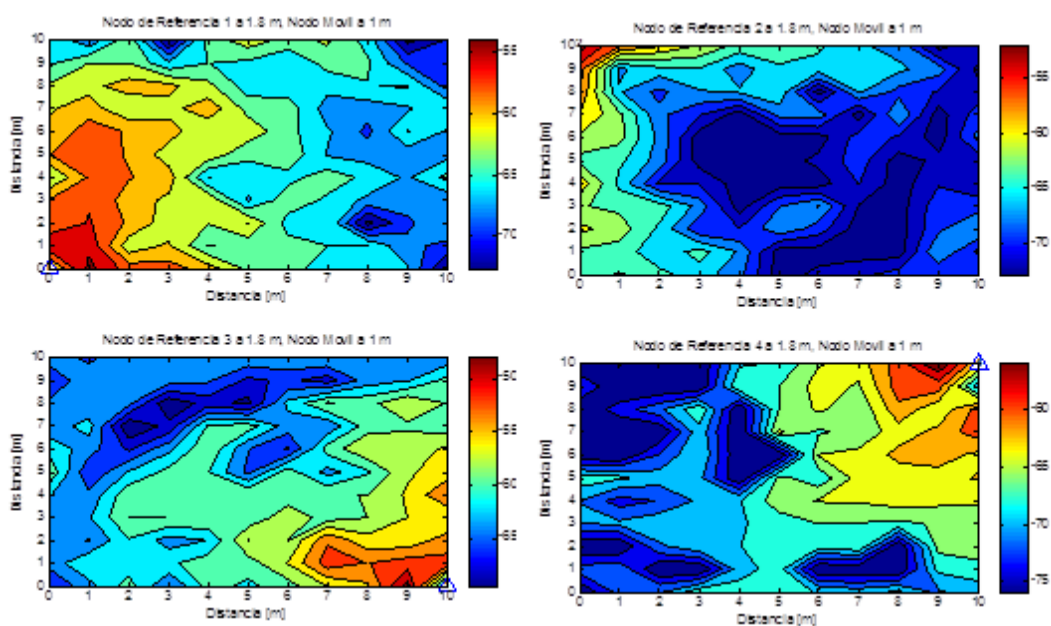


Figura 5. Mapa de potencia del Escenario 1.

En la estimación del patrón de radiación del modelo de propagación log normal shadowing propuesto en [7]. Para los Escenarios 1,2 y 3 mostrados en la Tabla 2, no se consideran las coordenadas donde no se obtiene lectura de RSS, tampoco se consideran las mediciones realizadas en las coordenadas de los nodos de referencia, debido a que se tiene una distancia de referencia de 1m ($d_0 = 1m$). Los cálculos del exponente de pérdidas η y de sigma σ , se realizaron mediante [8]. En la Figura 6 se observa el modelo de propagación obtenido, el cual está representado mediante la curva roja y los valores de los parámetros de radiación.

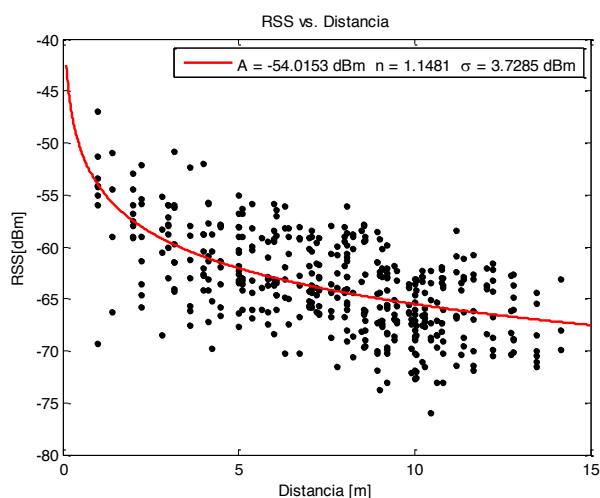


Figura 6. RSS vs. Distancia para el Escenario 1.

En la Figura se observa el error cuadrático medio obtenido para el Escenario 1 de los algoritmos libres de distancia y basados en distancia, para los parámetros del modelo log-normal shadowing obtenidos para este escenario. Se visualiza que el algoritmo de posicionamiento Circular presenta mejor exactitud. Para un nivel de ruido $\sigma = 5 dBm$, el algoritmo Circular presenta un error cuadrático medio de 1 m aproximadamente, el cual es muy similar al error cuadrático medio del algoritmo WCL, sin embargo para niveles de ruido mayor $\sigma = 5 dBm$, el algoritmo WCL presenta menor error cuadrático medio que el algoritmo Circular.

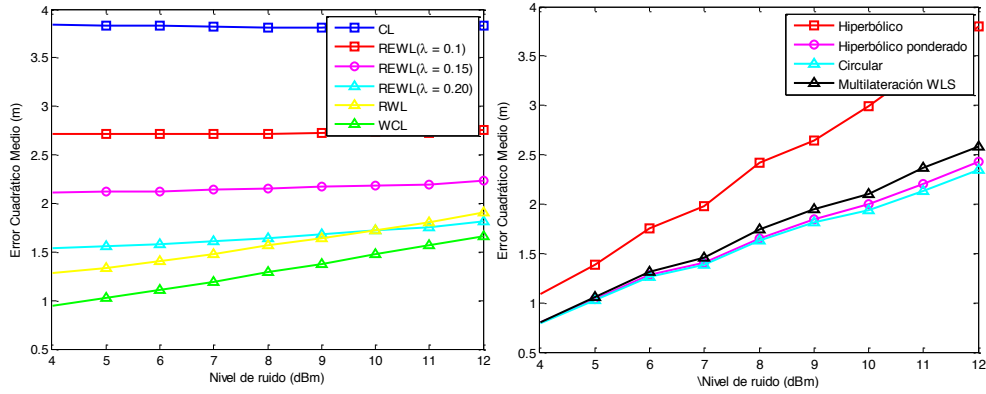


Figura 7. a) Nivel de ruido vs. Error Cuadrático Medio libres de distancia, b) Nivel de ruido vs. Error Cuadrático Medio basado en distancia, Escenario 1.

En la Figura 8 se observa la precisión de los algoritmos libres de distancia y basados en distancia conforme varía el error de localización mediante la función de distribución acumulada (por sus siglas en inglés, CDF). Analizando la Figura 8 a), el algoritmo WCL tiene una probabilidad del 90% de que el error de localización sea menor o igual 2 m. Bajo este mismo análisis, los algoritmos basados en distancia Circular, Hiperbólico ponderado y Multilateración WLS tienen un probabilidad del 60% de que el error de localización sea menor o igual a 2m, mientras que el algoritmo Hiperbólico tiene una probabilidad del 42% de presentar este mismo error de localización. Por lo tanto para este nivel de ruido $\sigma = 8dBm$, el algoritmo WCL es más preciso en la localización del nodo de interés que los algoritmos basados en distancia.

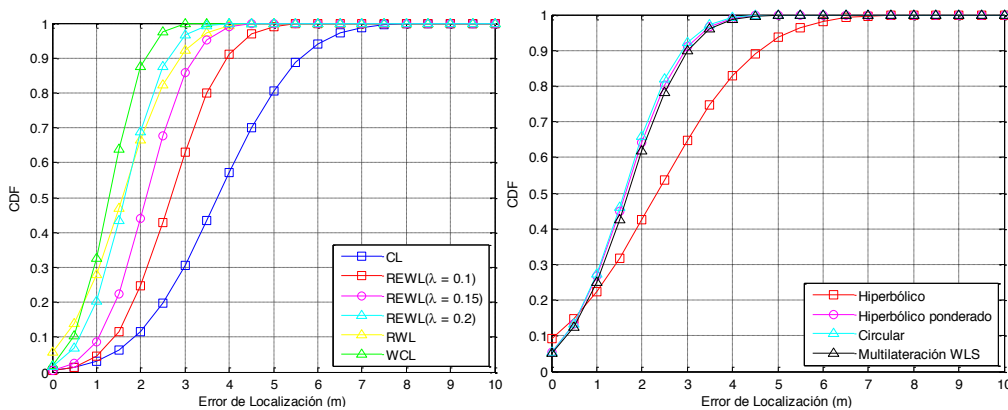


Figura 8. a) Error de localización (m) vs. CDF libres de distancia, b) Error de localización (m) vs. CDF basados en distancia Escenario 1, $\sigma = 8 dBm$.

Conclusiones

Los algoritmos libres de distancia son menos complejos computacionalmente que los algoritmos basados en distancia, pero tienden a ser más imprecisos en la localización del nodo de interés, por lo que no es recomendable su aplicación en escenarios de áreas grandes, ya que

los errores de localización son considerables respecto a los algoritmos basados en distancia; sin embargo, los algoritmos basados en distancia tienden a tener un error de localización más alto para niveles de ruido altos, en comparación a los algoritmos libres de distancia. Por lo tanto los algoritmos libres en distancia presentan mayor robustez en la localización que los algoritmos basados en distancia. La localización en redes WSN, es altamente dependiente del escenario de aplicación, es decir, un escenario donde los nodos de referencia son distribuidos aleatoriamente implica mayor error en la localización, comparado con un escenario donde los nodos de referencia son distribuidos en forma de retícula. Esto se debe a que en el primer escenario existe mayor probabilidad de que el nodo de interés sea localizado fuera de la cobertura de los nodos ancla, ocasionado por niveles altos de ruido gaussiano.

Referencias

- [1] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, vol. 38, issue 4, pp. 393-422, 2002.
- [2] Q. Xiao-gang and Q. Chen-xi, "An Improvement of GAF for Lifetime Elongation in Wireless Sensor Networks," *Journal of Convergence Information Technology*, vol. 5, no. 7, pp. 112-119, 2010.
- [3] M. Broxton, J. Lifton, and J. Paradiso, "Localizing a Sensor Network via Collaborative Processing of Global Stimuli," In *Proc. of the 2nd European Workshop on Wireless Sensor Networks*, pp. 321-332, 2005.
- [4] J. Lee, W. Chung, and E. Kim, "A new range-free localization method using quadratic programming," *Computer Communications*. vol. 34, issue 8, pp. 998-1010, 2011.
- [5] A. B. R. C. F. J. Q. Eva M. García, in *Wireless Sensor Network Localization using Hexagonal Intersection.*, vol. 248, Albacete: Proceedings of the IFIP WG 6.8 First International Conference on Wireless Sensor and Actor Networks, September 2007, pp. 155-166.
- [6] J. H. a. D. E. N. Bulusu, in *GPS-less Low-Cost Outdoor Localization for Very Small Devices.*, vol. 5, Los Angeles, IEEE Personal Communications Magazine, October 2000, pp. 28-34.
- [7] K. D. A. M. K. Omotayo G. Adewumi, de *RSSI Based Indoor and Outdoor Distance Estimation for Localization in WSN.*, IEEE International Conference on, Cape Town, February 2013, pp. 1534-1539.
- [8] F. B. C. V. a. R. E. David Munoz, in *Position Location Techniques and Applications.*, Academic Press, 2009, pp. 87-89.
- [9] H. Z. Xiang Ji, in *Sensor Positioning in Wireless Ad-hoc Sensor Networks Using Multidimensional Scaling.*, IEEE INFOCOM, March 2004, pp. 2652-2661.

- [10] B. N. Dragos Niculescu, in *Ad Hoc Positioning System (APS)*., vol. 5, San Antonio, Texas: IEEE GLOBECOM, November 2001, pp. 2926-2931.
- [11] b. L. K. Liu, in *Distance Difference Error Correction by Least Square for Stationary Signal-Strength-Difference-Based Hyperbolic Location in Cellular Communications.*, vol. 1, Proceedings On Vehicular Technology, IEEE Transactions, January 2009, pp. 227-238.
- [12] R. T.-V. D. M. R. a. C. V.-R. V. Pérez-González, in *V. Pérez-González**, R. Torres-Villegas**, D. Muñoz Rodríguez and C. Vargas-Rosales*, 2012.
- [13] A. B. R. C. F. J. Q. Eva M. García, in *Wireless Sensor Network Localization using Hexagonal Intersection.*, vol. 248, Albacete: Proceedings of the IFIP WG 6.8 First International Conference on Wireless Sensor and Actor Networks, September 2007, pp. 155-166.

Capítulo XIII. Actualización del programa interno de protección civil en una unidad médica de alta especialidad

René Daniel Fornés Rivera, Adolfo Cano Carrasco, Julio César López Figueroa, Moisés Ricardo Larios Ibarra y Fernando Esquer Valenzuela
Departamento de Ingeniería Industrial
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. rene.fornes@itson.edu.mx

Resumen

Esta investigación se realizó en la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE); la cual debe cumplir con disposiciones legales con el fin de disminuir el impacto derivado de la ocurrencia de un desastres debido a que fluyen alrededor de 5000 personas por día entre derechohabientes, visitantes, personal en general y residentes. Los eventos que ponen en peligro a la organización pueden ser desastre naturales o causado por el hombre los cuales son impredecibles en ocurrencia e impacto. UMAE no cuenta con un Programa Interno de Protección Civil (PIPC) actualizado y se requiere de personal habilitado para enfrentar dichos eventos con el fin de salvaguardar la vida e instalaciones. El objetivo del proyecto fue actualizar el PIPC a través de un documento rector para cumplir con la normatividad establecida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) y por la Ley General de Protección Civil. Por lo anterior se desarrolló la siguiente metodología: a) verificar el marco jurídico; b) estructurar la unidad interna; c) actualizar directorios e inventarios; d) calendarizar actividades; e) verificar planos; f) programar mantenimiento; g) verificar el equipo de seguridad; h) planear capacitación; e i) difusión y concientización. Como resultado se actualizaron cada uno de los formatos que rige el documento rector, cumpliendo al 100% con el objetivo establecido. En conclusión es muy importante el cumplimiento del PIPC; así como es de suma importancia la capacitación permanente al personal para que esté en condiciones de enfrentar una contingencia de la mejor manera.

Introducción

Desde el inicio de la historia, el hombre ha hecho de su instinto de conservación un arma para la defensa de cualquier lesión corporal al grado que llegó a ser de carácter instintivo-ofensivo, reflejando un esfuerzo personal más que un sistema organizado, es por ello que surge la necesidad de la seguridad industrial (Purpura, 2006). El contexto que enfrentan los responsables de la organización actualmente es sumamente dinámico y tiene repercusiones tan grandes para la supervivencia de la misma que no es posible dejar las cosas al azar, por lo anterior los gerentes contemporáneos según Robbins (2009), necesitan planear y lo deben hacer bien; por su parte Sánchez (2010) sostiene que el desarrollo tecnológico y científico, incluyendo la transportación y las comunicaciones, han determinado cambios que ponen énfasis en la competitividad y sostenibilidad provocando que la actividad empresarial

y su forma de administración se encuentren en evolución constante. Por lo tanto, las organizaciones según Pérez (2011) buscan esfuerzos, acciones y decisiones orientadas a garantizar sistemas y activos operando de manera eficiente y eficaz; clientes y usuarios satisfechos; riesgos reducidos; mínimos incidentes ambientales y costos óptimos. Como consecuencia, los propietarios, la comunidad, los empleados y los clientes se sentirán en un entorno confiable. Para Arata y Furlanetto (2005), los aspectos sociales, medios tecnológicos, recursos de capital, nuevas regularizaciones y legislaciones son parte de los cambios que también afectan a las organizaciones.

Por lo anterior la administración ha mostrado gran interés en procurar y preservar el bienestar de los derechohabientes, visitantes, personal en general y residentes de UMAE, siendo necesario para ello el apego a los requisitos establecidos en el documento rector de la institución, por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y por la Ley General de Protección Civil. La UMAE no cuenta con un Programa Interno de Protección Civil actualizado y personal habilitado para enfrentar contingencias con el fin de salvaguardar la vida y las instalaciones, por tal motivo esta investigación persigue el objetivo de actualizar el PIPC a través de un documento rector para cumplir con la normatividad establecida por la STPS y por la Ley General de Protección Civil.

Fundamentación teórica

El desastre es la consecuencia gravemente negativa de un hecho catastrófico que provoca pérdidas de gran magnitud, en personas, cosechas, animales, industrias u otros bienes valiosos. Pueden ser ocasionados por la propia naturaleza, como los terremotos, los rayos que ocasionan incendios, una avalancha de nieve, una erupción volcánica, inundaciones, en cuyo caso recibe el nombre de desastre natural; éstos se dividen generalmente, de acuerdo a sus causas, en dos categorías: naturales y los provocados por el hombre. Dentro de los naturales se presentan algunos tipos, como son: a) desastres meteorológicos, que incluye los huracanes, tornados, granizadas, tormentas y sequías; b) desastres topográficos, se incluye el deslizamiento de la tierra, avalanchas, deslizamientos de lodo e inundaciones; c) originados en planos subterráneos, como sismos, erupciones volcánicas y tsunamis; d) desastres biológicos: desastres biológicos, como epidemias en enfermedades contagiosas y las plagas de insectos (Universidad Central de Venezuela, 2011). Por otro lado, se tienen a los desastres provocados por el hombre, que son más usuales que los mencionados anteriormente, en este

se incluyen: a) accidentes, se refiere a los causados en transportes (aviones, camiones, automóviles, trenes y barcos), colapso de estructuras (edificios, puentes presas, minas y otras), explosiones, incendios, químicos (derrame de desechos tóxicos y demás contaminación), y los biológicos (de salubridad); b) desastres civiles, incluyen manifestaciones públicas y motines; c) guerras convencionales, cómo el bombardeo y bloqueo y las guerras no convencionales, que se refieren al uso de armas nucleares, químicas y biológicas (Universidad Central de Venezuela, 2011).

Pérez (2006) define catástrofe como un acontecimiento que, en un contexto preexistente de vulnerabilidad, puede actuar como desencadenante de un desastre, eso es, de un proceso fuerte de crisis y desestructuración socioeconómica con graves consecuencias en diversos planos, tal como el hambre, la miseria, las epidemias, etc. Existen catástrofes de gestación lenta como sequías y de irrupción como terremotos e inundaciones. La prevención es un conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de agentes perturbadores, con el objetivo de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura (Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, 2014).

Según FEMA (2015) mitigación se refiere al esfuerzo por reducir la pérdida de vida y propiedad reduciendo el impacto de los desastres. De modo que ésta se logra tomando acción ahora, para así disminuir los daños y la reconstrucción. Según la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2014), Protección Civil es la acción solidaria y participativa, que prevé la coordinación y concertación de los sectores público, privado y social, con el fin de crear un conjunto de disposiciones, planes, programas, estrategias, mecanismos y recursos que se apliquen a las medidas y acciones necesarias para salvaguardar la vida, integridad y salud de las personas, así como sus bienes; la infraestructura, la planta productiva y el medio ambiente.

Una brigada es un grupo de personas las cuales se organizan y capacitan para emergencias, mismas que serán responsables de combatirlas de manera preventiva o ante eventualidades de un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre dentro de un establecimiento y cuyo objetivo está orientado a salvaguardar a las personas, sus bienes y el entorno de los mismos (Córdova, 2009). Las brigadas son diversas y se conforman en función de las necesidades y la propia operación de la empresa en cuestión: a) brigada de evacuación; b) brigada de combate de incendio; c) brigada de control de fluidos energéticos; d) brigada de

primeros auxilios; e) brigada de búsqueda y rescate; f) brigada de seguridad; g) brigada de comunicación; h) brigada de servicios (Reglamento de la Unidad Interna de Protección Civil, 2010). Para lo anterior es importante contar con un directorio que incluya a las dependencias institucionales a nivel central, el Cuerpo de Gobierno Delegacional, Cuerpo de Gobierno del Inmueble, integrantes de la Unidad Interna de Protección Civil, integrantes de las brigadas de emergencia y los servicios de apoyo en emergencias (tales como ambulancia, cruz roja mexicana, servicios médicos locales, escuadrón de rescate, policía, bomberos, etc.) (Reglamento de la Unidad Interna de Protección Civil, 2010). Por otra parte SINAPROC (2012) menciona que es importante conocer lo relacionado a señales y avisos que rige protección civil, que permitan a la población identificar y prevenir áreas o condiciones que presenten riesgo para su salud e integridad física, así como ubicar equipos para la respuesta a emergencias, e instalaciones o servicios de atención a la población en caso de un desastre.

Raveneau (2011) menciona que un plan de contingencia es un conjunto de métodos alternativos al funcionamiento normal de la institución, cuya finalidad es el de permitir que la organización permanezca operativa aun cuando alguna de sus funciones deje de hacerlo; se compone de tres subplanes: a) plan de respaldo, es el que contempla las contramedidas preventivas antes de que se materialice una amenaza. Su objetivo es evitar dicha materialización; b) plan de emergencia, éste contempla las contramedidas necesarias durante la materialización de una amenaza, o inmediatamente después. Su finalidad es disminuir los efectos contrarios de lo ocurrido; y c) plan de recuperación, contempla las medidas necesarias después de materializada y controlada la amenaza. Su objetivo es restaurar el estado de las cosas tal y como se encontraban en su función normal.

El Programa Interno de Protección Civil es un instrumento que se limita al ámbito de una dependencia, entidad, institución y organismo, se implementa en cada uno de los inmuebles correspondientes, con el fin de establecer las acciones preventivas y de auxilio destinadas a salvaguardar la integridad física de los empleados y de las personas que coinciden con ellos, así como de proteger a la instalaciones, bienes e información importante Secretaría de Gobernación (2013). Complementando, la protección de la seguridad y salud del personal es un proceso complejo que requiere de la participación de todos los integrantes de la cadena de valor de una organización, con el fin de realizar intervenciones sistémicas y multidisciplinarias que logren dar respuesta a los problemas que aquejan a los grupos laborales (Rodríguez, 2010).

La Secretaría de Gobernación (2013) define unidad interna como la organización normativa y operativa, en el cual su campo de acción se limita a las instalaciones de una institución, de manera que adquiere la responsabilidad de desarrollar y dirigir las acciones de protección civil, así como elaborar, implementar y coordinar el Programa Interno que le corresponda. Para lo anterior es importante la capacitación, la cual se refiere a los métodos que se utilizan para dar a los trabajadores nuevos o actuales las habilidades necesarias para realizar sus labores de la manera deseada, pero por otra parte los empleados adquieren conocimientos que pueden ser utilizados en su vida cotidiana (Esquer, 2011).

En el 2008, STPS define programa de capacitación como una descripción detallada de un conjunto de actividades de instrucción-aprendizaje estructuradas de tal forma que lleven a la persona a alcanzar una serie de objetivos previamente determinados.

Metodología

El objeto bajo estudio fue la Unidad Médica de Alta Especialidad. El inmueble se conforma de tres pisos y planta baja, siendo el departamento de Seguridad e Higiene el interesado en este proyecto, los materiales empleados fueron: a) documento rector Reglamento de la Unidad Interna de Protección Civil, b) normatividad establecida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y c) Ley General de Protección Civil.

El procedimiento que se desarrolló para lograr el objetivo fue el siguiente:

- a) *Verificar el marco jurídico.* Se analizaron los lineamientos jurídicos los cuales el Instituto tiene que tomar en cuenta para la elaboración del PICP y cumplir con Protección Civil y STPS, con el fin de verificar la existencia de nuevas versiones y de ser así, actualizarlas.
- b) *Estructurar la unidad interna.* Se seleccionan a los empleados del cuerpo de gobierno y áreas estratégicas del instituto a formar parte de la unidad interna. Así mismo, se convoca a junta, con el objetivo de desarrollar y dirigir las actividades y acciones de Protección Civil que conduzcan a salvaguardar la integración física del personal, derechohabientes y del patrimonio Institucional y llenar el formato de estructura de la UIPC.
- c) *Actualizar directorios e inventarios.* Para actualizar las brigadas de emergencia seguir protocolos establecidos en el documento rector y conformar el PIPC, los cuales se

mencionan a continuación: 1) Brigada de Evacuación: debe de haber una persona por cada 10 o fracción, su color de identificación es el amarillo; 2) Brigada de Combate de Incendio: personal operativo del Departamento de Conservación, Servicios Generales y Servicios Básicos, uno por cada 20 personas y su color de identificación es el rojo; 3) Brigada de Control de Fluidos Energéticos: personal del Departamento de Conservación, el personal que la compone se sujeta a los puntos de control de los sistemas de fluidos y energéticos; su color de identificación es azul agua; 4) Brigada de Primeros Auxilios: personal médico y enfermeras, se compone de uno por cada 20 personas y su color de identificación es el verde; 5) Brigada de Búsqueda y Rescate: personal del Departamento de Conservación y servicios generales. La compone una por cada 40 personas y su color de identificación es el morado; 6) Brigada de Seguridad: por personal del Departamento de Conservación, servicios generales; la cantidad de personas se sujeta a los puntos de control de acceso y su color de identificación es el azul fuerte; 7) Brigada de comunicación: personal de administración y subdirectores médicos y su color de identificación es el gris claro; y 8) Brigada de Servicios Especiales (manejo de productos radioactivos, etc.): personal que reúna las características de la función; la estructuración de esta brigada se sujeta a riesgos especiales y su color de identificación es el café.

- d) *Calendarizar las actividades.* Se revisarán las actividades necesarias para la elaboración del PIPC, para después alimentar el formato correspondiente establecido por el documento rector del instituto.
- e) *Verificar planos.* Se revisaron los planos y/o croquis de localización los riesgos externos, rutas de evacuación internas y externas, equipos contra incendio, señalización y las áreas de riesgo interno.
- f) *Programar mantenimiento.* Se revisa el formato de plan de mantenimiento establecido por el departamento de conservación del PIPC 2015, con el fin de actualizar el equipo que necesita mantenimiento y hacer una planificación de ello.
- g) *Verificar el equipo de seguridad.* Se realiza una verificación de las disposiciones y normas de seguridad que demanda la institución en base al documento rector, así como el equipo de seguridad instalado con el fin de elaborar un inventario. Por otro lado, se revisaron los requerimientos de equipo para los integrantes de la unidad interna y brigadistas, el cual consta de distintivos (brazaletes y cordones), cascos y casacas, los cuales tienen un color específico establecidos por la institución para

diferenciar a qué brigada pertenecen y/o qué puesto tienen en la Unidad Interna, con el fin de generar un tablero de control para concentrar la información.

- h) *Planear capacitación.* Se programaron las capacitaciones para las brigadas base conforme lo determina la LGPC (Combate de Incendios, Primeros Auxilios, Búsqueda y Rescate y Evacuación).
- i) *Difusión y concientización.* Se realiza una verificación de los folletos de difusión del PIPC 2015, el cual incluye información para las personas que conforman las brigadas de emergencia, con el fin de asegurar que la información sea breve y precisa y cumpla con su objetivo.

Resultados y discusión

a) *Verificar el marco jurídico.* Se obtuvo como resultado que no existen nuevas versiones en los lineamientos, por lo que se consideraron los mismos del PIPC 2015, basados en el reglamento general de protección civil (Apéndice A).

b) *Estructurar la unidad interna.* Se llevó a cabo la reunión de la UIPC y se acordaron los puestos establecidos por el Documento Rector, el cual la conforman 10 personas; de esta manera se llenó el formato correspondiente. También, se elaboró el acta constitutiva con las obligaciones de las personas que integren esta unidad para garantizar el apoyo en las actividades (Apéndice B).

c) *Actualizar directorios e inventarios.* Se actualizó el directorio de las Dependencias Institucionales a Nivel Central, así como el Cuerpo de Gobierno delegacional, el directorio de Cuerpo de Gobierno de la UMAE, directorio de la UIPC y directorio de los integrantes de las brigadas (Apéndice C).

d) *Calendarizar actividades.* Se calendarizaron las actividades para la actualización del PIPC mediante un formato establecido en el Documento Rector, el cual incluye las fechas de las sesiones de la Unidad Interna, la actualización del Programa Interno, la difusión del Programa Interno, realización del simulacro, capacitación de unidad interna y brigadas de emergencia (Apéndice D).

e) *Verificar planos*. Se verificaron los riesgos internos y externos del instituto y como resultado se obtuvieron los mismos, por los cual se utilizaron los croquis que se incluyeron en el PIPC 2015, así como el croquis de rutas de evacuación y las áreas con mayor riesgo de incendio. Por otro lado, se actualizaron los croquis de la ubicación del sistema contra incendio, así como el croquis de ubicación de detectores de humo, el croquis de señalamiento y de lámparas de emergencia (Apéndice E).

f) *Programar mantenimiento*. Se llenó el formato de plan de trabajo establecido por el departamento de conservación en base al Programa Anual de Operaciones del año en curso, el cual se toman en cuenta las acciones preventivas y correctivas a instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, gas, comunicación, recipientes sujetos a presión, cocinas y comedores, elevadores, equipos contra incendios, escaleras de emergencia y salidas de emergencia, empezando con los que tienen mayor necesidad de mantenimiento (Apéndice F).

g) *Verificar el equipo de seguridad*. Se hizo entrega del “Manual de Procedimientos para el Personal de Seguridad” y se revisaron los criterios de accesibilidad de personas con discapacidad y sus respectivos formatos, así como las hojas técnicas de seguridad de productos químicos, la hoja amarilla (amenaza de bomba), el reglamento interno para el uso de cocinas y comedores, reglamento interno para el uso de estacionamientos, equipo de seguridad instalado y el equipo de seguridad e identificación para brigadistas (Apéndice D).

h) *Planear capacitación*. Se llevó a cabo la capacitación de la Brigada Combate Contra Incendios, (Apéndice D). Por otra parte, se capacitó a los integrantes de la brigada de evacuación, brigada de búsqueda y rescate y brigada de primeros auxilio (Apéndice G).

i) *Difusión y concientización*. Se repartieron folletos a las personas que integran las brigadas de evacuación, combate contra incendio, brigada de primeros auxilios y brigada de búsqueda y rescate, el cual contiene información acerca de qué hacer antes, durante y después de una contingencia.

La administración de la institución en cuestión preocupada por la seguridad de las personas y de las instalaciones, teniendo un fuerte compromiso ante la sociedad toma acciones orientadas a prever contingencias a través de la actualización del Programa Interno de Protección Civil, coincidiendo con Pérez (2011) dónde menciona que es importante

realizar esfuerzos, acciones y decisiones orientadas a garantizar la operación de manera eficiente y eficaz de instalaciones; los usuarios se sientan seguros, sin riesgos, accidentes, incidentes y como resultado la comunidad, los empleados se sentirán en un entorno confiable; a través de contar con un plan de contingencias como lo menciona Raveneau (2011) que es un conjunto de procedimientos alternativos al funcionamiento normal de la institución, cuya finalidad es el de permitir que la organización permanezca funcionando; a su vez la Secretaría de Gobernación (2013) argumenta que es necesario establecer las acciones preventivas y de auxilio destinadas a salvaguardar la integridad física de los empleados y de las personas que coinciden con ellos, así como de proteger a la instalaciones, bienes e información importante.

De igual forma, Rodríguez (2010) argumentan que el éxito de las medidas propuestas se encuentra ligado a la participación registrada por parte de todo el personal, debido a que este será el principal beneficiado con ellas; por lo cual, como lo propone Esquer (2011) es necesario que se trabaje en conjunto en busca de la cultura de prevención y capacitación para dar a los trabajadores de nuevo ingreso o actuales las habilidades necesarias para la realizar sus labores de la manera deseada.

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo del proyecto, al contar con la normatividad de STPS y la Ley de Protección Civil, a través de un PIPC en la UMAE, la cual se verá beneficiada de modo que la institución sea segura con el fin de proteger la integridad física de los trabajadores, derechohabientes y visitantes, y también sus instalaciones. De esta forma, el personal que conforma las ocho brigadas del hospital se encuentra distribuido por el establecimiento para poder garantizar una respuesta rápida ante una contingencia, gracias al tiempo invertido en las capacitaciones para cada brigada en particular. Se recomienda actualizar anualmente este documento para seguir cumpliendo con las normatividades mencionadas anteriormente, para garantizar una respuesta rápida por parte del personal ante un siniestro. Por otra parte, se sugiere impartir capacitaciones hacia los brigadistas dos veces al año, con el fin de que tengan mayor seguridad para utilizar los equipos y puedan reaccionar de una mejor manera. También, se recomienda hacer por lo menos tres campañas de difusión al año para crear una cultura en materia de Protección Civil hacia los empleados, visitantes y derechohabientes, logrando con ello una mayor cooperación al momento de actualizar este documento.

Referencias

- Arata, A. y Furlanetto, L. (2005). Manual de gestión de activos y mantenimiento. Documento recuperado en <http://adolfoarata.com/libros/item/19-manual-gestion-activos>.
- Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). Ley General de Protección Civil. Recuperado el 13 de Marzo de 2016, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_030614.pdf
- Córdova, G. (2009). Brigadas de emergencia. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de Definición de brigada: <http://brigadasdeemergenciagcm.blogspot.mx/2009/12/definicion-de-brigada.html>
- Esquer, T. (2011). Diseño e implementación de un curso de capacitación para una empresa constructora de la región. Cd. Obregón, Sonora, México.
- FEMA. (2015). ¿Qué es la mitigación?. Documento recuperado de <https://www.fema.gov/es/que-es-mitigacion>
- Raveneau, L. (2011). Plan de contingencia. Documento recuperado de <http://es.slideshare.net/FabinE1/7capitulo-vii-plan-de-contingencia>
- Pérez, A. (2006) Diccionario de Acción humanitaria. Documento recuperado de <http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/30>
- Pérez, C. (2011). Estrategias para el ciclo de vida. Documento recuperado de <http://www.soporteycia.com/rcm2/99-rcm2-soporte/articulos/direccion-articulos>
- Robbins, S. (2009). Fundamentos de administración. México: Pearson Educación.
- Púrpura, P. (2006). Manual de la Capacitación para Personal de Seguridad. México: Limusa, S.A. de C.V.
- Reglamento de la Unidad Interna de Protección Civil. (2010). Documento Rector. México.
- Rodríguez, E. (2010). Protección de la Seguridad y Salud de los Trabajadores: Una Revisión desde la Perspectiva Global, Latinoamericana y venezolana. Revista Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, 5, 87-88. Recuperado el 10 de Marzo de 2012. Desde: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/2150/215016943006.pdf>
- Robbins, S. (2009). Fundamentos de administración. México: Pearson Educación.
- Sánchez, Á. (2010). La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento. Ingeniería Mecánica, v.13 n.2.
- Secretaría de Gobernación. (2013). Guía Técnica para la Elaboración e Instrumentación del Programa Interno de Protección Civil. Recuperado el 17 de 04 de 2016, de <http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/60/1/imagenes/gteipipc.pdf>

SINAPROC. (2012). Programa Interno de Protección Civil. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/60/1/imagenes/gteipipc.pdf>

STPS. (2008). Guía elaboración de programas de capacitación. Recuperado el 30 de Marzo de 2016, de <http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/capacitacion/G4-EPG.pdf>

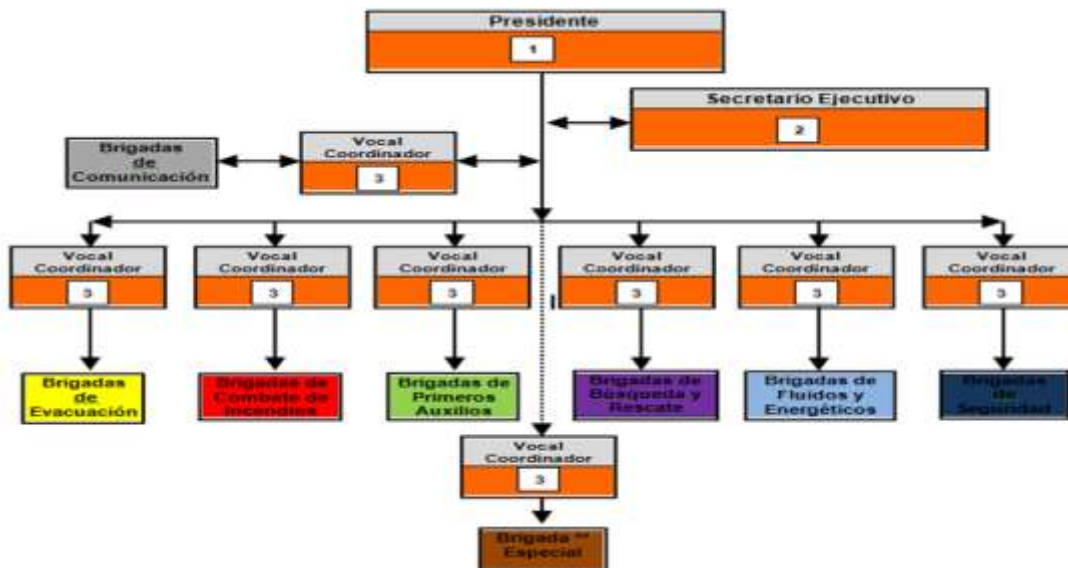
Universidad Central de Venezuela. (2011). Gestión de Riesgos y Salud. Obtenido de <http://gestionderiesgosysalud-fm.wikispaces.com/Tipos+de+desastres>

Apéndices

Apéndice A. Reglamento de la ley general de protección civil.



Apéndice B. Estructura de la UIPC.



Apéndice C. Ejemplo de directorio.

Directorio de inmuebles que pueden prestar auxilio en caso de una emergencia

1	Compañía	Guardería Infantil No. 1
	Domicilio	Calle Vicente Guerrero s/n Col. Bella vista
	Teléfono	(644) 415 0328
2	Compañía	Hospital General Regional Zona 1
	Domicilio	Calle Vicente Guerrero s/n Col. Bellavista
	Teléfono	(644) 414 5538 Ext. 31300
	Compañía	Unidad Medico Familiar N1
3	Domicilio	Calle Vicente Guerrero s/n Col. Bellavista
	Teléfono	(644)415 1517 4134590

Apéndice D. Calendarización de actividades.

Delegación: 1		Centro laboral: 2		Fecha: 3															
Nombre del Programa: Programa de Mantenimiento				Objetivo Disminuir riesgos mediante mantenimiento preventivo y correctivo															
Calendario de Mantenimiento																			
4	5	6	7	8	9	10	11	12											
No.	ACTIVIDAD	PARTICIPANTE	REALIZACIÓN	DE INICIO	DE TERMINO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	OBSERVACIONES	
1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO A INSTALACIÓN ELÉCTRICA (CONFORME A LA NOM-001-STPS-2002)	1	2	4	Mensual	00-00-00	00-00-00												
	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA Y PLANTA DE EMERGENCIA																		
	INSTALACIÓN ELÉCTRICA, BALASTRAS, LÁMPARAS, FOCOS, CONTACTOS																		
8	EXTERIORES																		
	IMPERMEABILIZACIÓN Y DOMOS																		
	FACHADAS Y ACABADOS																		
9	ELEVADORES																		
10	REVISIÓN Y MANTENIMIENTO A CRISTALES Y MARQUETERÍA																		
11	MANTENIMIENTO AL CÁRCAMO																		
12	EQUIPOS SUJETOS A PRESIÓN (NOM-020-STPS-2002)																		

Apéndice E. Ejemplo de un plano/croquis de un área con alto riesgo de incendio.



Apéndice F. Programa de mantenimiento (formato de calendario de actividades).

Delegación:		Centro laboral:										Fecha:								
Calendario de actividades																				
Nombre del Programa: Programa Interno de Protección Civil										Objetivo: Implantar, actualizar y desarrollar el Programa Interno de Protección Civil										
No.	Actividad	PARTICIPANTES				Realización	Inicia	Termina	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
1	Sesiones de la Unidad Interna de Protección Civil	1	2	3		Mensual			P											
2	Actualización del Programa Interno de Protección Civil	1	2	3		Mensual			R											
3	Difusión del Programa Interno de Protección Civil	1	2	3	4	Trimestral			P											
4	Realización de simulacros y ejercicios de evacuación	1	2	3	4	Trimestral			P											
5	Capacitación a la Unidad Interna de Protección Civil	1	2	3		Semestral			R											
6	Capacitación a la brigada de primeros auxilios	2	4			Semestral			P											
7	Capacitación a la brigada de combate de incendios	2	4			Semestral			R											
8	Capacitación a la brigada de evacuación	2	4			Semestral			P											
9	Capacitación a la brigada de control fluidos y energéticos	2	4			Semestral			R											
10	Capacitación a la brigada de seguridad	2	4			Semestral			P											
11	Capacitación a la brigada especial	2	4			Semestral			R											
12	Capacitación al personal en general	1	2	3	4	Semestral			P											

Apéndice G. Capacitación a brigadistas.



Capítulo XIV. Mejora al proceso de venta de boletos de una empresa de autotransporte

María Paz Guadalupe Acosta Quintana, Sandra Armida Peñuñuri González, María del Pilar Lizardi Duarte, Erick Iram Machado Vega y José Luis Vega Cruz

Departamento de Ingeniería Industrial
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. mpacosta@itson.edu.mx

Resumen

En este proyecto se realizó una auditoría interna al proceso central de venta de boletos, en una empresa de autotransportes de la región, en la central ubicada en la capital del estado. El objetivo del proyecto fue determinar los factores que influyeron en el nivel de satisfacción del servicio al cliente del proceso central de venta de boletos, que permita proponer mejoras para incrementar el nivel de satisfacción. Una vez identificados los factores, se generó una propuesta de mejora, para alcanzar el nivel deseado por la empresa. Al realizar este trabajo surgieron dos delimitaciones las cuales fueron que el análisis de este proyecto solamente está enfocado a la satisfacción en el servicio al cliente de la empresa bajo estudio. La otra delimitación es que este proyecto se basa solo en la satisfacción en el servicio al cliente en el proceso central. Se utilizó el método de evaluación interna, se obtuvieron los factores que influyeron en la satisfacción en el servicio al cliente, una vez identificados los factores se realizó la propuesta de mejora en el área de recepción y entrega de equipaje. A partir de la elaboración del trabajo se puede establecer que la identificación de las áreas de oportunidad, las cuales fueron identificadas a través de una lista de verificación es un aspecto clave en el proceso central de venta de boletos específicamente en el área de recepción y entrega de equipaje.

Introducción

Se denomina transporte a un sistema formado por múltiples elementos, siendo tres los fundamentales, la infraestructura, el vehículo y la empresa de servicio que viene a constituir la actividad previamente dicha. Estos elementos están interrelacionados entre sí, pues ninguno es útil sin que los otros existiesen. (Cendrero y Truyols, 2008)

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte es la responsable de fijar las condiciones de operación del transporte público a nivel federal y es la Dirección General de Transporte Terrestre el conducto para vigilar y hacer cumplir estas disposiciones.

Según Villalobos y Lozano (2013) la industria del autotransporte de pasajeros en México en la última década ha enfrentado grandes cambios y retos, así como tendencias a la baja derivados de la gran competencia que existe. Incluso, las aerolíneas de bajo costo han impactado en ciertas rutas de autobuses por los costos de las mismas. El sector del

autotransporte de pasajeros es esencial para la viabilidad económica del país, pues constituye el modo de transporte más importante indicadores económicos, como por ejemplo, el empleo o la inversión de capitales.

A pesar de que existe un sinnúmero de empresas de autotransporte, muchas se encuentran concentradas en cuatro principales grupos, que poseen la mayoría de las líneas de autobuses más conocidas en cada región geográfica. En conjunto, estos cuatro actores tienen una participación mayoritaria del mercado. En términos de servicios de lujo y ejecutivo, éstos tienen prácticamente todo el mercado.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2006) indica que el autotransporte de pasajeros ha sido el medio de transporte con más porcentaje de utilización tiene (Figura 1).



Figura 1. Comparativo de movilización de pasajeros de modos de transporte 2006.
Fuente: Secretaria de Comunicaciones y Transportes (2006).

La Figura 1 muestra los porcentajes de aprovechamiento de los medios de transporte, dando por hecho la ventaja del autotransporte sobre los demás con el 98.2%, lo que equivale a 3,050 millones de pasajeros transportados en el año 2006, lo cual avala que el autotransporte de pasajeros terrestre por autobús, es el de mayor impacto en México.

La Figura 2 muestra que seis años después, este medio de transporte terrestre de pasajeros sigue siendo el que abarca el mayor porcentaje de utilización, en este año es de 97%, también refleja que el ferrocarril y aéreo, siguen siendo muy bajos, estas estadísticas son nacionales.

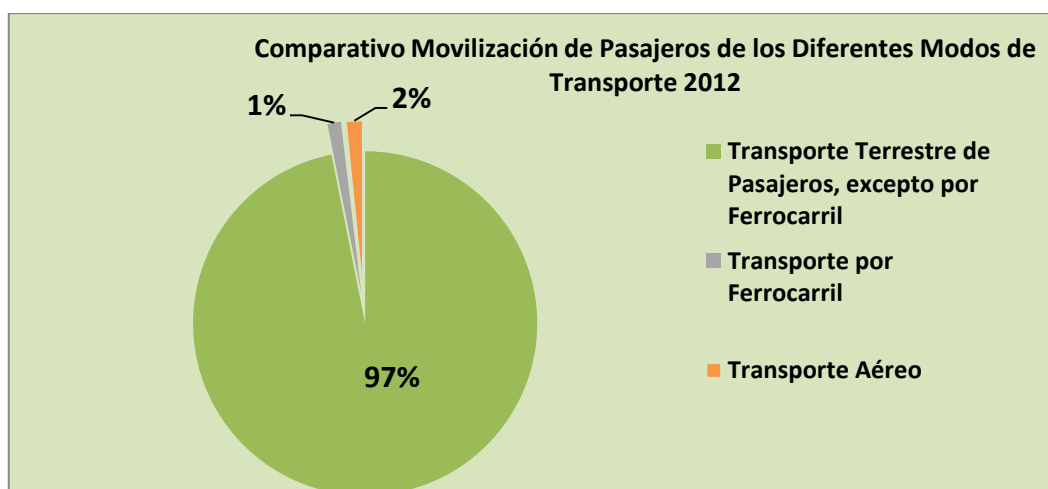


Figura 2. Comparativo de movilización de pasajeros de modos de transporte 2012.
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2012.

Debido al constante dominio y crecimiento del servicio de transporte terrestre a través de los años, ha surgido la empresa bajo estudio que se dedica al servicio de autotransporte de pasajeros y paquetería, cuenta con autobuses modernos, distribuye corridas en distintos horarios y zonas de servicio. Ofrece un servicio de transporte rápido, seguro y cómodo al usuario, personal calificado, tecnología de punta.

Según el Instituto Mexicano del Transporte (2012) desde la perspectiva social, el autotransporte de pasajeros satisface las necesidades de movilidad de los usuarios que lo requieren; pero al hacerlo consume combustibles, utiliza la infraestructura nacional, enfrenta los riesgos de accidentes y genera impactos ambientales no deseados. Esta dualidad del autotransporte de pasajeros como satisfactor de las necesidades de movimiento de la población y a la vez como generador de impactos no deseados es común en la mayoría de modos de transporte; plantea una problemática que involucra a planificadores y autoridades con injerencia en el sistema de transporte nacional, para desarrollar políticas de transporte que fomenten el uso racional de los recursos, pero que mantengan los beneficios de este servicio para la población de usuarios.

En la Figura 3 se muestra el modelo ADOCS de la empresa bajo estudio.

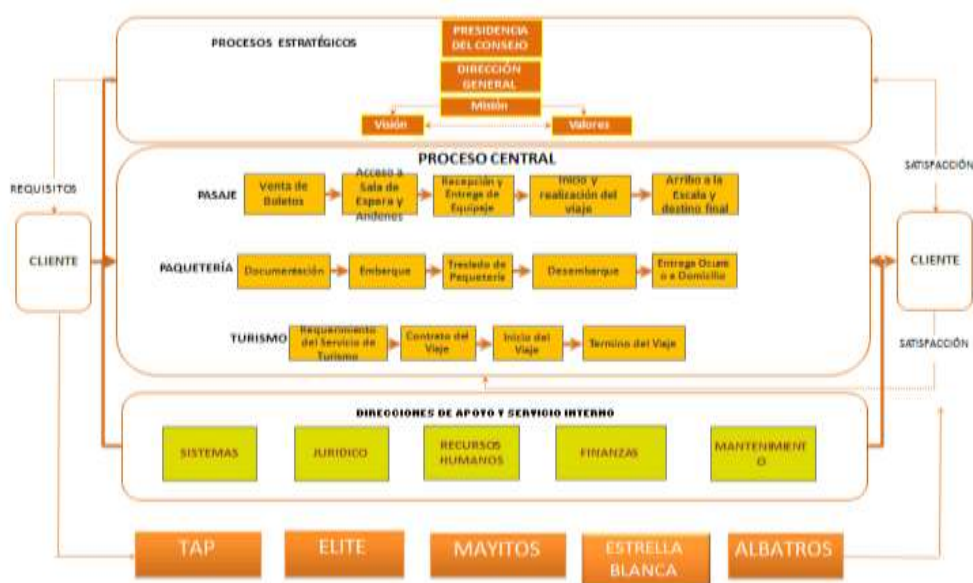


Figura 3. Modelo ADOCS de la empresa bajo estudio.

A pesar de los factores que rodean a la empresa, esta ha tenido un crecimiento con el paso de los años, hasta colocarse como una de las más importantes del país, debido a sus lugares de destino y origen que cubren sus itinerarios.

Sin embargo, en la empresa actualmente se tiene un problema que está afectando altamente el nivel de satisfacción en el servicio al cliente en su proceso central, de venta de boletos. Esto afecta en los costos de la empresa de manera grave, se busca es tener un alto nivel de satisfacción al cliente y encontrar los factores que influyen para que no se dé el valor deseado. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores del nivel de satisfacción en el servicio al cliente.

Nombre de los indicadores (nombre y unidad de medición)	Valor Real	Valor Ideal	Diferencia
Nivel de satisfacción en el servicio al cliente	Mayor a 90	Mayor a 90	Mayor a 90
	Entre 80 y 89	Entre 80 y 89	Entre 80 y 89
	Menor a 80	Menor a 80	Menor a 80
Enero (2015)	91 %	90 %	+ 1
Diciembre (2014)	88 %	90 %	-2
Noviembre (2014)	85 %	90 %	-5
Octubre (2014)	85 %	90 %	-5
Septiembre (2014)	82 %	90 %	-8
Agosto (2014)	83 %	90 %	-7
Julio (2014)	86 %	90 %	-4
Junio (2014)	77 %	90 %	-13
Mayo (2014)	68 %	90 %	-22
Abril (2014)	75.8 %	90 %	-14.2

En la Tabla 1 se indican los valores que afectan a la empresa bajo estudio en el nivel de satisfacción en el servicio al cliente proporcionado por la empresa, como se puede observar hubo meses en los que estuvo muy crítico su nivel de satisfacción y poco a poco se fue mejorando, el mes de enero fue donde se obtuvo el nivel deseado, por arriba del 90 por ciento requerido.

Este proyecto se realiza en el proceso central de venta de boletos y trata la problemática de los factores que influyen en el nivel de satisfacción en el servicio al cliente que no permite lograr el porcentaje ideal planteado por la empresa. Se plantea la pregunta de investigación: ¿cuáles son los factores que influyen actualmente en el nivel de satisfacción del servicio al cliente en el proceso de venta de boletos de una empresa dedicada al autotransporte?

El objetivo fue determinar los factores que influyen en el nivel de satisfacción en el servicio al cliente del proceso central de venta de boletos, que permita proponer mejoras orientadas a incrementar el nivel de satisfacción del servicio al cliente.

Fundamentación teórica

Por otra parte Gosso (2008) define que la satisfacción del cliente es un estado de ánimo resultante de la comparación entre las expectativas del cliente y el servicio ofrecido por la empresa. La satisfacción está relacionada con el brindar un servicio al cliente, en donde Rodríguez y Jiménez (2008) lo definen como el conjunto de actividades interrelacionadas que ofrece un suministrador con el fin de que el cliente obtenga el producto en el momento y lugar adecuado y se asegure un uso correcto del mismo.

Las empresas preocupadas por la satisfacción de sus clientes establecen mecanismos que les ayude a conocer la expectativa y la percepción del cliente, pero para evitar el identificar situaciones hasta que la información sea procesada estas llevan a cabo auditorías y de acuerdo a lo que establece ISO (2008) en la norma ISO9000 define auditoria como el: “proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría”. Se trata de un examen metódico que se realiza para determinar si las actividades y resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones previamente establecidas y que realmente se llevan a cabo, además de comprobar que son adecuadas para

alcanzar los objetivos propuestos. Como una de las herramientas que se utilizan al momento de evaluar el servicio son listas de verificación, que se pueden diseñar o que la empresa ya tiene para evaluarlo, Quiroga (2015) define la lista de verificación, como la enumeración de una serie de pasos o requisitos a cumplir para realizar un determinado proceso, como si fuera una lista que se hace antes del supermercado para evitar olvidar algo.

Metodología

Para identificar los factores que influyen en el nivel de satisfacción en el servicio, se desarrolló un procedimiento basado en la NORMA ISO 19011, los pasos se describen a continuación:

1. *Familiarizar con el proceso bajo estudio.* La empresa proporcionó su diagrama de flujo del proceso de venta de boletos con el que actualmente se trabaja y entender los pasos del proceso.
2. *Conocer la lista de verificación de la empresa.* La empresa proporcionó una lista de verificación del proceso de venta de boletos y capacitó sobre el instrumento, esta lista evalúa cinco apartados que son: Venta del boleto, Acceso a sala de espera y andenes, Recepción y entrega de equipaje, Abordaje e inicio del viaje y Arribo a la escala o destino final.
3. *Determinar el tamaño de la muestra.* Se utilizó la tabla de ANSI (American National Standards Institute) en base al número de clientes que tiene la Sucursal (Análisis y Estadístico de la empresa es quien tiene esta información) de forma mensual.
4. *Ejecutar la auditoría interna.* Llegada la fecha de la auditoría, se viajó a la central de la capital del estado de Sonora para hacer la auditoría con el apoyo de la lista de verificación que proporcionó la empresa, se aplicó en sala espera, después de que el cliente recibiera el servicio de compra de boleto como una pequeña encuesta, de 10 preguntas. Además se verificó que cumplieran con lo establecido en la lista de verificación en el área de andenes.
5. *Procesar la información obtenida de la auditoría.* Una vez determinados los datos de la auditoría en la central de Hermosillo se hizo llegar los resultados a la persona indicada de la empresa y ellos se encargaron de procesar la información con un programa interno.
6. *Concluir resultados de la auditoría.* Después de procesada la información y obtener resultados que arrojó el programa se encontraron las áreas de oportunidad para trabajar en una propuesta de mejora en el proceso de venta de boletos.

7. *Generar propuestas de mejora.* Conforme a los resultados obtenidos se tuvo una reunión con los directivos de la empresa para determinar las áreas de mejoras en donde se podía atacar la problemática.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos con este proyecto, en cuanto al *proceso de venta de boletos familiarizado*, se analizó el proceso desde la compra del boleto hasta que se baja en su destino final. La empresa cuenta con tres horarios de trabajo los cuales son de 6:00 am a 2:00 pm, 2:00 pm a 10:00 pm y de 10:00 a 6:00 am. En la Figura 4, se muestra este proceso a detalle. Se cuenta con formas de pago en línea en efectivo, tarjeta de crédito y con descuentos para clientes de la tercera edad y estudiantes.

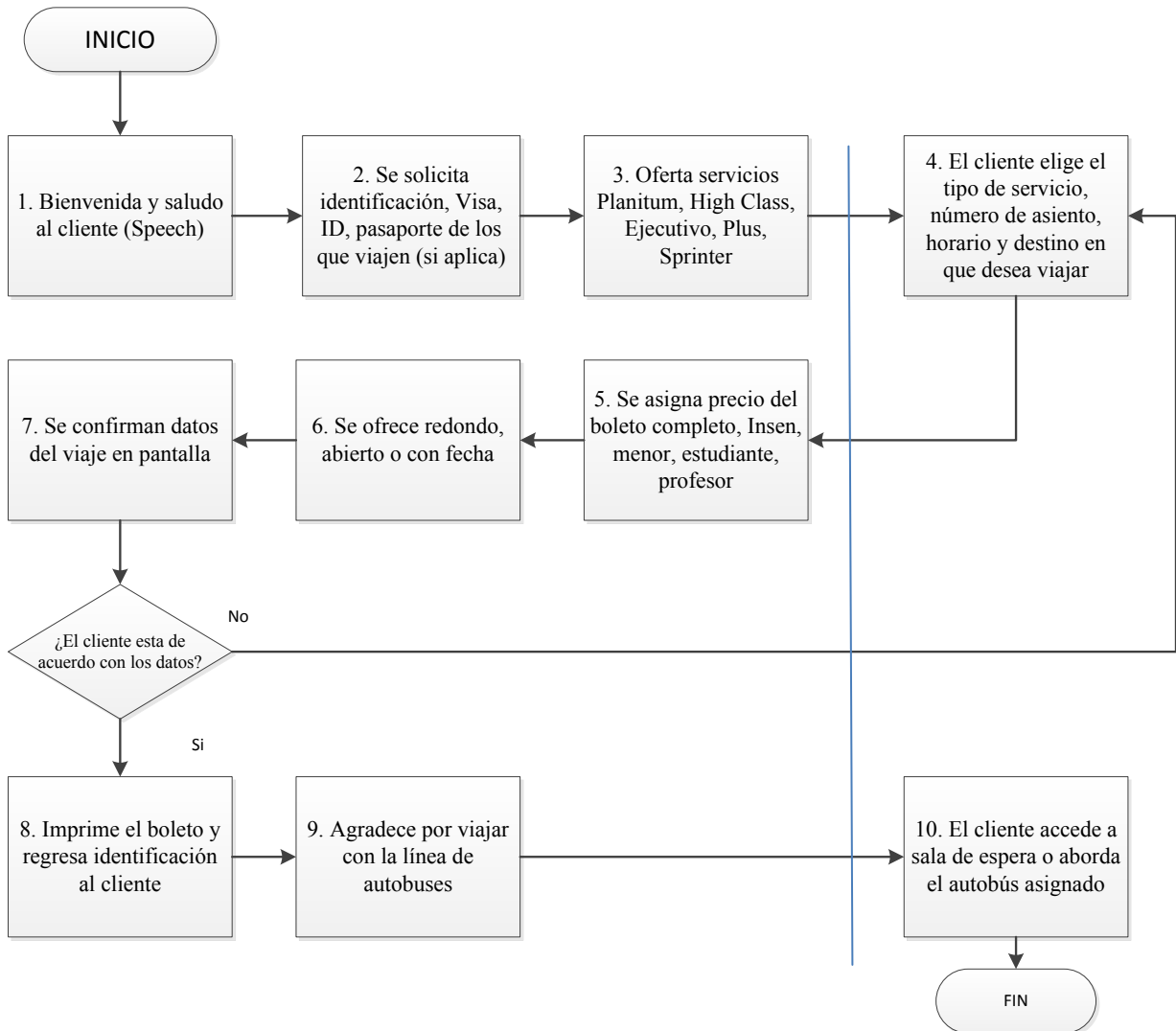


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso venta de boletos.

El proceso de venta de boleto inicia con la bienvenida y el saludo al cliente por parte del operador del área, después solicita al cliente identificación, para de ver que boleto será el que aplique o si este conllevara algún descuento, el cliente elige tipo de servicio, número de asiento (el que se encuentre libre), horario y el destino al que quiere viajar. Posteriormente el operario le asigna el precio del boleto (Completo, Insen, Menor, Estudiante, Profesor) y se le ofrece viaje redondo, abierto o con fecha. Después confirma los datos del viaje en pantalla. El penúltimo paso es el agradecimiento y finalmente el cliente accede a sala de espera o aborda el autobús asignado.

Después se procedió a *comprender la lista de verificación* la empresa proporcionó una lista de verificación del proceso, la cual realizó en base a las necesidades que se tenían y se capacitó a dos personas para que se familiarizaran con ella. En esta lista se evalúan cinco apartados con un sí cumple o un no cumple y se dan observaciones, los apartados son: Venta de boletos, Acceso a sala de espera y andenes, recepción y entrega de equipaje, Abordaje e inicio del viaje y arribo a la escala o destino final.

Posteriormente se obtuvo el *tamaño de la muestra determinado*, para ello se utilizó la tabla de ANSI en base al número de clientes que tiene la Sucursal, la empresa se encarga de llamar a centro telefónicos para saber el dato preciso de clientes por mes, en base a eso sacan la muestra con la ayuda de la tabla. Para este caso, en el mes de marzo, el tamaño de la muestra fue de 80.

Las encuestas se realizaron aleatoriamente a clientes después de adquirir el servicio en ventanilla (compra del boleto). Una vez que el cliente entraba a la sala de espera en ese momento se le aplicaba la encuesta para calificar el servicio que se les había brindado por los trabajadores.

Se *ejecutó la auditoría interna* en la central de autobuses de la capital de Sonora, se aplicó la lista de verificación, y se hizo la auditoría interna en el proceso de venta de boletos, se tuvieron inconvenientes como el tiempo para hacer la auditoria que solo fue de 10:00 horas hasta la 13:00, y de 15:00 a 18:00 horas, algunas personas se negaron a contestar las preguntas, pero se logró el objetivo de 80 personas entrevistadas.

En cuanto a los *resultados de la auditoría* se procesó la información obtenida de la auditoría con toda la información de las demás sucursales, alimentaron los datos al programa llamado auditoría interna y se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 5.

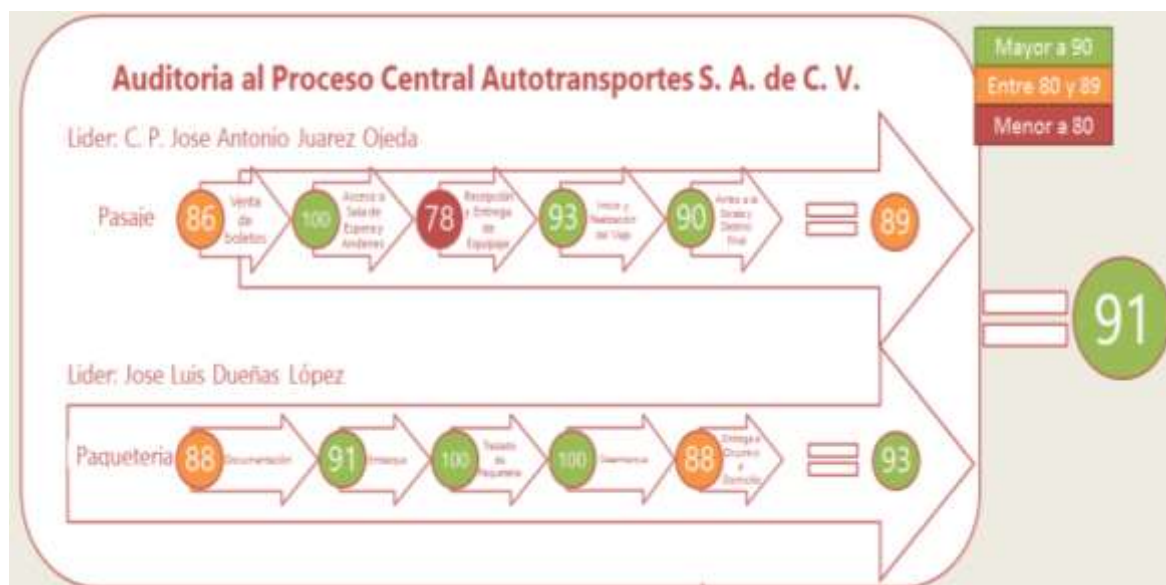


Figura 5. Resultados de la auditoría.

En los resultados arrojados por la auditoría al proceso de venta de boletos, al igual se entregó resultados del proceso de paquetería, se aprecia que el problema está en el área de recepción y entrega de equipaje, teniendo un porcentaje de 78%, el cual es de carácter negativo, ya que está por debajo de lo requerido, que es el 90%.

Se generó una *propuesta de mejora* para el proceso de venta de boletos en el área de recepción y entrega de equipaje, que consistió en realizar etiquetas de colores, dependiendo del destino, y reducir la información que contiene la etiqueta actual, ya que no es práctico para el guarda equipaje anotar tantos datos en la etiqueta, por el tiempo de la actividad. El tener un color en las etiquetas para cada destino facilita y agiliza el servicio al cliente, ya que al llegar a algún destino, el guarda equipaje saca las maletas con el color correspondiente al destino arribado y acomodarlas de maneras que cliente pueda visualizarla rápidamente, también se agregara un separador de filas, para que los clientes que bajen pasen uno por uno por su maleta y no se amontonen, deben hacer una fila y cada vez que llegue el cliente seleccionara su maleta, entonces el guarda equipaje solo corroborará los datos y se entrega al cliente, y así con cada uno que llegue a dicho destino.

Por otra parte se dividió y agregó en los compartimentos izquierdos y derechos del autobús el mismo color de la etiqueta por cada destino del autobús en su corrida, ya que dependiendo del destino, el guarda equipaje acomoda la maleta en dicho espacio. Cuando el autobús cambia de corrida o destino, se cambian los colores en los compartimentos de izquierda y derecha donde se colocó una etiqueta removible. El diseño de la nueva etiqueta, el cual está adaptado de un color que depende del destino, es este caso color negro que es Guadalajara, facilita al guarda equipaje a tener un mejor control de las maletas. La Figura 6 presenta cómo se dividieron los compartimentos del autobús por destino.

NAVOJOA			MOCHIS			GUAMUCHIL			GUASAVE		
CULIACAN			MAZATLAN			TEPIC			GUADALAJARA		

Figura 6. Diseño de los compartimentos del autobús.

La propuesta tiene ventajas como: práctico para el guarda equipaje, mejor acomodo de las maletas, ubicación, ordenado, proceso más rápido, mejora la satisfacción de los clientes. Como desventaja es que se llene el lugar de algún destino, en los compartimentos del autobús.

Se generó otra propuesta de mejora para el proceso de venta de boletos en el área de recepción y entrega de equipaje, muy parecida a la primera propuesta, solo que en este caso las etiquetas son más prácticas, por su diseño, que ayudará al cliente a tener más seguridad sobre su equipaje.

Esta etiqueta será entregada en ventanilla, cuando el cliente compra su boleto, lo cual consistirá, en que el personal de ventanilla pregunta al cliente si porta equipaje grande, el cual

tenga que ser trasladado en los compartimentos del autobús, si la respuesta es sí, el personal entregara una etiqueta la cual el mismo cliente deberá llenar, esto con el fin de que el cliente se asegure de anotar sus datos personalmente lo que le dará más confianza, después el cliente pasa a andenes y entrega su maleta y la etiqueta al guarda equipaje y este solo pondrá la etiqueta y la acomodará en los compartimentos del autobús conforme al color de la etiqueta, dependiendo del destino que vaya a arribar. Esto con el fin de que el guarda equipaje tenga menos margen de error, mayor rapidez al momento de acomodar la maleta, ya que se llegó a la conclusión que no es práctico que él tenga que anotar todos los datos del cliente.

Se agregaron dos guarda equipajes por autobús, esto para abarcar más tiempo y espacio, de tal manera que uno de ellos se encargue de bajar las maletas del destino arribado y el otro se encargue de subir las maletas donde corresponde en los compartimentos, por su color y el destino indicado. Por otra parte, se propuso además tener reuniones semanales o mensuales, donde se le dé un seguimiento al nuevo sistema establecido, de esta manera se reunirían todos los involucrados en el proceso, para verificar que se lleven correctamente las indicaciones del proceso.

Conclusiones

De acuerdo a la pregunta de investigación sobre cuáles son los factores que influyen actualmente en el nivel de satisfacción en el servicio al cliente en el proceso de venta de boletos de una empresa dedicada al autotransporte se respondió, al realizar una auditoría interna en la capital del estado de Sonora. El proyecto cumplió con el objetivo, ya que fue posible determinar los factores que influyen en el proceso central de venta de boletos, los cuales son; Falta de capacitación al guarda equipaje, acumulamiento de equipaje por no llevar un orden en el destino y no llenar adecuadamente la etiqueta que lleva pegado el equipaje.

En base a los resultados obtenidos se considera factible realizar este trabajo para otras sucursales en las cuales aplique. Se recomienda verificar constantemente este proceso en especial y capacitar una vez al mes al guarda equipaje para reducir los factores que afectan al área, checar las etiquetas constantemente para verificar que se encuentren en buen estado, evitando conflictos entre pasajeros y personal, por otra parte etiqueta en mal estado se irá desechando en el mismo instante por una nueva. Si se cuenta con personal nuevo se recomienda que se le capacite de manera inmediata y se aprenda por color de la etiqueta a que corresponde cada destino, así como el acomodo de las maletas en la parte inferior del camión.

Referencias

- Cendrero, Benjamín y Truyols, Sebastián (2008). El transporte aspecto y tipología. Delta Publicaciones.
- Gosso, F. (2008). Híper satisfacción del cliente. México: Panorama Editorial, S.A. de C. V.
- Instituto Mexicano del Transporte y la Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (1992). Capacidad del transporte público en autobuses interurbanos y suburbanos. Extraído 08 de Febrero de 2015 desde <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt15.pdf>
- Instituto Mexicano del Transporte. (2009). Análisis de los sistemas de transporte. Extraído el 08 de Febrero de 2015 desde <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt307.pdf>
- Instituto Mexicano del Transporte. (2012). Indicadores Económicos para el ISO 9000. (2008). Auditorias de calidad. 30/Marzo/2015, de AEC Sitio web: http://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=783d8fbd-12df-43f3-b12c-b1c5ca5ce5d7&groupId=10128
- Quiroga, A. (2015). Lista de Verificación. 30/Marzo/2015, de SICAA Sitio web: <http://www.sicaa.com.mx/tips/administrativos/43-checklist>
- Rodríguez & Jiménez. (2008). Servicio al Cliente. 08/Marzo/2015, de Aula de Economía Sitio web: <http://www.auladeeconomia.com/articulosot-18.htm>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2006). CONVOCATORIA para obtener acreditación y aprobación de unidades de verificación de emisiones contaminantes. Extraído el 17 de Febrero de 2015 desde http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/unidadesVerificacion/Convocatoria_Verificcentros_Emissiones_Contaminantes_DOE_11_de_sep_06.pdf
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2012). Comparativo entre los diferentes modos de transporte. Extraído el 08 de Febrero de 2015 desde http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/EST_BASICA/EST_BASICA_2012/9_Comparativo_Modos_de_Transporte_2012.xlsx
- Villalobos, A., Lozano, A. 2013). Tendencias y retos en la industria del autotransporte de pasajeros en México. Extraído el 08 de febrero de 2015 desde <http://www.kpmg.com/mx/es/issuesandinsights/articlespublications/paginas/ap-tendencias-retos-industria-autotransporte.asp>

- Ciencias Sociales y Económicas -

Capítulo XV. Dependencia de las finanzas públicas de los cinco municipios más poblados del estado de Sonora en el marco del Sistema Nacional de Coordinación Fiscal

Rodolfo Valenzuela Reynaga¹, María Dolores Moreno Millanes¹, Imelda Lorena Vázquez Jiménez¹, Dina Ivonne Valdez Pineda² y Beatriz Ochoa Silva²

¹Departamento de Contaduría y Finanzas, ²Departamento de Ciencias Administrativas
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. rodolfo.valenzuela@itson.edu.mx

Resumen

El Sistema Nacional de Coordinación Fiscal (SNCF) es un mecanismo que permite articular las relaciones hacendarias entre los diferentes órdenes de gobierno. A través de este andamiaje jurídico, se ha venido promoviendo la descentralización fiscal, la cual prevé, entre otras cosas, una mayor participación de los municipios en el gasto público total; sin embargo, el incremento de los recursos federales transferidos a los municipios, no se ha acompañado de cesiones de potestades tributarias que permitan aumentar los ingresos públicos locales y, de esta manera, contener el riesgo que implica la dependencia de las haciendas municipales respecto de las transferencias que la federación les realiza. Este trabajo pretende identificar el nivel de dependencia financiera de los cinco municipios más poblados del estado de Sonora, Hermosillo, Cajeme, Nogales, San Luis Río Colorado y Navojoa. Se obtuvo información de los capítulos de ingresos de cada uno de estos municipios para los años 2004, 2009 y 2014; se detectaron los recursos provenientes de la federación (participaciones y aportaciones federales) y se determinó su participación porcentual respecto de los ingresos totales. En todos los casos, se observa una marcada dependencia financiera de las haciendas locales pues, en promedio, entre 50 y 70 centavos de cada peso de sus ingresos, provienen de la federación. Finalmente, es posible que el SNCF requiera ajustarse para promover e impulsar la generación de ingresos propios, lo que fortalecería las finanzas públicas municipales y, con ello, conseguir que los municipios cumplan con sus funciones de manera responsable y eficiente.

Introducción

A partir de la puesta en marcha del Sistema Nacional de Coordinación Fiscal (SNCF) en 1980, las entidades federativas y los municipios han participado, cada vez más, del gasto público total; es decir, se ha promovido la descentralización del gasto público en México, generando con ello que los municipios tengan acceso a mayores cantidades de recursos para atender sus obligaciones en cuanto a la provisión de bienes públicos.

Sin embargo, por el lado de los ingresos públicos, los estados y municipios no han realizado, en apariencia, su tarea, respecto de la generación de ingresos propios, en virtud de

los costos políticos asociados con la creación impuestos o el aumento a las tasas o tarifas de los ya existentes. Esta situación está generando desequilibrios fiscales importantes, pues según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el año 2014, en promedio, el 84% de los ingresos públicos de los gobiernos subnacionales mexicanos provenía de fuentes federales. La dependencia financiera representa un problema significativo, dada la vulnerabilidad en la que tal situación coloca a los balances hacendarios locales; adicionalmente, la generación de ingresos propios se desestima en la medida en que la federación transfiere mayor cantidad de recursos a los municipios. La heterogeneidad de los municipios mexicanos implica un análisis minucioso de sus finanzas públicas.

El objetivo de este trabajo es determinar qué proporción de los ingresos públicos municipales de los cinco municipios más poblados del estado de Sonora, está representada por transferencias federales y, por tanto, establecer un marco de referencia sobre la posibilidad de la existencia, o no, de dependencia financiera pública municipal.

Fundamentación teórica

El federalismo fiscal tiene como un propósito elemental el establecimiento de una combinación óptima entre la centralización y la descentralización en la asignación de facultades, potestades y competencias entre los diferentes órdenes de gobierno que conforman una federación (Flores, 2014).

Las transferencias federales que se realizan a los estados y municipios, están reguladas y administradas en la Ley de Coordinación Fiscal (LCF); existen dos tipos de recursos que son transferidos, aquellos denominados participaciones federales (lo cuales no están condicionados a algún propósito de gasto específico), y las aportaciones federales (las cuales si están condicionadas a ser ejercidas en ciertos programas y propósitos que el gobierno federal ha dispuesto).

Un componente fundamental en las relaciones hacendarias intergubernamentales, es la corresponsabilidad, en este sentido, Ramírez (2015) asume como un tema fundamental que los estados y los municipios asuman una mayor capacidad para manejar sus propias fuentes impositivas y decidir con mayor autonomía cuál es el gasto que optimiza los beneficios, generando con ello una menor dependencia de las transferencias federales.

Es de suponerse que los gobiernos más “grandes”, es decir, con mayores recursos humanos, tecnológicos y financieros, estarán dotados de mejores capacidades para realizar un mayor esfuerzo fiscal; sin embargo, parece ser que esto no siempre ocurre así, de hecho, Sour (2008) cuestiona que, ante las políticas de transferencias federales, este tipo de gobiernos “grandes” incrementen de manera sustancial la generación de ingresos propios, a través de la vía fiscal.

Por otra parte, las iniciativas que el gobierno federal emprende a favor de la modernización técnica y de procesos en los municipios, están desarticuladas; por ejemplo, Merino (2005) comenta que no es lo mismo apoyar a un gobierno municipal para que administre los recursos provenientes de las aportaciones federales (ramo 33) que hacerlo para que su propia hacienda pública local se renueve.

Un componente de reflexión y análisis en el ámbito del ejercicio responsable de las finanzas públicas municipales, es el que está vinculado con el aspecto político; pues, a reserva de comprobar tal supuesto, podría esperarse que aquellos gobiernos que provengan de organizaciones políticas diferentes a la de dónde provino el ejecutivo federal, tiendan a gastar más y de forma menos responsable.

En concordancia con lo anterior, Guadarrama (2006, p.87) señala que “es de esperarse que los gobernadores que no son del mismo partido que el del presidente de la República tiendan a presentar mayores niveles de gasto”

Finalmente, es necesario reconocer que la descentralización hacendaria, implica no solo una mayor participación de los municipios en el gasto público total; también es necesario que se establezcan políticas que fomenten la descentralización del ingreso y, de esta forma, impulsar a los gobiernos locales para que generen estrategias que contribuyan a un aumento en la generación de ingresos propios.

Metodología

La unidad de análisis es, para este propósito, los municipios; particularmente, los cinco con mayor población del estado de Sonora. De acuerdo con los resultados definitivos del Censo de Población y Vivienda 2010, llevado a cabo por el INEGI, en Sonora, estos son los municipios más poblados: Hermosillo (784,342 habitantes), Cajeme (409,310 habitantes),

Nogales (220,292 habitantes), San Luis Río Colorado (178,380 habitantes) y Navojoa (157,729 habitantes).

Esta investigación es de carácter cuantitativa y el enfoque es no experimental. En función del tipo de resultados que se podrían obtener, se asume como una investigación descriptiva.

El procedimiento bajo el cual se desarrolló la investigación consistió en lo siguiente; en primer término, se identificaron los capítulos de ingresos públicos de los sujetos de análisis (los cinco municipios); posteriormente, se consultaron bases de datos, como las de INEGI y las de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para identificar la información relativa a la estructura de ingresos de cada una de las haciendas públicas municipales; enseguida, se determinó, para cada caso, la representatividad de las transferencias federales con relación a los ingresos totales, es decir, la dependencia financiera de los municipios, esto al calcular la razón de la suma de las participaciones federales y las aportaciones federales, sobre los ingresos totales; a continuación, y también para cada uno de los casos, se detectó el esfuerzo fiscal municipal, el cual se determinó al calcular la razón de las cantidades incluidas en el capítulo de impuestos sobre los ingresos totales; finalmente, se presentaron los resultados en tablas y gráficas que permiten visualizar los hallazgos localizados.

Resultados y discusión

En primer término se muestra la estructura de los ingresos públicos de los municipios en estudio. Para propósitos de visualizar la evolución en los datos, se han tomado como referente tres años, 2004, 2009 y 2014; al finalizar este apartado se establecen algunos parámetros de discusión en torno a los resultados obtenidos. En la tabla 1, se observan los datos de las fuentes de ingresos del municipio de Cajeme; con relación al porcentaje que, de los ingresos totales, representaron las transferencias federales, para el año 2004, el 60.46% de los recursos de la hacienda municipal provinieron de dichas fuentes, para el año 2009, los recursos federales representaron el 66.35% del total de los ingresos municipales y, para el año 2014, tal indicador fue de 62.31%; es decir, aproximadamente, 62 centavos de cada peso con que cuenta el municipio de Cajeme, provienen de las transferencias federales.

Tabla 1. Composición de los ingresos públicos del municipio de Cajeme (cifras en pesos).

	Año		
	2004	2009	2014
Total	576,621,031	861,616,566	2,483,977,535
Impuestos	92,078,373	142,333,267	187,757,775
Contribuciones de Mejoras	658,993	0	3,529
Derechos	36,977,779	60,987,488	82,140,232
Productos	7,551,374	9,706,265	424,678,163
Aprovechamientos	47,447,270	32,300,809	185,569,485
Participaciones federales	238,658,782	379,466,718	531,683,806
Aportaciones federales	109,965,525	192,247,525	1,015,963,618
Otros ingresos	7,187,569	44,574,494	0
Financiamiento	0	0	56,180,927
Disponibilidad inicial	36,095,366	0	0

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

Por otra parte, los ingresos propios, y, en particular, los impuestos que el municipio recauda y que, representan, el esfuerzo fiscal local, representaron, del total de ingresos de 2004, 2009 y 2014, el 15.97%, 16.52% y el 7.56%, respectivamente (Figura 1).

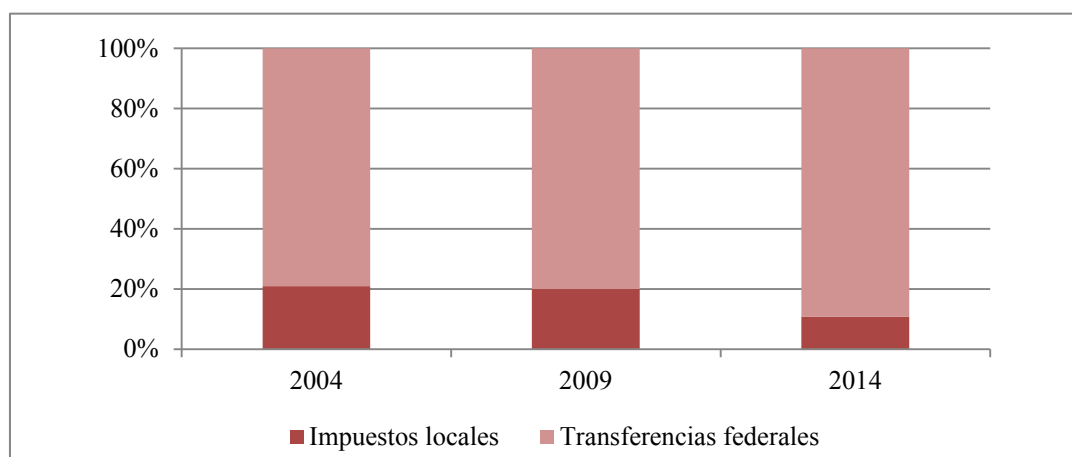


Figura 1. Esfuerzo fiscal local y transferencias federales del municipio de Cajeme.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016

En el caso de Hermosillo, los ingresos de su hacienda municipal se comportaron de la siguiente forma, según la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de los ingresos públicos del municipio de Hermosillo (cifras en pesos).

	Año		
	2004	2009	2014
Total	1,107,000,248	1,714,540,555	2,820,072,848
Impuestos	248,647,825	414,332,678	573,581,913
Contribuciones de Mejoras	2,700,375	8,565,453	258,463
Derechos	90,454,795	133,978,039	235,364,374
Productos	15,752,418	20,499,403	28,383,307
Aprovechamientos	45,040,573	91,865,042	160,595,522
Participaciones federales	370,680,918	612,966,701	827,970,637
Aportaciones federales	178,665,162	408,671,518	470,945,556
Otros ingresos	34,960,582	0	480,002,336
Financiamiento	100,000,000		42,970,740
Disponibilidad inicial	20,097,600	23,661,721	0

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016

Las transferencias federales (participaciones y aportaciones federales, de los ramos 28 y 33 del Presupuesto de Egresos de la Federación, PEF), representaron en los ingresos públicos totales de Hermosillo, para los años 2004, 2009 y 2014, porcentajes del 49.6%, 59.6% y 46.1% respectivamente. Es decir, cerca de la mitad de los recursos públicos con que cuenta el municipio, provienen de la federación. Con relación a la generación de ingresos propios, Hermosillo ha realizado esfuerzos fiscales para que, del total de sus ingresos, en los años 2004, 2009 y 2014, el 22.46%, 24.17% y el 20.4% sean gestionados localmente, tal y como se aprecia en la Figura 2.

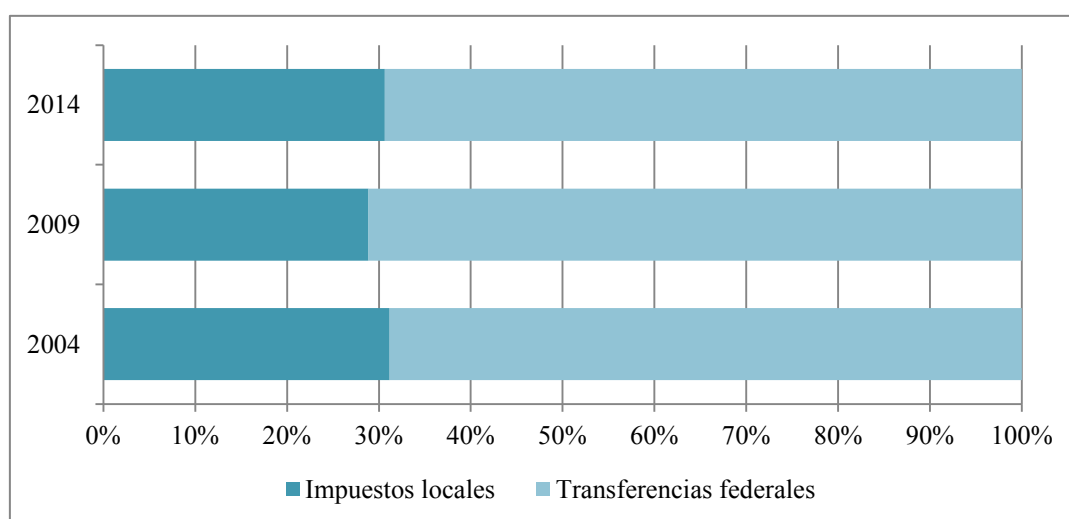


Figura 2. Esfuerzo fiscal local y transferencias federales del municipio de Hermosillo.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

Tabla 3. Composición de los ingresos públicos del municipio de Navojoa (cifras en pesos).

	Año		
	2004	2009	2014
Total	216,656,479	344,513,517	660,705,206
Impuestos	19,857,618	38,068,463	50,968,366
Contribuciones de Mejoras	716,730	1,091,659	8,178
Derechos	15,246,641	15,685,569	37,967,982
Productos	1,249,889	4,535,523	1,278,982
Aprovechamientos	11,919,425	14,818,940	11,711,317
Participaciones federales	100,375,277	159,838,472	221,116,695
Aportaciones federales	56,510,399	98,474,891	127,982,811
Otros ingresos	1,383,927	12,000,000	132,844,483
Financiamiento	0	0	76,826,392
Disponibilidad inicial	9,396,573	0	0

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

Para los años 2004, 2009 y 2014, los recursos que la federación transfirió al municipio de Navojoa representaron el 72.41%, 74.98% y el 52.84%, respectivamente.

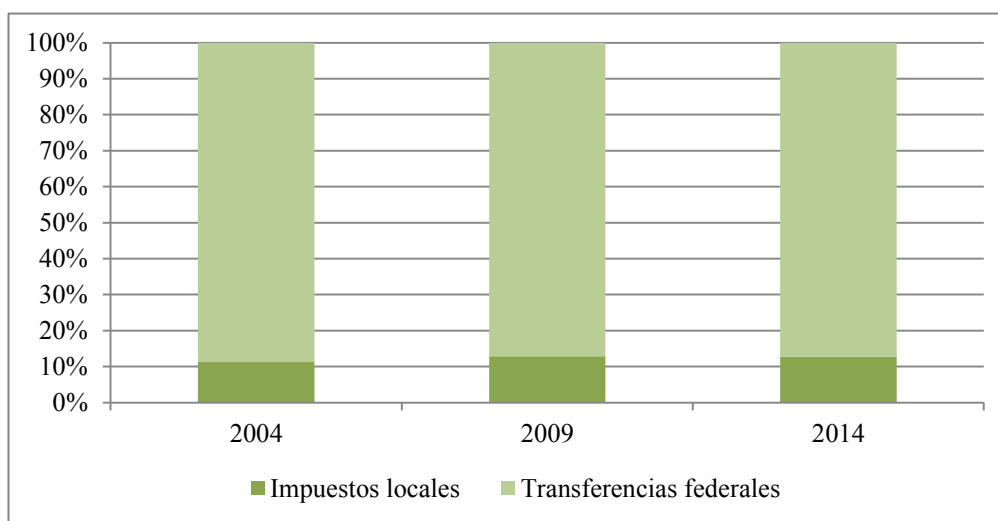


Figura 3. Esfuerzo fiscal local y transferencias federales del municipio de Navojoa.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

Con relación a la generación de ingresos propios, subrayando, de nuevo, que por este concepto habrá de entenderse a los impuestos locales, dejando de lado aspectos como los derechos, aprovechamientos, deuda, entre otros, la hacienda pública de Navojoa realizó un esfuerzo fiscal que redundó en la generación de ingresos locales, vía impuestos, que

representó el 9.17% del total de ingresos en el 2004, el 11.05% en 2009 y, por último, el 7.71% en 2014.

El municipio de Nogales, el tercero más importante de Sonora en función de su población, reportó, según la tabla 4, los siguientes datos sobre sus ingresos públicos.

Tabla 4. Composición de los ingresos públicos del municipio de Nogales (cifras en pesos).

	Año		
	2004	2009	2014
Total	297,908,455	564,279,632	804,668,176
Impuestos	31,867,959	77,110,660	87,219,879
Contribuciones de Mejoras	0	0	115,190
Derechos	23,655,893	47,179,019	26,359,067
Productos	1,540,499	8,528,106	92,643
Aprovechamientos	11,037,585	29,233,228	44,930,062
Participaciones federales	145,659,068	251,162,292	340,191,076
Aportaciones federales	47,724,484	131,493,409	170,343,442
Otros ingresos	17,143,662	0	0
Financiamiento	11,000,000	19,572,918	135,416,817
Disponibilidad inicial	8,279,305	0	0

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

En el año 2004, las transferencias federales representaron el 64.91% de los ingresos públicos totales de este municipio, tal proporción se incrementó a 67.81% en 2009 y, para 2014, fue de 63.45%. En la Figura 4, se presenta la capacidad fiscal local para generar ingresos comparada con la recepción de recursos federales.

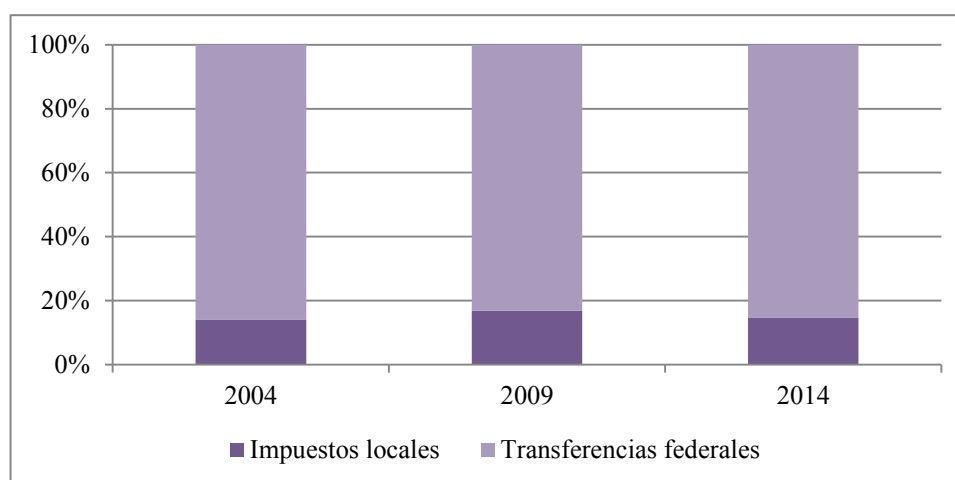


Figura 4. Esfuerzo fiscal local y transferencias federales del municipio de Nogales.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

Los ingresos propios generados, por la vía fiscal, localmente, representaron el 10.70% del total de los ingresos de Nogales en el año 2004. En 2009, el 13.67% de los ingresos se obtuvo por esa fuente y en 2014 fue el 10.84%.

San Luis Río Colorado, el cuarto municipio más importante del estado, en función de su población, presentó la siguiente estructura de ingresos.

Tabla 5. Composición de los ingresos públicos del municipio de San Luis Río Colorado (cifras en pesos).

	Año		
	2004	2009	2014
Total	223,505,356	370,031,024	543,317,871
Impuestos	28,516,734	41,352,643	64,434,770
Contribuciones de Mejoras	2,615,410	0	0
Derechos	20,522,127	35,340,893	42,448,360
Productos	1,685,728	2,623,416	5,950,742
Aprovechamientos	14,774,938	12,906,261	16,324,441
Participaciones federales	93,250,023	153,301,376	209,351,895
Aportaciones federales	48,534,765	81,517,055	169,402,446
Otros ingresos	2,294,631	39,432,870	0
Financiamiento	5,967,068	3,556,510	35,405,217
Disponibilidad inicial	5,343,932	0	0

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

La dependencia financiera de la hacienda municipal respecto de los recursos transferidos por la federación es posible detectarla al identificar la proporción que representan los ingresos provenientes de los ramos 28 y 33 del PEF respecto de los ingresos totales. En este caso, para el año 2004, esa proporción fue de 63.44%, para el 2009 del 63.46% y del 69.71% para el año 2014.

Por otro lado, la generación de ingresos propios locales, considerando, al igual que en los otros casos, al concepto de impuestos, en 2004 estos constituyeron el 12.76% de los ingresos totales, el 11.18% en 2009 y para 2014, el 11.86% (Figura 5).

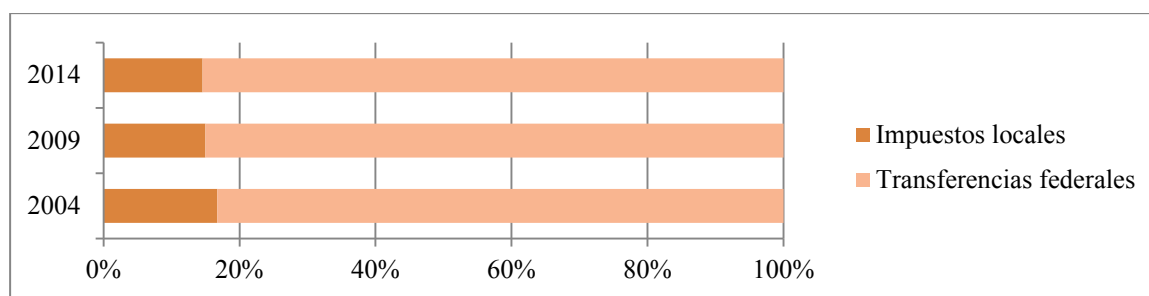


Figura 5. Esfuerzo fiscal local y transferencias federales del municipio de San Luis Río Colorado.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

En un análisis comparativo de los cinco municipios respecto de la dependencia financiera que tienen sus haciendas públicas de las transferencias federales, es destacable que Hermosillo se consolida como el municipio que menos depende, en el período de análisis, de recursos federales; por el contrario, se aprecia en los años 2004 y 2009 una importante relación de los ingresos públicos totales de Navojoa con los recursos transferidos por la federación, para el año 2014, esta dependencia, aparentemente, se reduce; sin embargo, es solo un supuesto, ya que en ese año, hubo una contratación de deuda por arriba de los 76 millones de pesos, lo cual reduce, la participación relativa de las transferencias federales en los ingresos totales.

Tabla 6. Dependencia de los ingresos públicos totales con relación a las transferencias federales.

Municipio	Año		
	2004	2009	2014
Cajeme	60.46%	66.35%	62.31%
Hermosillo	49.62%	59.59%	46.06%
Navojoa	72.41%	74.98%	52.84%
Nogales	64.91%	67.81%	63.45%
San Luis Río Colorado	63.44%	63.46%	69.71%

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

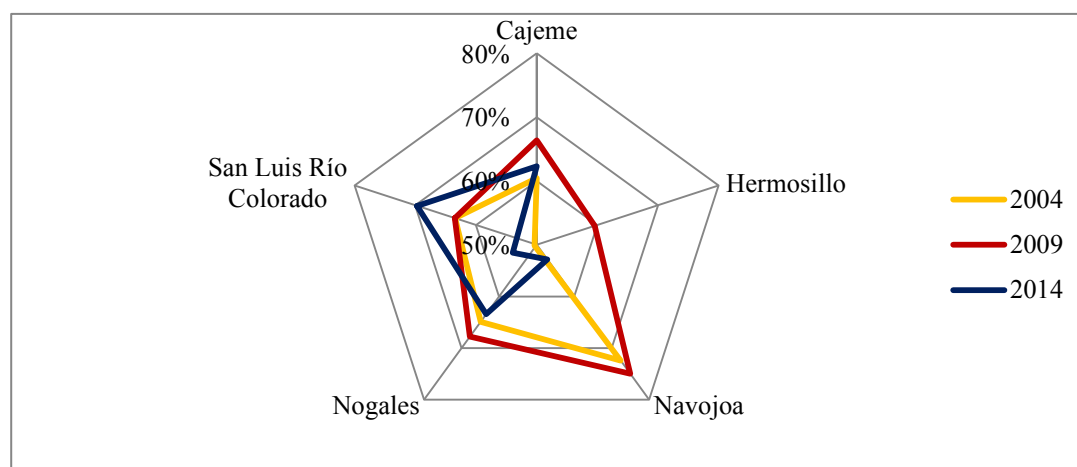


Figura 6. Dependencia de los ingresos públicos totales con relación a las transferencias federales.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

Es significativo reconocer que una disminución en la contribución relativa de las participaciones y aportaciones federales en el total de ingresos públicos municipales, no significa, forzosamente, una disminución real de la dependencia financiera municipal; lo anterior debe aclararse, dado los períodos en los que las haciendas municipales obtienen ingresos extraordinarios, no propios, los cuales constituyen, en ese ejercicio fiscal, un componente importante de los ingresos totales, tal es el caso del financiamiento o contratación de deuda pública, así como la desincorporación de activos municipales. En virtud de esto, resulta fundamental, conocer cuál es la participación de los impuestos recolectados por el municipio con relación a los ingresos totales, ya que es, justamente, ello un reflejo del verdadero esfuerzo fiscal de la hacienda municipal. En la Figura 7, se aprecia el esfuerzo fiscal en los años de estudio por cada uno de los municipios.

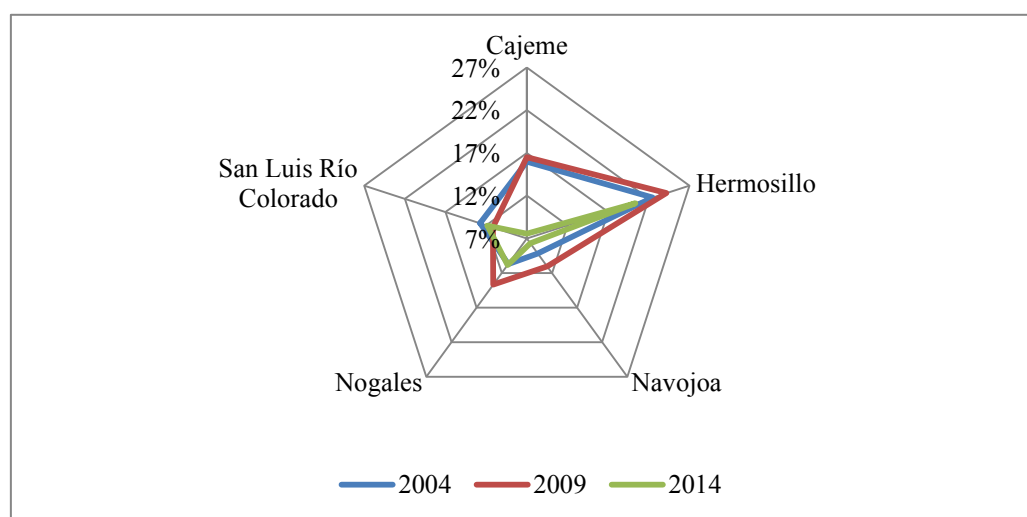


Figura 7. Esfuerzo fiscal de las haciendas públicas municipales (como porcentaje de los ingresos totales).
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2016.

Es Hermosillo y Cajeme, éste último con la excepción del año 2014, quienes han reportado un esfuerzo fiscal superior al resto de los municipios.

Los resultados, en todos los casos, son consistentes respecto de la evidente dependencia financiera municipal con relación a las transferencias federales; los hallazgos realizados por Díaz-Cayeros (2004) y Sobarzo (2005) no distan sustancialmente de lo localizado en este estudio. Un incremento en las aportaciones federales y, por otro lado, el crecimiento sostenido del endeudamiento público subnacional han opacado los esfuerzos que, en materia de generación de ingresos locales, han realizado los municipios.

Conclusiones

La administración de las finanzas públicas implica, sin lugar a dudas, el empleo de métodos y herramientas que permitan maximizar los beneficios esperados con relación a la provisión de bienes públicos.

En el caso de los cinco municipios analizados, todos presentan cierto nivel de dependencia financiera respecto de las transferencias federales, pues entre 50 y 70 centavos de cada peso que estos municipios obtienen como ingresos, provienen de la federación. Esto, invariablemente, podría conducir a escenarios de vulnerabilidad financiera, ya que ante fluctuaciones inesperadas en los ingresos públicos federales, las finanzas de las haciendas locales se afectarían seriamente.

Finalmente, es altamente recomendable que el SNCF incorpore mecanismos que establezcan relaciones fiscales intergubernamentales bajo esquemas de transparencia, rendición de cuentas y de absoluta legalidad.

Referencias

- Díaz-Cayeros, A. (2004). El federalismo y los límites políticos de la redistribución. *Gestión y Política Pública*, (13), 663-687.
- Flores, M. D. (2014). Federalismo fiscal y asignación de competencias: una perspectiva teórica. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, 3(11).
- Guadarrama, C. V. (2006). Determinantes del gasto estatal en México1. *Gestión y Política Pública*, 15(1), 83-109.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). “Indicadores de finanzas públicas” <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21702> [fecha de consulta: 29 de abril de 2016].
- Merino, M. (2005). Los gobiernos municipales en México: el problema del diseño institucional. *Globalización, poderes y seguridad nacional, Mexico DF, CIESAS– Miguel Angel Porrúa–H. Cámara de Diputados, LIX Legislatura*, 287-305.
- Ramírez, M. G. (2015). Estructura y evolución de las participaciones federales a los estados: el caso de México. *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad*, 3(8).

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2016). “*Estadísticas oportunidad de finanzas públicas*”. http://www.shcp.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/FINANZASPUBLICAS/Estadisticas_Oportunas_Finanzas_Publicas/Paginas/unica2.aspx [fecha de consulta: 29 de abril de 2016].

Sobarzo Fimbres, H. (2005). Federalismo fiscal en México. *Economía, sociedad y territorio*, (Esp.).

Sour, L. (2008). Un repaso de los conceptos sobre capacidad y esfuerzo fiscal, y su aplicación en los gobiernos locales mexicanos. *Estudios demográficos y urbanos*, 271-297.

Capítulo XVI. Cultura organizacional en una agencia automotriz de Ciudad Obregón

Raquel Ivonne Velasco Cepeda, Jorge Sánchez Rodríguez, Irma Guadalupe Esparza García,
Gladys Selene Soto Serrano y Kimberly Estefanía Hamed Valenzuela

Departamento de Ciencias Administrativas

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. raquel.velasco@itson.edu.mx

Resumen

Los cambios a los que se enfrentan las organizaciones demandan que estas respondan a los cambios del entorno, una forma de hacerlo es diseñando estructuras más flexibles y crear entornos en donde la cultura organizacional ayude a generar ventajas competitivas. ¿Cuáles son las características de la cultura organizacional de una agencia automotriz? El objetivo de la investigación fue el realizar un diagnóstico de la cultura organizacional de una agencia automotriz de Ciudad Obregón mediante la aplicación de un instrumento para la identificación de las características que la conforman. El objeto de estudio es una agencia automotriz. Participaron un total de 39 empleados de las diferentes áreas que la conforman. Se aplicó un instrumento de 60 reactivos en una escala de Likert. El procedimiento fue realizar un análisis de los requerimientos de información, determinar fuentes de datos, seleccionar instrumento, definir la muestra, aplicar el cuestionario, procesar y analizar la información. Los resultados globales del diagnóstico muestran las siguientes características de la cultura organizacional de la empresa en estudio que obtuvieron un puntaje más alto: orientación interna y flexibilidad; involucramiento, específicamente orientación al equipo y empoderamiento. En misión se encontró una orientación a las metas y objetivos. Las áreas de oportunidad o mejora considerando los resultados globales se encuentran en adaptabilidad y consistencia. Entre las conclusiones se tiene que se logró el objetivo de la investigación. Se recomienda desarrollar las competencias del personal identificando conocimientos y habilidades requeridos, promover al aprendizaje organizacional, que la misión, visión y valores sean compartidos por todos.

Introducción

Los cambios vertiginosos a los que se enfrentan las empresas, debido a las demandas del entorno, el impacto que trae consigo la apertura económica, la competitividad en las organizaciones, la innovación, las tendencias económicas, demográficas, entre otros; ha hecho necesario que las mismas diseñen estructuras más flexibles, formas diferentes de trabajo, que alineen su cultura organizacional con la estrategia; de tal manera que generen ventajas competitivas. Trompennars y Hampden-Turner (2010) hacen referencia a que con la globalización de los mercados aumenta la necesidad de estandarizar el diseño organizacional, los sistemas y procedimientos. Asimismo, hacen mención a que los gerentes se encuentran bajo presión para adaptar sus organizaciones a las características locales del mercado, la legislación, el régimen fiscal, el sistema sociopolítico y el sistema cultural; por lo que es

esencial para el éxito corporativo lograr un equilibrio entre consistencia y adaptación para el éxito corporativo.

Para Ritter (2008) la cultura organizacional y su complejidad es uno de los factores fundamentales para entender el éxito o fracaso de muchas organizaciones y una herramienta indispensable para potenciar la competitividad de las empresas, y no solo eso sino también la supervivencia de las mismas.

Velasco (2015) realizó un diagnóstico de cultura organizacional a una empresa maquiladora de exportación en donde se aplicó el cuestionario de Denison a 29 informantes del nivel operario y 8 entrevistas a personal de puestos clave y gerencia. Los resultados del diagnóstico muestran que los elementos y/o dimensiones de mayor puntaje y que influyen en el desempeño son misión y adaptabilidad con sus respectivos índices; con un enfoque externo y flexibilidad.

En otro estudio realizado por Rodríguez y Latorre (2011) cuyo objetivo fue identificar la cultura predominante en la industria de la construcción de Chile a partir de los profesionales del rubro, así como los estilos de liderazgo. La muestra estuvo integrada por 52 personas. El instrumento utilizado fue el de Cameron y Quinn y los resultados obtenidos son que la cultura predominante de la construcción actual es la de mercado (3.587), seguida de la jerárquica (3.388) y la de clan (3.157), y en último lugar la adhocracia (2.999); respecto a la cultura predominante deseada se encontró la de clan (4.099), seguida de la jerárquica (3.763), la de mercado (3.753) y por último la adhocracia (3.747). Respecto al liderazgo está orientado más a la cultura del mercado y a la jerárquica.

En Ciudad Obregón existen aproximadamente 10 agencias automotrices unas con más años de permanencia en el mercado que otras, y que presentan diferentes formas de operar dado las características de su cultura organizacional. En el caso de una de ellas, llama la atención el servicio, la búsqueda de la mejora continua y la excelencia, así como mantener el liderazgo en desempeño y rentabilidad como agencia a nivel nacional de la marca que maneja. Por lo anterior surge el siguiente planteamiento: ¿Cuáles son las características de la cultura organizacional de una agencia automotriz?

El objetivo de la investigación fue el realizar un diagnóstico de la cultura organizacional de una agencia automotriz de Ciudad Obregón mediante la aplicación de un instrumento para la identificación de las características que la conforman.

El presentar un diagnóstico de cultura organizacional a la agencia automotriz facilitará que ésta realice una reflexión de las características que la conforman, así como también atender áreas de oportunidad o mejora.

Fundamentación teórica

Las organizaciones están integradas por individuos que manifiestan ciertas formas de actuar, de realizar sus actividades y de comportarse ante diversas situaciones. Lo anterior lleva a definir el comportamiento organizacional. Hellriegel y Slocum (2009) lo consideran como el estudio de los individuos y de los grupos dentro del contexto de una organización, así como el estudio de los procesos y las prácticas internas que influyen en la efectividad de los individuos, los equipos y las organizaciones. Un término relacionado al comportamiento organizacional es el de cultura organizacional, entendiéndose por ésta el conjunto de valores y normas compartidas que controla las interacciones entre los integrantes de la organización, proveedores clientes y otras personas externas a la misma (Jones, 2008). Para Hofstede, Hofstede & Minkov (2010) la cultura es siempre un fenómeno colectivo, porque es al menos en parte compartido con personas que viven o vivieron en el mismo entorno social, en el cual fue aprendido. La cultura consiste en las reglas no escritas del juego social. También los autores hacen referencia a la misma, como una programación colectiva de la mente que distingue a los miembros de un grupo o categorías de personas de otros.

Shein (2010) menciona que la cultura es una abstracción, sin embargo, las fuerzas que se crean en situaciones sociales y organizacionales derivadas de la cultura son poderosas. Si no se comprende el funcionamiento de las mismas, convierte a los individuos en víctimas de ellas. Las fuerzas culturales son poderosas por que operan fuera de la conciencia; hay que entenderlas no sólo por su poder, sino que ayudan a explicar muchas experiencias frustrantes en la vida social y organizacional. El comprender la cultura permite a las empresas evitar situaciones de conflicto, o en su caso solucionar problemas si se sabe cómo manejar la cultura organizacional y sacar provecho de la misma para el logro de los objetivos.

Metodología

La investigación realizada es no experimental, transeccional-descriptiva con enfoque cuantitativo.

Sujetos. El objeto de estudio es una agencia automotriz localizada en Ciudad Obregón. Participaron un total de 39 empleados de la agencia de las diferentes áreas que la conforman, tales como: ventas, mercadotecnia, administrativa, refacciones, carrocería y pintura, servicio de taller, entre otras.

Instrumentos. Para realizar el diagnóstico se utilizó el cuestionario de Denison, el cual fue traducido y adaptado al español por Bonavia, Prado & Barberá (2009) realizándose los ajustes pertinentes para ser utilizado en la empresa en estudio. El cuestionario consta de 60 reactivos en forma de enunciados, los cuales fueron divididos en cuatro dimensiones con sus respectivos índices de comportamiento, y una escala de Likert para las respuestas en donde el 1 equivale a muy en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 es neutral, 4 es de acuerdo, y 5 es totalmente de acuerdo.

Las dimensiones a las que hace referencia el instrumento son involucramiento, consistencia, adaptabilidad, y misión. Cada una de ellas consta de 15 reactivos. El punto de referencia del involucramiento es la dinámica interna de la organización pero orientada a dar estabilidad y dirección con sus respectivos índices. En lo que a consistencia se refiere esta dimensión se basa también en la dinámica interna, pero orientada a dar estabilidad y dirección. La dimensión de adaptabilidad está orientada a la relación entre la organización y el entorno externo, así como la capacidad de la empresa para flexibilidad y cambio. Respecto a la dimensión de misión esta se enfoca en relación entre la organización y el entorno externo, así como a dar estabilidad y dirección.

Procedimiento

1. Realizar un análisis de los requerimientos de información. Para realizar la investigación fue necesario analizar el tipo de información que se requería relacionada a la empresa
2. Consultar fuentes de datos primarios y secundarios.

3. Seleccionar cuestionario. El cuestionario seleccionado fue el de Daniel Denison, el cual ya ha sido utilizado en otras investigaciones con la respectiva adaptación al español por los autores antes mencionados.
4. Definir la muestra. La muestra se seleccionó por conveniencia y en acuerdo con la organización en estudio
5. Aplicar los cuestionarios. Se aplicaron los cuestionarios a la muestra seleccionada. A este respecto se asignó un área de la misma empresa y se fue llamando en grupo de cinco personas a las cuales se les explicaba el cuestionario y el objetivo de la investigación.
6. Revisar cada uno de los cuestionarios aplicados para verificar que la información proporcionada está completa y es coherente.
7. Capturar y procesar la información en el paquete estadístico SPSS. Se utilizó el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) versión 15.0
8. Analizar e interpretar la información. Una vez capturada y procesada la información fue posible hacer el análisis e interpretación de la información.
9. Identificar las características de la cultura organizacional que prevalece en la empresa. Se identificaron las características de la cultura que predominan en la agencia.

Resultados y discusión

Los resultados del diagnóstico se presentan en dos apartados, primeramente el resultado global y posteriormente por áreas.

(a) Resultado global

Los resultados respecto al total de las áreas evaluadas, considerando la muestra de 39 informantes se describen a continuación. En la Figura 1 se puede observar que respecto a las cuatro dimensiones el factor de mayor puntaje fue una orientación al involucramiento de 4.2 seguido de la misión. Adaptabilidad obtuvo un puntaje 3.9 siendo el más bajo de todos.

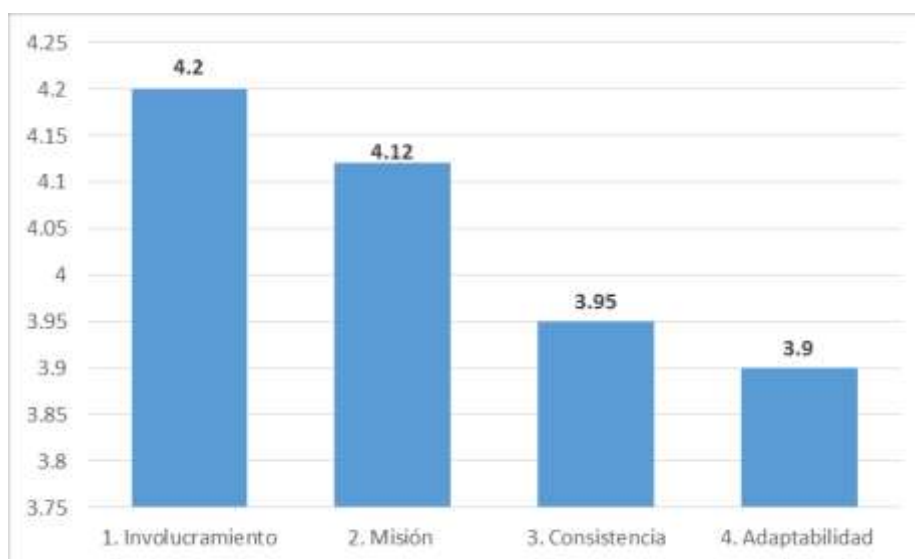


Figura 1. Promedio general de las dimensiones.

Respecto a la dinámica de la organización y la orientación de la misma en la Figura 2 se presenta el promedio general de los resultados globales de la dinámica de la organización.

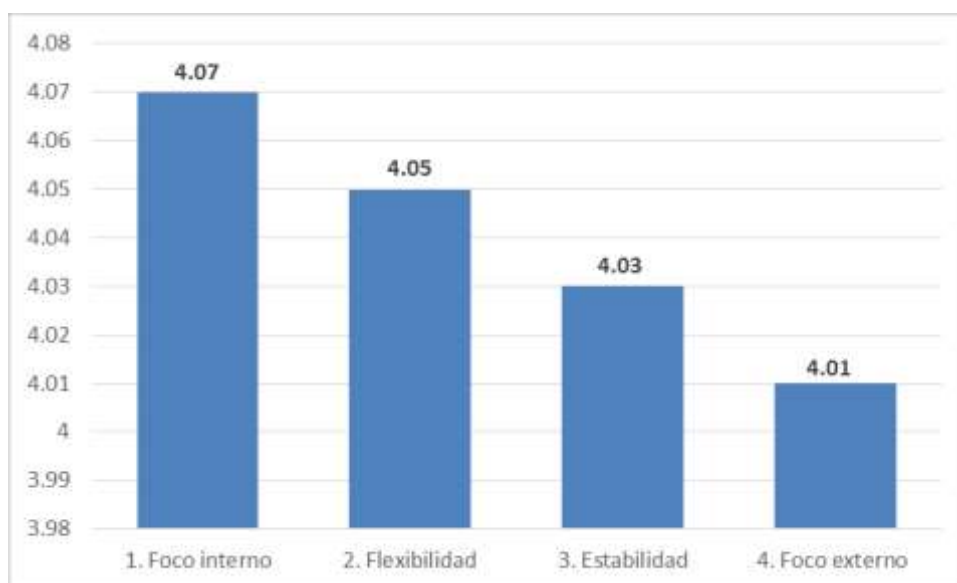


Figura 2. Promedio general de los resultados globales de la dinámica de la organización.

Como se puede observar en la figura antes mencionada, que la organización muestra un enfoque interno y flexibilidad.

En la Tabla 1 se describen los resultados obtenidos por dimensión, con los respectivos enunciados de las preguntas.

Tabla 1. Resultados obtenidos por dimensión con sus respectivos factores.

Dimensión	Factor
Involucramiento	4.20
Empoderamiento	4.37
1. La mayoría de los empleados están muy comprometidos con su trabajo.	4.41
2. Las decisiones se toman con frecuencia en el nivel en donde se dispone de la información más adecuada.	4.23
3. La información se comparte ampliamente para que esté disponible para todos cuando la necesiten.	4.28
4. El personal de la empresa cree que puede tener un impacto positivo en su grupo de trabajo.	4.51
5. La planeación de nuestro trabajo es continua que involucra a todos en cierto grado.	4.44
Orientación al equipo	4.38
6. Se fomenta activamente la cooperación entre los diferentes grupos de esta organización	4.18
7. Trabajar en esta empresa es como formar parte de un equipo.	4.64
8. Las tareas se realizan gracias al trabajo en equipo, no a la jerarquía o a los jefes que vigilan.	4.38
9. Los grupos y no los individuos son los principales pilares de esta compañía.	4.18
10. El trabajo se organiza de modo que cada persona entienda la relación entre su trabajo y los objetivos de la organización.	4.54
Desarrollo de Capacidades	3.83
11. La autoridad se delega de modo que las personas puedan actuar por sí mismas.	3.92
12. La capacidad de las personas está mejorando constantemente.	4.44
13. La empresa invierte continuamente para mejorar las destrezas de sus empleados.	4.21
14. La capacidad de las personas es vista como una fuente importante de ventaja sobre los competidores.	4.36
15. A menudo surgen problemas porque no tenemos las habilidades necesarias para realizar el trabajo.	2.23
Consistencia	3.95
Valores centrales	4.12
16. Los jefes de la empresa hacen lo que dicen sobre las actividades a realizar en su área de trabajo.	3.90
17. Existe un estilo de dirección característicos con un conjunto de prácticas distintivas.	3.85
18. Existe un conjunto de valores claro y consistente que rige la forma en que nos conducimos.	4.33
19. Ignorar los valores esenciales de la empresa te ocasionará problemas.	4.21
20. Existe un código ético que guía nuestro comportamiento y nos indica lo que debemos o no debemos hacer.	4.33
Acuerdo	3.86
21. Cuando existen desacuerdos, trabajamos intensamente para encontrar soluciones donde todos ganen.	4.33
22. Las creencias, costumbres, valores y formas de hacer las cosas son compartidos por todo el personal de la organización.	4.31
23. Nos resulta fácil llegar a un acuerdo aún en temas difíciles.	3.82
24. A menudo tenemos problemas para alcanzar acuerdos en asuntos clave.	2.62
25. Existe un acuerdo claro sobre la forma correcta o incorrecta de hacer las cosas.	4.21
Coordinación e Integración	3.87
26. Nuestra manera de trabajar es consistente y predecible.	4.23
27. Las personas que están en diferentes áreas de la organización comparten una perspectiva en común.	3.97
28. Es fácil coordinar proyectos entre las diferentes áreas de la organización.	4.18
29. Trabajar con una persona que está en otra área de esta organización es como trabajar con alguien de otra organización.	3.10
30. Existe una buena alineación de objetivos entre los diferentes niveles de jerárquicos.	3.85

Tabla 1. Resultados obtenidos por dimensión con sus respectivos factores (Continuación).

Dimensión	Factor
Adaptabilidad	3.90
Creación de cambio	3.85
31. La forma de hacer las cosas es flexible y fácil de cambiar.	3.82
32. Respondemos bien a los cambios del entorno.	4.36
33. Continuamente se adoptan métodos nuevos y mejorados para realizar el trabajo.	4.26
34. Generalmente hay resistencia a las iniciativas que surgen para realizar cambios.	2.82
35. Las diferentes áreas de la organización generalmente cooperan entre sí para introducir cambios.	3.97
Enfoque en el Cliente	3.90
36. Los comentarios y recomendaciones de los clientes a menudo conducen a introducir cambios.	4.49
37. La información sobre nuestros clientes influyen en nuestras decisiones.	4.28
38. Todos los miembros de la organización comprenden a fondo los deseos y las necesidades de nuestro entorno.	4.23
39. Nuestras decisiones ignoran con frecuencia los intereses de los clientes.	2.18
40. Fomentamos el contacto directo de nuestra gente con los clientes.	4.31
Aprendizaje organizacional	3.97
41. Consideramos el fracaso como una oportunidad para aprender y mejorar.	4.18
42. Tomar riesgos e innovar son fomentados y recompensados.	3.82
43. Muchas ideas importantes pasan desapercibidas.	2.74
44. El aprendizaje es un objetivo importante en nuestro trabajo cotidiano.	4.56
45. Nos aseguramos que el esfuerzo realizado logre los resultados esperados por la empresa.	4.54
Misión	4.12
Dirección e integración estratégica	4.01
46. En la organización existe dirección y una orientación a largo plazo.	4.13
47. Nuestra estrategia sirve de ejemplo a otras organizaciones.	4.41
48. Esta empresa tiene una misión clara que le da significado y dirección a nuestro trabajo.	4.62
49. Esta organización tiene una estrategia clara para el futuro.	4.59
50. No es clara la dirección estratégica de la organización.	2.31
Metas y objetivos	4.30
51. Existe un acuerdo generalizado sobre las metas a cumplir.	4.41
52. Mi jefe inmediato fija metas ambiciosas pero realistas.	4.05
53. El personal directivo nos conduce hacia los objetivos que tratamos de alcanzar.	4.23
54. Comparamos continuamente nuestro progreso con los objetivos fijados.	4.36
55. Las personas de esta organización comprenden lo que hay que hacer para tener éxito a largo plazo.	4.46
Visión	4.03
56. Tenemos una visión compartida de cómo será esta organización en el futuro.	4.41
57. Los jefes y gerentes tienen una perspectiva a largo plazo.	4.36
58. Las ideas a corto plazo a menudo comprometen la visión a largo plazo de la organización.	3.61
59. La visión de la organización genera entusiasmo y motivación entre nosotros.	4.00
60. Cumplimos con las exigencias a corto plazo sin comprometer nuestra visión a largo plazo.	3.79

A continuación se presentan los resultados comparativos de cada una de las variables o índices de comportamiento según la dimensión analizada y descrita en la Tabla 1.

Respecto a la dimensión de involucramiento se encontró que la variable con mayor puntaje es la de orientación al equipo con 4.38, seguida de cerca con la de empoderamiento (4.37) con una diferencia de .01, en contraste con la de desarrollo de capacidades de 3.83.

Una organización orientada al equipo alienta a los miembros a apoyarse mutuamente en el logro de los objetivos y los motiva a generar ideas creativas. El empoderamiento permite el esclarecimiento de las áreas pueden tomar decisiones, tener injerencia, o delimitan aquellas cuya responsabilidad está más allá de su alcance. El puntaje bajo de desarrollo de capacidades requiere que la organización invierta en el desarrollo de habilidades del empleado, nuevos roles y/o responsabilidades.

Respecto al desarrollo de capacidades que como ya se mencionó anteriormente fue el más bajo, esta sección está conformada por las preguntas de la 11 a la 15 en el cuestionario utilizado. Se identifica un puntaje de 2.23 en lo que se refiere a la pregunta: “A menudo surgen problemas porque no tenemos las habilidades necesarias para realizar el trabajo”. En relación a la pregunta: “La autoridad se delega de modo de que las personas puedan actuar por sí mismas”.

En la dimensión de consistencia integrada ésta por los índices de comportamiento de coordinación e integración, acuerdo y valores centrales; se puede observar en la Tabla 1 que el factor más alto lo obtuvo valores centrales con 4.12. Una identificación con los valores centrales ayuda a los empleados y a los líderes a tomar decisiones coherentes y a comportarse de una manera consistente. El puntaje más bajo lo obtuvo el índice de comportamiento relacionado a acuerdos con un factor de 3.86, seguido de coordinación e integración con 3.87.

La Tabla 1 muestra una descripción más a detalle de los índices de comportamiento de la dimensión de consistencia. Respecto al índice de comportamiento de acuerdos, se observa que el factor más bajo se encuentra en la pregunta: “A menudo tenemos problemas para alcanzar acuerdo en asuntos clave”. En coordinación e integración en la pregunta relacionada a: “Trabajar con una persona que está en otra área de esta organización es como trabajar con alguien de otra organización”, se obtuvo un índice de comportamiento de 3.10 el cual es el más bajo en este rubro. En valores centrales el puntaje más bajo se obtuvo en la pregunta relacionada a: “Existe un estilo de dirección característico con un conjunto de prácticas distintivas” con un valor de 3.85.

La dimensión de adaptabilidad integrada por los índices de comportamiento relacionados al aprendizaje organizacional, enfoque al cliente y creación de cambio, se encontró que la creación de cambio obtuvo el puntaje más bajo de 3.85, y el más alto el aprendizaje organizacional con 3.97.

La creación del cambio es cuando las organizaciones que desean mejorar su desempeño aceptan nuevas ideas, están dispuestas a hacer las cosas de diferentes maneras y al mismo tiempo están preparándose para el futuro.

En lo que a los índices de comportamiento se refiere relacionados a la adaptabilidad, en el enfoque al cliente, se encontró que el factor más bajo lo obtuvo la pregunta relacionada a: “Nuestras decisiones ignoran con frecuencia los intereses de los clientes”, con un puntaje de 2.18. Respecto al aprendizaje organizacional está relacionado a los conocimientos que se obtienen de los éxitos y fracasos, tomar riesgos e innovar, y la oportunidad para aprender y mejorar. En este índice se encontró que el factor más bajo se tiene en las respuestas a la pregunta: “Muchas ideas importantes pasan desapercibidas” obteniendo un puntaje de 2.74. En relación a la creación del cambio se tiene que el puntaje más bajo lo obtuvo la pregunta: “Generalmente hay resistencia a las iniciativas que surgen para realizar cambios” con 2.82, seguida de: “La forma de hacer las cosas es flexible y fácil de cambiar” con 3.82, y las “Diferentes áreas de la organización generalmente cooperan entre sí para introducir cambios”, con 3.97

En relación a la dimensión de misión, integrada por los índices de comportamiento: visión, metas y objetivos y dirección e integración estratégica. En la Tabla 1 se puede observar que el factor más alto lo obtuvo metas y objetivos con 4.30, seguido por visión con 4.03, y el más bajo el de dirección e integración estratégica con 4.01. Esta última se refiere al establecimiento y priorización de las estrategias que permitan el logro de la visión.

Respecto al índice de comportamiento relacionado a la dirección e integración estratégica, se encontró que el factor más bajo lo obtuvo la pregunta: “No es clara la dirección estratégica de la organización”, con un puntaje de 2.31. La más alta la obtuvo la pregunta “Esta empresa tiene una misión clara que le da significado y dirección a nuestro trabajo”.

Comparando los resultados con el estudio de Velasco (2015) se encontró que en ambos estudios entre los de mayor puntaje se encuentra la misión, aunque en este estudio ocupa un segundo lugar, se tiene una discrepancia con el enfoque de la organización, en el primero se tiene un enfoque externo y en el segundo interno. En ambos estudios coincide la flexibilidad.

(b) Resultados del diagnóstico por áreas

1. Área de ventas.

En el área de ventas considerando la muestra de los 14 empleados se descubrió que la media adquirida en la dimensión de involucramiento fue de 4.15, en consistencia fue de 3.91, en adaptabilidad fue de 3.85, y en misión 4.11.

Al realizar el análisis de los resultados se puede observar que el factor más alto del área fue el involucramiento con 4.15 y el más bajo fue el de adaptabilidad con 3.85. De la misma forma se encontró que el foco interno fue de 4.03, el cual es mayor al externo. En relación a la estabilidad y flexibilidad el factor casi quedó igual con una diferencia de .01.

2. Área de mercadotecnia.

En cuanto a los resultados derivados del área de mercadotecnia con una muestra de 4 empleados se presentan las siguientes dimensiones: involucramiento 4.33, consistencia 4.08, adaptabilidad 4.20 y misión 4.57. En la figura 2 se presenta el promedio general de los resultados.

En esta área se encontró que la dimensión más alta se obtuvo en misión con 4.57 y la más baja fue la de consistencia con 4.08. En relación a la estabilidad y flexibilidad el factor casi quedó igual con una diferencia de 0.06. La orientación externa obtuvo un puntaje de 4.38, el cual es mayor al interno.

3. Área administrativa.

Considerando los resultados derivados del área administrativa de una muestra de 2 empleados se encontró que la media en cada una de las dimensiones fue la siguiente: involucramiento 4.07, en consistencia 4.13, en adaptabilidad 4.28 y en misión fue de 4.27.

Los resultados conseguidos muestran que las variables de adaptabilidad y misión obtuvieron un puntaje casi igual con una diferencia de .01, y el puntaje más bajo fue en involucramiento de 4.07. Se observa que el foco externo tiene un factor de 4.27, el cual es mayor que el interno. En lo que a estabilidad es de 4.02 la cual es menor a flexibilidad con 4.17.

4. Área de refacciones.

Respecto al área de refacciones los resultados obtenidos de una muestra de 3 empleados fueron los siguientes: involucramiento 4.16, consistencia 4.00, adaptabilidad 3.82 y misión 4.16.

Tomando en cuenta los resultados el factor más alto se encuentra entre misión e involucramiento los cuales se mantienen igual con 4.16, y el más bajo fue adaptabilidad con 3.82. El foco externo obtuvo el factor de 3.99 el cual es menor que el foco interno que es de 4.08. También en lo que respecta a estabilidad con 4.08 es mayor que la obtenida en flexibilidad de 3.99.

5. Área de carrocería y pintura.

Considerando los resultados obtenidos en el área de carrocería y pintura de una muestra de 5 empleados se deriva que la media obtenida en cada una de las dimensiones fue la siguiente: involucramiento 4.08, en consistencia 3.99, en adaptabilidad 3.81 y misión 4.19.

Los resultados conseguidos muestran que la dimensión más alta se obtuvo en misión con 4.19 y la más baja fue la de adaptabilidad. En relación a estabilidad se observa un puntaje de 4.09, mayor al de flexibilidad. De la misma forma se encontró que el foco interno es de 8.07 mucho mayor al externo.

6. Área de servicio taller.

Los resultados obtenidos en el área de servicio taller de una muestra de 9 empleados se derivan las siguientes dimensiones: involucramiento 4.17, en consistencia 3.81, en adaptabilidad 3.81 y misión 3.87. La figura 6 se expone el promedio general de los resultados del área de servicio taller.

En esta área se derivó que la dimensión más alta se obtuvo en involucramiento con 4.17 y en cuanto a la más baja adaptabilidad y consistencia se encuentran igual con 3.81. En relación a la flexibilidad se puede observar una mayor orientación con 3.99 en cuanto a la obtenida en estabilidad con 3.84. El foco interno fue de 3.99, el cual es mayor al foco externo con 3.84.

7. Otras áreas.

En lo que a otras áreas se refiere los resultados conseguidos de una muestra de 2 empleados fueron en involucramiento 4.47, en consistencia 3.93, en adaptabilidad 3.70 y en misión con 3.87.

Como se puede detectar el factor más alto está en involucramiento con 4.47 y el menor en adaptabilidad con 3.70. El foco interno cuenta con un valor de 4.2, el cual es mayor que el foco externo que es de 3.78. Se puede ver que en flexibilidad con 4.08, es mayor a estabilidad con 3.9.

Conclusiones

El objetivo de la presente investigación que se planteó al inicio se cumplió dado que se realizó un diagnóstico de la cultura organizacional de una agencia automotriz de Ciudad Obregón para la identificación de las características que la conforman e influyen en su desempeño. Lo anterior dio respuesta al planteamiento: ¿Cuáles son las características de la cultura organizacional de una agencia automotriz?

Los resultados globales del diagnóstico muestran las siguientes características de la cultura organizacional de la empresa en estudio que obtuvieron un puntaje más alto: orientación interna y flexibilidad; involucramiento, específicamente orientación al equipo y empoderamiento. En misión se encontró una orientación a las metas y objetivos. Aun cuando el puntaje en estas dos dimensiones fue el más alto respecto a la adaptabilidad y consistencia, se detectó que el índice de comportamiento relacionado al desarrollo de capacidades que corresponde al involucramiento, obtuvo un puntaje bajo, ya que dio como resultado que a menudo surgen problemas porque no tienen las habilidades necesarias para realizar el trabajo. Se identificó un área de mejora respecto a la delegación de autoridad. En misión se encontró que no es clara la dirección estratégica de la organización

Las áreas de oportunidad o mejora considerando los resultados globales se encuentran en adaptabilidad y consistencia. Respecto a la adaptabilidad en el índice de comportamiento de enfoque al cliente, se encontró que las decisiones tomadas ignoran con frecuencia los intereses de los clientes. En creación de cambio se halló una resistencia a las iniciativas para realizar cambios, también falta flexibilidad en la forma de hacer las cosas y de facilidad para realizar cambios y una falta de cooperación en las áreas para introducir los mismos. En el índice de comportamiento de aprendizaje organizacional el área de oportunidad detectada fue que muchas ideas importantes pasan desapercibidas. Falta fomentar y recompensar la innovación.

En consistencia se encontraron áreas de oportunidad en el índice de comportamiento relacionado a acuerdos dado que surgen problemas para lograr acuerdos en asuntos clave. En coordinación e integración se encontró que no es fácil trabajar con una persona que se encuentra en otra área distinta a la suya, existiendo una falta de alineación de objetivos en los diferentes niveles jerárquicos. No se encontró un estilo de dirección característico con prácticas distintivas. Se encontró una falta de congruencia entre lo que dicen los jefes que se va a hacer en el área de trabajo y la actividad que se hace en la misma.

Los resultados por áreas de la empresa muestran las siguientes características de la cultura:

- En ventas predominó el involucramiento y la misión, con una orientación interna. Existe flexibilidad y estabilidad; sin embargo es necesario mejorar en adaptabilidad y consistencia.
- En mercadotecnia se caracteriza por una orientación al exterior, con un elevado involucramiento y orientación a la misión; existe flexibilidad y estabilidad. En lo que al área administrativa se refiere prevalece la adaptabilidad y misión, una orientación hacia el exterior. En refacciones prevaleció el involucramiento y la misión, se encontró un área de oportunidad en adaptabilidad y consistencia, así como en flexibilidad. En carrocería y pintura predominó el involucramiento y la misión, una necesidad de mejora en adaptabilidad y consistencia, así como en flexibilidad. En servicio taller hay involucramiento, se requiere mejorar en adaptabilidad, consistencia y misión, así como una mayor estabilidad. En lo que a otras áreas se refiere existe un elevado involucramiento y una orientación interna.

Se recomienda desarrollar las competencias del personal identificando aquellos conocimientos y habilidades requeridos para la mejora del desempeño, promover al aprendizaje organización mediante acciones que permitan la aportación de ideas y la innovación, promover que la misión, visión y valores sean compartidos por todos el personal.

Referencias

- Bonavia, T. & Prado Gasco, V. J. & Barberá Tomás, D. (2009). Adaptación al castellano y estructura factorial de Denison Organizational Culture Survey. *Phicotema*. 633-638. Recuperado de: <http://www.psicothema.com/pdf/3683.pdf>
- Hellriegel, D. & Slocum, J. (2009). Comportamiento organizacional. (12ª ed.) México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V
- Hofstede, G. & Hofstede, G.J. & Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations. Software of the mind*. 3rd edition. United States of America: McGraw-Hill.
- Jones, G. (2008). Teoría organizacional. Diseño y cambio en las organizaciones. (5aed.) México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Ritter, M. (2008). Cultura organizacional. (1aed.) Argentina: Editorial DIRCOM
- Rodríguez, N. y Latorre, V. (2011). Cultura y liderazgo en la industria de la construcción chilena. *Revista de la Construcción*, Vol. 10, pp 64-74.
- Shein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership*. 4th edition. United States of America: Jossey-Bass.
- Trompenaars, F. y Hampden-Turner C. (2012). *Riding the waves of culture. Understanding diversity in global business*. United States of America: McGraw-Hill.
- Velasco Cepeda, R.I (2015). *Modelo de cultura organizacional y alineación estratégica para una maquiladora de exportación*. México: Instituto Tecnológico de Sonora.

Capítulo XVII. Orientación temporal y promedio de egreso de bachillerato de estudiantes de primer año de Psicología

Laura Fernanda Barrera Hernández¹, Mirsha Alicia Sotelo Castillo¹, Sonia Beatriz Echeverría Castro¹, Blanca Silvia Fraijo Sing², Daniel González Lomelí² y Rocío Anaís Barrera Hernández¹

¹Departamento de Psicología, Instituto Tecnológico de Sonora

²Departamento de Psicología y Ciencias de la Comunicación, Universidad de Sonora*
Ciudad Obregón, Sonora, México. mirsha.sotelo@itson.edu.mx

Resumen

La presente investigación es de tipo transversal, no experimental y correlacional, su propósito fue identificar la orientación temporal de los estudiantes de psicología, y relacionar la ésta con el promedio de egreso de bachillerato. Participaron 62 estudiantes de Psicología, 64.5 % mujeres y 35.5% hombres, con una media de 19.39 años. Se aplicó el Instrumento de Perspectiva Temporal elaborado de Zimbardo y Boyd (1999) en una versión adaptada por Corral et al. (2003) que constó de 21 reactivos en escala Likert con 5 opciones de respuesta que van de muy poco aplicable (1) hasta (5) bastante aplicable. Las perspectivas temporales medidas fueron: Pasado Positivo, Pasado Negativo, Presente Hedonista, Presente Fatalista y Futuro. Los resultados de la presente investigación muestran que los estudiantes poseen propensión al Futuro, lo que indica que suelen cumplir con los plazos que están por vencerse y anteponer la diversión para cumplir a tiempo con sus obligaciones; y al Pasado positivo, a partir de lo cual se infiere que predominan los recuerdos positivos sobre los negativos respecto a su pasado. Asimismo se encontró una relación positiva y significativa entre el promedio de bachillerato y la orientación al Futuro.

Introducción

Tratar con el tiempo es una característica fundamental de la experiencia humana, tanto objetiva o el llamado tiempo de reloj, como subjetiva a través de construcciones personales de tiempo (Boniwell y Zimbardo, 2004).

El supuesto principal de la teoría de la perspectiva de tiempo, asume que la conducta es influenciada por el cómo los individuos asocian su pasado, presente y futuro a su comportamiento (Van Beek, Berghuis, Kerkhof, & Beekman, 2011). Corral (2010) indica que para la mayoría de los individuos el tiempo es fundamental debido a que conocen que es finito, y por ello realizan cálculos de su duración para planear su vida, el uso de ese tiempo dependerá de la manera como las personas perciban a esta entidad.

Martínez (2004) realizó una investigación en población general española, acerca de actitudes temporales, donde destaca que la actitud hacia el futuro presentó la media más alta

($M=5.5$, $DE=0.74$), seguida por la actitud hacia el pasado ($M=5.09$, $DE=0.69$), y hacia el presente ($M=5.15$, $DE=0.63$), lo que demostraba una actitud predominantemente optimista frente a la vida y en particular frente al futuro.

En la investigación de Worrell & Mello (2007) se encontraron las direcciones esperadas en cuanto a las interrelaciones entre las subescalas del ZTPI, donde el Pasado Negativo se correlacionó de manera positiva con el Presente Hedonista ($r=.24$) y el Presente Fatalista ($r=.46$), y a su vez, el presente fatalista se relacionó con Presente Hedonista ($r=.35$) y negativamente se correlacionó con la escala de Futuro ($r=.24$).

Otras investigaciones presentan entre sus hallazgos que las mujeres presentan puntuaciones mayores en Pasado Positivo y Futuro (Zimbardo y Boyd, 1999). Díaz-Morales (2006) encontró diferencias en función de la edad y el sexo, donde los grupos de más edad estaban más orientados al Futuro y menos al Presente Hedonista, y las mujeres, estaban más orientadas que los hombres al Pasado Negativo, Pasado Positivo y Presente Fatalista. Asimismo Van Beek, Berghuis, Kerkhof, & Beekman (2011) reportan que las personas que son capaces de centrarse en los recuerdos agradables, un alto puntaje en Pasado Positivo tienen una mayor probabilidad de reportar menos problemas de personalidad.

En un estudio acerca de las actitudes temporales y satisfacción con la vida se observó que son constructos estrechamente ligados entre sí, al encontrarse relaciones significativas entre la satisfacción con la vida, el pasado y el futuro y de manera sobresaliente con el presente (Martínez, 2004).

Corral-Verdugo, Fraijo-Sing y Pinheiro (2006) describen que las perspectivas temporales de las personas influyen en su compromiso para actuar de una manera favorable al medio ambiente, encontraron que la orientación al presente afecta negativamente al ahorro de agua, que este ahorro no se correlacionó con la orientación al pasado, pero que sí se relacionó con la orientación al futuro y de manera positiva.

Oyanadel & Buela-Casal (2014) encontraron que las personas con mayor orientación negativa al pasado presentan peor salud mental, sus estados emocionales influyen más en sus actividades, perciben mayor dolor corporal y su calidad de vida de salud física es más negativa.

Asimismo, diversos estudios se han realizado centrándose únicamente en la Perspectiva Temporal Futura (PTF), una de ellas realizada por Crespi & Mikulic (2011) en personas con libertad condicional reflejó la existencia de una PTF restringida, caracterizada por una escasa cantidad de metas.

La perspectiva temporal se ha correlacionado con una gran cantidad de conceptos psicológicos y sociológicos (Corral-Verdugo & Pinheiro, 2004). Es así que la perspectiva temporal ha sido estudiada relacionándola con múltiples variables entre ellas satisfacción con la vida (Zuzanek, 1998; Zimbardo y Boyd, 1999; Martínez, 2004; Palgi & Shmotkin, 2010), trastornos psicológicos, personalidad (Lennings, Burns & Cooney, 1998; Adams & Nettle, 2009), conductas proambientales (Corral-Verdugo & Pinheiro, 2004; Corral-Verdugo, Fraijo-Sing y Pinheiro 2006) y con indicadores académicos, tales como las investigaciones de Bowles (1999) acerca de orientación temporal, autoconcepto y rendimiento académico; Brown & Jones (2004) con su estudio de orientación al futuro, compromiso académico y desempeño académico y la de orientación al futuro y aprendizaje autorregulado (Bembenutty & Karabenick, 2004), entre otras.

Entre los hallazgos de investigaciones en el área educativa, Zimbardo y Boyd (1999) indicaron que el énfasis en la orientación hacia el futuro se relaciona positivamente con el promedio de calificaciones y horas de estudio por semana en una muestra de estudiantes universitarios.

En esta misma línea González, Maytorena, Lohr y Carreño (2006) encontraron efectos directos e indirectos entre propensión al futuro, morosidad en tareas escolares y el desempeño académico en estudiantes universitarios.

Dado lo anterior el objetivo del presente estudio es identificar la orientación temporal que presentan los estudiantes Psicología de primer año con la finalidad de identificar características y formas de actuar de los alumnos; así como relacionar dichas perspectivas temporales con el promedio de egreso de bachillerato.

Fundamentación teórica

La orientación temporal es una variable psicológica fundamental, pues inunda todos los aspectos del comportamiento humano. La orientación al pasado, presente y futuro permite

descomponer y organizar en diferentes marcos temporales el flujo continuo de la conducta, dándole sentido y coherencia (Díaz-Morales, 2006).

La perspectiva de tiempo es un importante pero sutil constructo cognitivo subyacente a la personalidad, toma de decisiones y establecimiento de metas, existen tres dimensiones temporales: extensión temporal, actitud temporal y la estructura temporal (Lennings, Burns & Cooney, 1998).

La perspectiva temporal, es un proceso inconsciente en el cual la continua sucesión de eventos se distribuye en clases temporales para otorgar orden, coherencia y significado. Los marcos de tiempo: pasado, presente y futuro, ayudan a codificar, almacenar, y recordar situaciones experimentadas, metas, contingencias, y contextos imaginados. Una perspectiva temporal balanceada ayuda al uso de diferentes orientaciones de tiempo de acuerdo al tiempo que sea pertinente (Corral, 2010).

Corral-Verdugo, Fraijo-Sing, Pinheiro (2006) mencionan que uno de los instrumentos más utilizados en la medición de la orientación o perspectiva temporal de los individuos, es el Inventario de Perspectiva Temporal de Zimbardo (IZPT) el cual evalúa diferencias individuales en términos de orientaciones hacia un pasado positivo o negativo, un presente fatalista o hedonista y tendencia hacia el futuro. Es entonces, que mediante un análisis factorial exploratorio y confirmatorio se conforma esta escala de cinco factores: Pasado negativo, Pasado positivo, Presente fatalista, Presente hedonista y Futuro, que constituyen el Inventario de Perspectiva, descritos por Zimbardo y Boyd (1999). A continuación se describe cada uno de los factores:

Pasado negativo. Donde las personas con puntuaciones elevadas, presentan tendencias a centrarse en eventos dolorosos o displacenteros que les ocurrieron, o que creen que les ocurrieron, ellos tienden a ser ansiosos, desconsiderados, depresivos, apáticos, y poco amistosos.

Pasado positivo. Se refiere a la captura eventos o percepciones del pasado ligadas a situaciones felices, y donde los individuos con sesgo hacia esta orientación temporal son agradecidas, conscientes, creativos, amistosos, y a no deprimirse.

Presente fatalista. Esta perspectiva temporal involucra vivir el ahora a expensas de la suerte o de la voluntad de otros. Las personas con esta orientación generalmente poseen baja autoestima, ansiedad, infelicidad, depresión, irresponsabilidad y poca estabilidad emocional.

Presente hedonista. Las personas con este sesgo tienden a disfrutar el aquí y el ahora, sin preocuparse por el pasado o por el futuro, estos individuos tienden a ser sensuales, la búsqueda de gratificación en el momento, habitualmente son impulsivos, buscadores de sensaciones y riesgos, felices y despreocupados.

Futuro. La orientación al futuro sugiere que a conducta es determinada por la aspiración a metas y recompensas futuras, se presenta en personas que son buenas para establecer y alcanzar metas, para planear estrategias, y para cumplir con obligaciones a largo plazo. Ellas tienden a evitar conductas y situaciones de riesgo, y a establecer objetivos futuros, estas personas son conscientes, controladas, organizadas, creativas, confiables y responsables.

El énfasis relativo o el enfoque habitual en cualquiera de estos marcos temporales son a menudo sesgados hacia un exceso de uso de algunos de ellos (Boniwell y Zimbardo, 2004). Una perspectiva temporal equilibrada es el estado y el proceso en curso de ser capaz de cambiar de manera flexible entre estos marcos de tiempo, como más se adecúe a las exigencias de la configuración actual del comportamiento (Zimbardo y Boyd, 1999).

Metodología

El diseño de la investigación realizada fue de tipo no experimental transeccional, correlacional.

Participantes. Se trabajó con una muestra intencional no probabilística, la cual estuvo compuesta por 62 estudiantes (64.5 % mujeres y 35.5% hombres) que cursaban la materia de Metodología de la Investigación, que corresponde al segundo semestre del plan de estudios 2009 de la carrera de Psicología. La edad de los participantes iba de los 18 a los 33 años, con una edad promedio de 19.39 años (DE = 2.17). El 87.1% de los estudiantes no trabaja y un 12.9% si trabaja.

Instrumento. Se aplicó el Instrumento de Perspectiva Temporal elaborado de Zimbardo y Boyd (1999) en una versión adaptada por Corral et al. (2003), el cual mide las escalas de pasado positivo, pasado negativo, presente hedonista, presente fatalista y futuro. Consta de 21 reactivos con 5 opciones de respuesta que van de muy poco aplicable (1) hasta (5) bastante aplicable.

Procedimiento. El instrumento se aplicó en el aula de clases, previa autorización del profesor, asimismo se solicitó la colaboración de los estudiantes explicándoles el objetivo de la investigación indicando que la participación era voluntaria, los estudiantes firmaron su consentimiento. Una vez recolectados los datos se procedió a realizar la captura de la información en el programa estadístico SPSS versión 21.0 para el análisis de los resultados.

Resultados y discusión

Respecto a los resultados a nivel grupal, los estudiantes reportan un promedio calificación de egreso de preparatoria entre 62 a 100, con una media de 87.50 (DE=7.76).

Por otra parte, se obtuvieron los resultados de la escala de perspectiva temporal, donde se encontraron medias más altas en las sub escalas de Futuro (3.93) y Pasado Positivo (3.92), y las medias más bajas corresponden a las escalas de Presente Fatalista (1.81) y Pasado Negativo (2.13), lo cual indica que los estudiantes que participaron presentan una mayor orientación mayor al futuro y al pasado positivo.

Tabla 1. Medias de subescalas de Perspectiva temporal.

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Pasado Positivo	2.00	5.00	3.9274	.72058
Pasado Negativo	1.00	5.00	2.1344	.96469
Presente Hedonista	1.14	4.29	2.6310	.62527
Presente Fatalista	1.00	3.67	1.8118	.71574
Futuro	1.75	5.00	3.9328	.70466

Las medias de los ítems de la subescala Pasado Positivo estuvieron entre 3.48 y 4.23 lo que indican puntajes promedios que aplican a la forma de pensar de los estudiantes, el reactivo que puntuó más alto en esta escala fue *Los recuerdos alegres de buenos tiempos brotan con facilidad en la mente.*

Tabla 2. Medias de reactivos de subescala de Pasado Positivo.

	Min	Max	Media	Desv. típ.
PP1. Los lugares familiares de la infancia, sus sonidos y olores frecuentemente me traen mucho recuerdos maravillosos	1	5	4.13	1.016
PP2. Me da placer pensar sobre mi pasado	1	5	3.48	1.156
PP4. En general, en mi pasado existen muchas más cosas buenas que malas para recordar	1	5	3.87	1.079
PP9. Los recuerdos alegres de buenos tiempos brotan con facilidad en la mente	1	5	4.23	.982

En relación a los ítems de pasado negativo, los estudiantes presentaron medias cercanas a dos lo que indica que las situaciones de pasado negativo son poco aplicables a los participantes; el ítem con puntuación más baja tuvo una media de 2.10 y fue *Pienso sobre las cosas desagradables que acontecieron conmigo en el pasado*.

Tabla 3. Medias de reactivos de subescala de Pasado Negativo.

	Min	Max	Media	Desv. típ.
PN7. Reviso constantemente en mi mente experiencias pasadas dolorosas	1	5	2.19	1.171
PN11. Yo tuve mi parte de abuso y de rechazo en el pasado	1	5	2.11	1.175
PN20. Pienso sobre las cosas desagradables que acontecieron conmigo en el pasado	1	5	2.10	1.141

Las personas que obtienen medias altas en los reactivos de la escala de Presente hedonista suelen estar enfocadas a la satisfacción inmediata, a la búsqueda de placer entre otras cosas. Los ítems de esta subescala presentan medias de entre 1.61 siendo la media más baja en el ítem *La suerte da más que el trabajo duro*, a 3.52 en el ítem *Para mi es más importante disfrutar el desarrollo de la vida que focalizar en el punto de destino*.

Tabla 4. Medias de reactivos de subescala de Presente Hedonista.

	Min	Max	Media	Desv. típ.
PH3. Hago cosas de manera impulsiva	1	5	2.74	1.085
PH12. Tomo decisiones al calor del momento	1	5	2.79	1.026
PH13 Tomar riesgos hace mi vida menos enfadosa	1	4	2.43	1.072
PH14. Para mi es más importante disfrutar el desarrollo de la vida que focalizar en el punto de destino	1	5	3.52	1.004
PH18. Frecuentemente yo sigo a mi corazón más que mi cabeza	1	5	2.82	1.208
PH19. Yo me veo a mi mismo como alguien que se deja llevar por la emoción del momento	1	5	2.49	1.192
PH21. La suerte da más que el trabajo duro	1	4	1.61	.817

Las puntuaciones más bajas de todas las subescalas, se encontraron en los reactivos de la subescala de Presente fatalista, la cual refiere a actitudes fatalistas, de indefensión y sin

esperanza hacia el futuro o la vida; lo que indica que los estudiantes consideran que los indicadores de esta perspectiva temporal aplican muy poco a su manera de pensar o actuar. El ítem que puntuó más bajo en esta subescala fue *No tiene sentido preocuparse con el futuro, ya que al final de cuentas no hay nada que yo pueda hacer al respecto* con una media de 1.66

Tabla 5. Medias de reactivos de subescala de Presente Fatalista.

	Min	Max	Media	Desv. típ.
PF6. Ya que lo que tiene que pasar de cualquier pasará, lo que yo haga no importa	1	5	1.89	.977
PF15. La trayectoria de mi vida es controlada por fuerzas sobre las que yo no puedo influir	1	5	1.89	1.088
PF16. No tiene sentido preocuparse con el futuro, ya que al final de cuentas no hay nada que yo pueda hacer al respecto	1	5	1.66	.974

Las personas orientadas al futuro, actúan considerando alcanzar objetivos y beneficios que llegarán posteriormente, las medias de los reactivos de esta subescala fueron de 3.39 en el ítem *Termino mis proyectos a tiempo porque mantengo un constante avance de las actividades de ese proyecto*, a 4.18 en el ítem *Me incomoda llegar tarde a mis compromiso*, lo que señala que los estudiantes consideran que los ítems de esta subescala son más aplicables a su forma de pensar y actuar.

Tabla 6. Medias de reactivos de subescala de Futuro.

	Min	Max	Media	Desv. típ.
F5. Cumplir con los plazos que están por vencerse y hacer las tareas necesarias son cosas que vienen primero que la diversión	1	5	4.08	.980
F8. Me incomoda llegar tarde a mis compromisos	1	5	4.18	.958
F10. Cumpló a tiempo mis obligaciones con mis amigos y autoridades	2	5	4.10	.824
F17. Termino mis proyectos a tiempo, porque mantengo un constante avance de las actividades de ese proyecto	1	5	3.39	1.077

Asimismo, como parte del análisis de resultados se correlacionaron las subescalas de perspectiva temporal con el promedio de egreso de preparatoria de los estudiantes, los resultados revelaron una relación positiva y significativa entre el promedio de bachillerato y propensión al futuro. Por otra parte se encontraron relaciones significativas y positivas entre el Pasado negativo y el Presente fatalista, Presente fatalista y Presente hedonista, así como significativas y negativas entre Presente hedonista y futuro, y Presente hedonista y promedio de preparatoria.

Tabla 7. Matriz de correlaciones subescalas de perspectiva temporal y promedio de bachillerato.

	PP	PN	PH	PF	FU	PR
Pasado Positivo	1					
Pasado Negativo	-.049	1				
Presente Hedonista	-.031	.200	1			
Presente Fatalista	-.093	.362**	.266*	1		
Futuro	.226	-.217	-.324*	-.117	1	
Promedio Preparatoria	.074	-.102	-.248	-.281*	.307*	1

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Discusión

Los hallazgos de este estudio coinciden con los obtenidos por Martínez (2004) respecto a que en ambos estudios la media más alta se presentó en la orientación a futuro, seguida por el pasado. De igual forma, son congruentes con la investigación de Worrell & Mello (2007) debido a que se encontraron las direcciones esperadas en las interrelaciones entre las subescalas del ZTPI, donde el Pasado Negativo se correlacionó de manera positiva con el Presente Fatalista, y a su vez, el presente fatalista se relacionó negativamente con la escala de Futuro. También estos resultados de las relaciones entre los factores de la escala de Perspectiva temporal, son congruentes con lo propuesto por Zimbardo y Boyd (1999) al encontrarse relaciones significativas positivas entre el Pasado negativo y Presente fatalista, ya que estas orientaciones temporales son negativas; relaciones significativas negativas entre las subescalas Presente hedonista y Futuro, debido a que una persona que busca la satisfacción inmediata no espera al futuro para obtener las recompensas.

Se sugiere continuar esta línea de investigación con otros indicadores académicos, tales como motivación escolar, morosidad, horas dedicadas al estudio, entre otras, a fin de lograr una mayor comprensión de los estudiantes universitarios.

Conclusiones

El conocer la orientación temporal de las personas, ayuda a identificar características, y tendencias a actuar de los individuos. Esto puede ser efectivo en la investigación educativa, ya que puede ser predictor de variables como calificaciones, establecimiento de objetivos a corto, mediano y largo plazo, morosidad académica, y también, de otras variables psicológicas como bienestar, niveles de ansiedad o depresión, entre otros.

Los resultados de la presente investigación muestran que los estudiantes de psicología que participaron en la investigación poseen propensión al Futuro, lo que indica que suelen cumplir con los plazos que están por vencerse y anteponer la diversión para cumplir a tiempo con sus obligaciones; y al Pasado positivo, a partir de lo cual se infiere que predominan los recuerdos positivos sobre los negativos respecto a su pasado.

Por otra parte, al realizar esta investigación con estudiantes de primer año de universidad se consideró relacionar la Perspectiva temporal con el promedio de bachillerato de los alumnos, debido a que habían cursado pocas materias en universidad y su calificación global al momento podría estar influida en mayor medida por otros factores; a lo que se encontró una relación positiva y significativa entre el promedio y la orientación al Futuro; apoyando a los supuestos teóricos de la orientación al futuro, donde los individuos realizan sacrificios con la finalidad de obtener recompensas posteriores, en este caso su calificación.

Referencias

- Adams, J. & Nettle, D. (2009). Time perspective, personality and smoking, body mass, and physical activity: An empirical study. *British journal of health psychology*, 14(1), 83-105.
- Bembenutty, H. & Karabenick, S. A. (2004). Inherent association between academic delay of gratification, future time perspective, and self-regulated learning. *Educational Psychology Review*, 16, 35-57.
- Boniwell, I. y Zimbardo, P.G. (2004). *Balancing One's Time Perspective in Pursuit of Optimal Functioning*. In Linley, P. A. & Joseph, S. (Eds). *Positive psychology in practice*. Hoboken, NJ:Wiley
- Bowles, T. (1999). Focusing on time orientation to explain adolescent self-concept and academic achievement: Part II. Testing a model. *Journal of Applied Health Behavior*, 1, 1-8.
- Brown, W. T. & Jones, J. M. (2004). The substance of things hoped for: A study of the future orientation, minority status perceptions, academic engagement, and academic performance of Black high school students. *Journal of Black Psychology*, 30, 248-273.
- Corral, V. (2010). *Psicología de la sustentabilidad. Un análisis de lo que nos hace pro ecológicos y pro sociales*. México. Editorial Trillas.
- Corral, V., Frías, M., Pavlovich, S., Ibarra, D., Mejía, K., Rolón, L., Valdez, G. & Velarde, D. (2003). Correlatos de la conducta antisocial y del aprovechamiento escolar en

- estudiantes de secundaria: propensión al futuro, uso de la Internet y variables demográficas. *Investigaciones Educativas en Sonora*, 5, 55-70.
- Corral-Verdugo, V., & Pinheiro, J. (2004). Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable. *Medio ambiente y comportamiento humano*, 5(1), 1-26.
- Corral-Verdugo, V., Fraijo-Sing, B., & Pinheiro, J. Q. (2006). Sustainable behavior and time perspective: Present, past, and future orientations and their relationship with water conservation behavior. *Interamerican Journal of Psychology*, 40(2), 139-147.
- Crespi, M. C., & Mikulic, I. M. (2011). Reinserción social: estudio de la perspectiva temporal futura en sujetos que han recobrado su libertad. *Anuario de investigaciones*, 18, 401-408.
- Díaz-Morales, J. F. (2006). Estructura factorial y fiabilidad del Inventario de Perspectiva Temporal de Zimbardo. *Psicothema*, 18(3), 565-571.
- González, D. L., Maytorena, M. N., Lohr, F. E., y Carreño, E. C. (2006). Influencia de la perspectiva temporal y la morosidad académica en estudiantes universitarios. *Reobrevista Colombiana de Psicología*, 15(1), 15-24.
- Lennings, C. J., Burns, A. M., & Cooney, G. (1998). Profiles of time perspective and personality: Developmental considerations. *The Journal of Psychology*, 132(6), 629-641.
- Martínez, P. (2004). Perspectiva temporal futura y satisfacción con la vida a lo largo de ciclo vital. Tesis doctoral de la Universidad de Barcelona. Recuperada a partir de: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4747/pm1de1.pdf?sequence=1>
- Oyanadel, C., & Buela-Casal, G. (2014). Percepción del tiempo y psicopatología: Influencia de la orientación temporal en la calidad de vida de los trastornos mentales graves. *Actas Esp Psiquiatr*, 42(3), 99-107.
- Palgi, Y., & Shmotkin, D. (2010). The predicament of time near the end of life: Time perspective trajectories of life satisfaction among the old-old. *Aging & mental health*, 14(5), 577-586.
- Van Beek, W., Berghuis, H., Kerkhof, A., & Beekman, A. (2011). Time perspective, personality and psychopathology: Zimbardo's time perspective inventory in psychiatry. *Time & society*, 20(3), 364-374.
- Worrell, F. C., & Mello, Z. R. (2007). The reliability and validity of Zimbardo Time Perspective Inventory scores in academically talented adolescents. *Educational and Psychological Measurement*, 67(3), 487-504.
- Zimbardo, P. & Boyd, J. (1999). Putting Time in Perspective: a valid, reliable individual differences metric. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66, 742-752.
- Zuzanek, J. (1998). Time use, time pressure, personal stress, mental health, and life satisfaction from a life cycle perspective. *Journal of Occupational Science*, 5(1), 26-39.

Capítulo XVIII. Actitudes de los alumnos de química básica con laboratorio frente al material didáctico utilizado

Rosario Alicia Gálvez Chan, Olga Haydeé Gómez Ibarra y Ma. Lucía Ramírez Gutiérrez
Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. rgalvez@itson.edu.mx

Resumen

Para el aprovechamiento eficaz del material didáctico usado en el proceso aprendizaje de una materia teórica-práctica, es prioritario el adecuado diseño y selección por parte de los académicos así como la validación de los mismos mediante el establecimiento de una serie de planteamientos que logren la recopilación de información de carácter cuantitativo pero sin dejar de lado el saber ser y saber hacer. El objetivo de éste proyecto es el de establecer un punto de partida para la efectiva selección del material didáctico adaptado al enfoque por competencias, unificando criterios entre los académicos en pro de la eficiencia terminal de los alumnos del curso de química básica con laboratorio. Según Domínguez (2014), la buena selección de material didáctico facilita la enseñanza-aprendizaje, se caracteriza por despertar el interés del estudiante adaptándose a sus características, por facilitar la labor docente y, por ser sencillo, consistente y adecuado a los contenidos. La muestra estuvo constituida por 79 alumnos de primer y tercer semestre de Ingenierías de 4 grupos diferentes. Los resultados están interrelacionados conjuntiva y disyuntivamente con diferentes asociaciones y superan el 50% que considera pertinente el material recibido pero tiene que consultar videos y tutoriales existentes en la web. Se logró establecer un punto de partida para que, dentro de la academia de Química Básica, se diseñen instrumentos y material didáctico único considerando el enfoque institucional por competencias; se concluye en la necesidad académica de unificar tanto criterios como instrumentos evaluadores por competencia disminuyendo el fracaso universitario.

Introducción

En la cohorte Enero- Mayo 2016, se contaron con siete grupos de química básica con laboratorio, todos ellos con alumnado de las carreras de Ingeniería Industrial y de Sistemas, en Electrónica, Química, Ciencias Ambientales, Electromecánica, en Biosistemas, en Manufactura, en Mecatrónica y en Software; por lo que dentro del trabajo académico se requiere de material educativo y de apoyo relacionado con cada una de estas ingenierías y sin dejar de lado el enfoque por competencias por el cual se rige el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), dicho material es crucial para cumplir con el objetivo del programa curricular, que es el de formar recurso humano altamente calificado de manera integral, capaz de desarrollar y emprender soluciones tecnológicas innovadoras, con base en competencias laborales dentro de las áreas de la ingeniería.

Para validar el material didáctico usado en el proceso de aprendizaje de una materia teórica-práctica, es importante establecer una serie de planteamientos que logren la

recopilación de información pero sin dejar de lado el saber ser y saber hacer, por ello, el presente estudio de corte cualitativo, pretende dar a conocer la comparación de los resultados obtenidos a través de la aplicación de una encuesta de actitudes frente al material de apoyo del curso de química aplicada a grupos inscritos en la cohorte Enero- Mayo del 2016.

Durante la recopilación del material didáctico que servirá de ayuda para complementar el nuevo programa de curso y plan de clase de Química básica con laboratorio 2016, se perfiló la necesidad de conocer la opinión de los recientes alumnos de tal curso en su fase teórica, a cerca de la pertinencia, preferencias y eficacia del material recibido por parte de sus facilitadores a través de un instrumento tipo encuesta analítica comparativa, misma que serviría para la identificación áreas de oportunidad a resolverse en consenso por los académicos antes de iniciar un nuevo semestre. El objetivo de éste estudio es establecer un punto de partida para la efectiva selección del material didáctico adaptado al enfoque por competencias, unificando criterios entre los académicos en pro de la eficiencia terminal de los alumnos del curso de química básica con laboratorio.

Fundamentación teórica

Es de conocimiento general dentro de la educación universitaria el uso de material didáctico como herramienta fundamental en la enseñanza y en los últimos años han ido cobrando una creciente importancia en la educación contemporánea y en particular en las carreras donde la química solo se cursa una sola vez como es el caso de la ingeniería Industrial, electrónica, civil y todas aquellas donde la química no es de menester curricular en apariencia.

De acuerdo a Artigas (2005), la diferencia entre material educativo y material didáctico estriba en a quién está dirigido, esto es que el material educativo es esencialmente dirigido a maestros pues su objetivo es fijar la intencionalidad pedagógica, es decir que las personas que enseñen tengan claro qué es lo que tienen que enseñar; mientras que el material didáctico va directamente a las manos del alumno, de ahí su importancia de que funcione efectivamente como un mediador instrumental en el proceso educacional.

La realización del material que debe utilizar el maestro, exige que se considere que el alumno atienda las explicaciones a partir de instrucciones bien redactadas, otras más estriban

en el que el alumno debe ejecutar instrucciones precisas, otras otorgan mayor importancia al hecho de que el alumno elija lo que quiere hacer y por último, de acuerdo a Coll (2007), estas actividades intra y extra clase, que deben marcarse en el material de apoyo, se limitan a marcar una meta o un objetivo y el estudiante es invitado a buscar los instrumentos necesarios para alcanzarlo. En todos los casos expuestos se pretende la efectiva participación del alumno pero de acuerdo a estudios realizados por Coll (2007), “esto es indudable que no lo es de la misma manera” para todos.

Las afirmaciones de Pimienta (2011), están encaminadas a que los docentes requieren de una preparación especialmente pedagógica, como ninguna otra profesión lo necesita, una preparación holística, un profesor debe conocer muy bien el contenido de su material e indudablemente requiere saber mediarla en el aula de clase para un mayor aprovechamiento en los tiempos presenciales y de asignación al alumno. También Pimienta (2011) refiere que el mundo hipotético del joven estudiante se ve desarticulado, por la premura del tiempo para cubrir los contenidos, el docente no se detiene a explorar sus conocimientos previos, y sobre todo sus hipótesis; esto debe ser considerado dentro del material de apoyo a utilizarse.

De acuerdo a Zapata (2005), es importante que las herramientas usadas para la construcción del conocimiento sean capaces de integrar la ruptura, la estructuración y la comprobación privilegiando al menos una perspectiva cualitativa, aun cuando los diseños mixtos son útiles y fundamentales en la enseñanza de la Química. Por tanto es entendible la teoría como una estructura de conceptos articulados que deben ser planeados en una lectura de comprensión para después incorporar ejercicios que apliquen tales conceptos. Un ejemplo claro, según Zapata (2005), de cómo operan el poder y la ideología en el conocimiento científico son las relaciones que se establecen entre diferentes ciencias, tal es el caso de grupos donde se tienen estudiantes de carreras diversas con el mismo fin de aprender una sola materia.

Según García (2010), la educación por competencias implica colocar el centro del proceso educativo en la capacidad del educando para realizar las tareas básicas propias de la profesión. En este caso la competencia profesional se entiende como la integración del saber, del saber hacer y del saber ser, algunos enfoques de las competencias también incluyen el saber transferir, es decir, el desarrollo de la capacidad para el desenvolvimiento profesional

cuando cambian las condiciones o el contexto del ejercicio profesional. Y finalmente, el saber las consecuencias e implicaciones. La buena selección de material didáctico facilita la enseñanza-aprendizaje, y conforme a las aseveraciones de Domínguez (2014), se caracteriza por despertar el interés del estudiante adaptándose a sus características, por facilitar la labor docente y, por ser sencillo, consistente y adecuado a los contenidos. Es importante que todo el material de apoyo ponga al estudiante en el contexto moderno y actualizado del mundo laboral y de ese modo sea efectivo para su aprovechamiento, asumiendo responsabilidades personales e institucionales de tal suerte que como propone Sevillano (2006) “para ambos el aprendizaje será cuestión de supervivencia de forma continua y permanente”.

Aunado a esto, Pozo en el 2007, afirma que entre las condiciones necesarias para lograr el aprendizaje un requisito esencial es disponer de técnicas y recursos que permitan activar los conocimientos previos de los alumnos para confrontarlos con la nueva información, cuestión necesaria en la materia de química básica pues los conceptos vistos se retoman de la educación medio superior.

La Secretaría de Educación Pública (SEP,2010), afirma que el sistema educativo mexicano requiere mayor nivel de calidad con relevancia, pertinencia, equidad, integración, flexibilidad, adaptabilidad y compromiso social para responder a circunstancias en continua transformación, no solo dentro de país y sus diversas regiones, sino también, a las imperantes en el contexto internacional caracterizado por procesos de globalización. Por ello, la educación superior afronta el reto de propiciar, orientar y dar nuevos cursos, sustentándose en un claro compromiso con el futuro del país y la humanidad y esto en gran medida depende de las estrategias de enseñanza que adopte el docente de nivel superior, con material didáctico moderno disponible en plataformas virtuales que perpetúen su permanencia.

Es ampliamente conocido que una falla común del sistema educativo es la falta de práctica del estudiante ante la resolución de problemas, sin embargo, según Aguilar (2008), hay poca conciencia de que este problema tiene su fuente principal en las características de los materiales instruccionales utilizados, particularmente los textos y en el caso de química en los ejercicios aplicados correctamente para alcanzar el nivel de enseñanza aprendizaje necesario según la currícula.

Las posibles fallas en el diseño de los cuadernillos son que los ejercicios son escasos y meramente ilustrativos o bien numerosos y complicados para ser resueltos por alumnos sin ayuda alguna, por ello Aguilar (2008) nos dice que es vital “la organización y profundidad con que se aborden los diferentes tópicos”.

Afirmaciones de Gutiérrez y Prieto (2006) dicen que al diseñar ejercicios para la enseñanza de las ciencias, se debe cumplir con el requisito de enriquecer el texto, considerando la experiencia y el contexto del educando, sin dejar de lado el apoyo del facilitador proporcionado por la institución educativa quién además ofrece una orientación clara encaminada hacia el auto aprendizaje, el inter aprendizaje (textos compartidos, creación de redes y prácticas conjuntas), la evaluación y la autoevaluación; todo ello es fácil de lograr cuando se complementan la teoría y el laboratorio de una mismo ciencia exacta.

Por esta razón se hacen importantes cambios en el material educativo y didáctico de forma regular, pues en el enfoque por competencias los estudiantes deben tener mucha claridad del para qué, para quién, por qué y cómo es el aprendizaje significativo que debe adquirir.

Metodología

La muestra para éste estudio cualitativo, estuvo constituida por 79 alumnos de primer y tercer semestre de Ingenierías de 4 grupos diferentes inscritos en el semestre del ciclo Enero – Mayo del año 2016. Para la construcción del instrumento aplicado se siguieron los lineamientos de encuesta analítica comparativa de respuesta cerrada que propone Méndez, Namihira, Moreno y Sosa (1997) de tal suerte que permite comparar las respuestas de las variables que se miden; consistente en diez reactivos tipo likert con cinco opciones de respuesta que van desde una escala de frecuencia 1 siempre hasta 5 nunca.

Se estableció dentro del instrumento aplicado, un objetivo que cita “recabar información acerca del grado de motivación de alumnos de Ingeniería con relación a el material de apoyo recibido en el curso de química básica y así mejorar el aprendizaje de la materia” y en las instrucciones se hizo la aclaración de guardar anonimato con el afán de cumplir el objetivo establecido.

A continuación se exponen los ítems incluidos:

1. ¿Considera que la enseñanza de la Química Básica recibida es de utilidad para su carrera profesional?
2. ¿Cree usted que la utilización de lecturas seleccionadas por su facilitador, son suficientes como apoyo didáctico?
3. ¿Se encuentra satisfecho con el método de enseñanza de la química que tiene actualmente?
4. ¿Cree usted que le sería de mayor utilidad un cuadernillo de ejercicios para la comprensión de la materia de química que usted cursa?
5. ¿Considera a los videos educativos, encontrados en la red, más eficientes que las lecturas seleccionadas por su facilitador?
6. ¿Con qué frecuencia logra la comprensión de los temas de química recibidos en clase presencial?
7. ¿Se encuentra satisfecho con las horas de estudio que le dedica a las ciencias químicas dentro del horario escolar?
8. ¿Cuándo no logra comprender algún tema, considera que se debe a su falta de empeño con el cumplimiento de sus tareas?
9. ¿Cree que son justas, de acuerdo a su desempeño, la calificación que obtiene en esta materia de químicas básica?
10. ¿Cuándo no logra comprender algún tema, considera que se debe a a la falta de capacidad en la enseñanza de su maestro?

Se corrieron análisis de confiabilidad interna, tipo alpha de Cronbach para la escala de frecuencia considerada en el estudio con un resultado de 0.76 considerándose al instrumento lo suficientemente confiable para su análisis.

Resultados y discusión

Los datos obtenidos sirven de precedente para las consideraciones en el diseño del material didáctico por competencias a utilizarse en los próximos semestres dentro del plan de clase de Química Básica en ITSON y posterior implementación en todos los grupos de esta materia. En la Tabla 1, se muestran los resultados porcentuales de las respuestas por ítem.

Tabla 1. Datos obtenidos de la encuesta de actitud frente al material de apoyo del curso de química.

PORCENTAJES (%)					
ITEM	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	INDIFERENTE	CASI NUNCA	NUNCA
1	53	24	10	12	0
2	45	35	20	0	0
3	59	29	12	0	0
4	49	20	18	8	4
5	29	29	31	8	4
6	45	51	4	0	0
7	65	24	8	0	2
8	43	27	24	2	4
9	51	39	10	0	0
10	18	4	24	18	35

Fuente: elaboración propia basada en resultados de encuesta proporcionada por cada docente según grupos de Química Básica ITSON Nainari, cohorte E-M 2016.

Como se muestra en la tabla anterior en la respuesta de frecuencia “siempre” se obtuvieron los más altos porcentajes y en las dos últimas opciones “casi nunca” y “nunca” el promedio de respuesta fue menor. En la Figura 1 se muestra en barras las respuestas a la primer pregunta del cuestionario donde se establece la opinión de los alumnos con respecto a la importancia de la química para su carrera profesional.

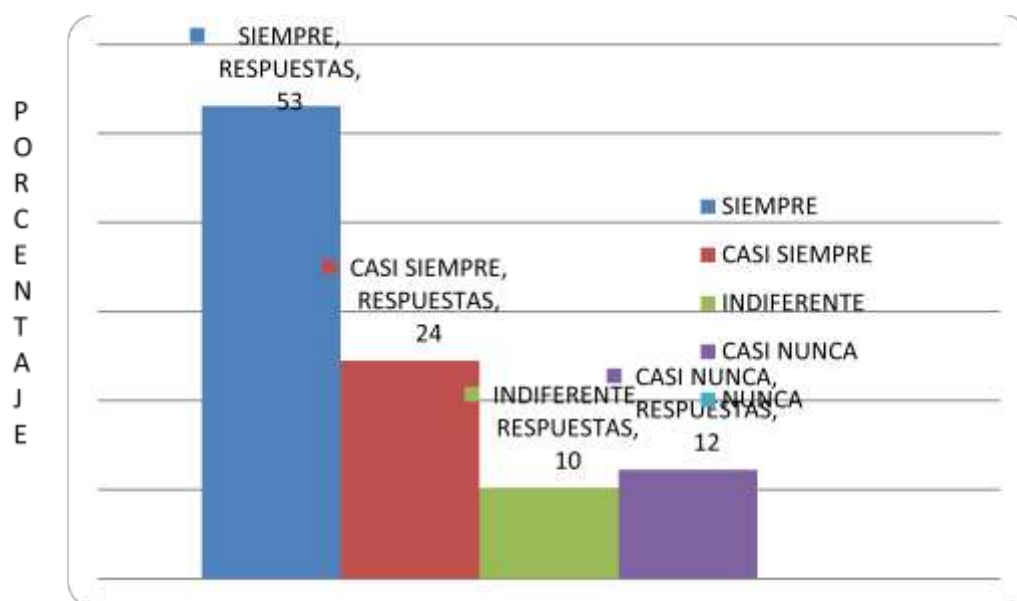


Figura 1. Frecuencia en las respuestas de la pregunta 1.

Fuente: Elaboración propia basada en los resultados de encuesta proporcionada por cada docente según grupos de Química Básica ITSON Nainari, cohorte E-M 2016.

En la Figura 1 se observa que más de la mitad de los encuestados considera que la enseñanza de la Química Básica recibida siempre es de utilidad para su carrera profesional. Tamaño de la muestra de 79 alumnos evaluados de 4 grupos diferentes.

Estos resultados dejan en claro que el estudiante, al terminar el curso, es consciente que la química es de interés en su formación profesional. Esto coincide con los estudios realizados por Zavala (2003), quien concluye que el desarrollo profesional de los futuros ingenieros se ve proyectado sin dejar a un lado la importancia de las ciencias exactas como fundamento para el desarrollo tecnológico.

Otro aspecto que se presenta en la figura 2, hace referencia a las respuestas obtenidas en el ítem 4 donde los estudiantes responden a si creen que les sería de mayor utilidad un cuadernillo de ejercicios para la comprensión de la materia de química, cabe mencionar que solo uno de los 4 cuatro grupos encuestados utilizó esta herramienta didáctica proporcionada por su facilitador, y de la totalidad de la muestra, el 49% respondió que siempre le sería útil un cuadernillo pero un 18% le es indiferente esta técnica de apoyo académico.

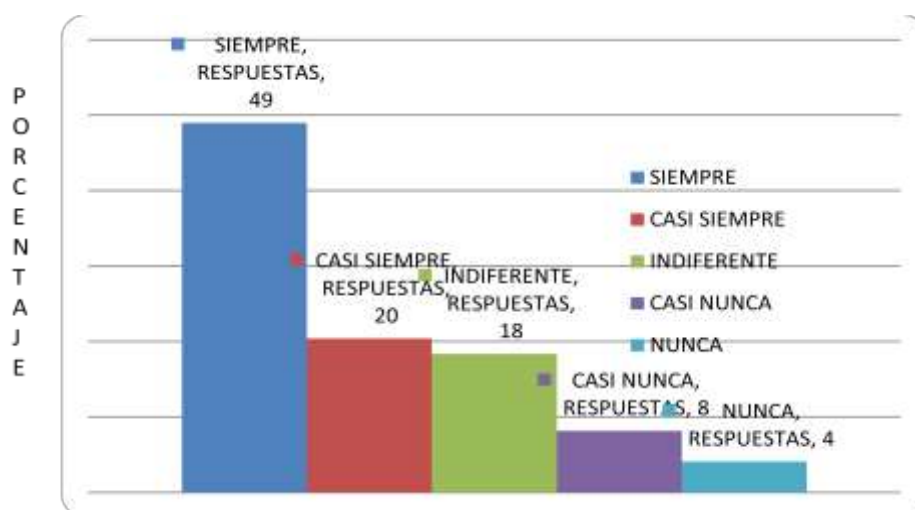


Figura 2. Frecuencia en las respuestas de la pregunta 4.

En la Figura 2 se observa que la mayoría de los encuestados considera que siempre le sería de mayor utilidad un cuadernillo de ejercicios para la comprensión de la materia de química.

Un resultado interesante es el que se obtuvo con la pregunta número cinco que cuestiona si los alumnos consideran a los videos educativos, encontrados en la red, más eficientes que las lecturas seleccionadas por su facilitador y el resultado muestra que el 29% de los alumno siempre y casi siempre consideran que si son más eficientes los videos de la red

que el material didáctico recibido sin embargo más del 30% le es indiferente ese recurso. En la figura 3 se ilustran tal resultado.

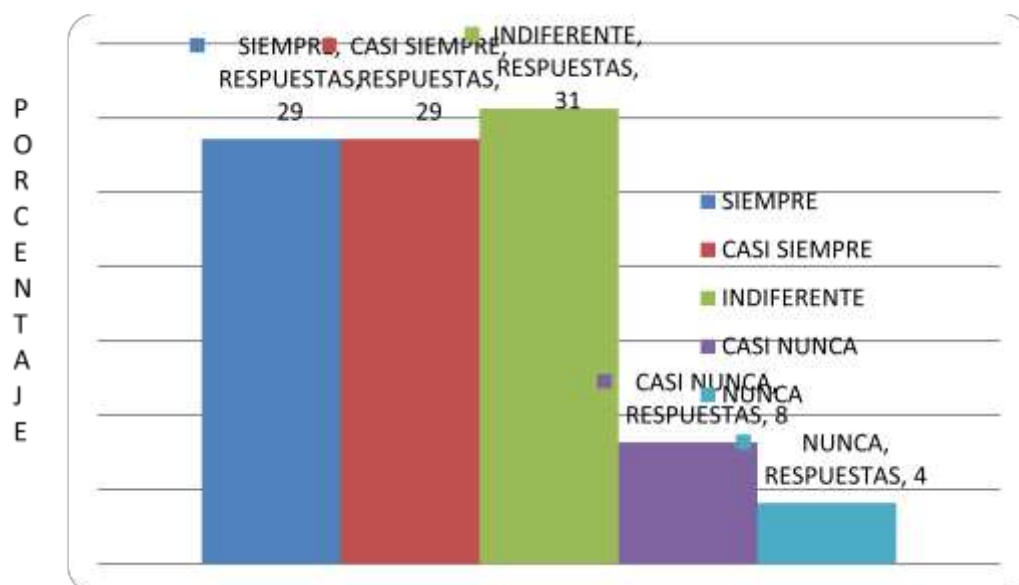


Figura 3. Frecuencia en las respuestas de la pregunta 5.

En la Figura 3, la mayoría de los encuestados manifiesta más eficiencia en la información encontrada en los videos educativos de la red que en el material recibido de su facilitador pero a la vez un alto porcentaje les es indiferente.

Éste efecto es concordante con un análisis de la eficiencia del uso de video complementario en la enseñanza multimedia hecho por Ljubojevic y colaboradores (2015) quienes encontraron que el contexto del contenido del video y la posición de los fragmentos de video complementarios en el material didáctico influyen de manera importante en los factores de motivación y la eficacia del aprendizaje.

Por último, en la Figura 4, se muestra como la mayoría de los encuestados (35%) consideran que cuando no logran comprender algún tema de química, nunca se debe a la falta de capacidad en la enseñanza de su maestro.

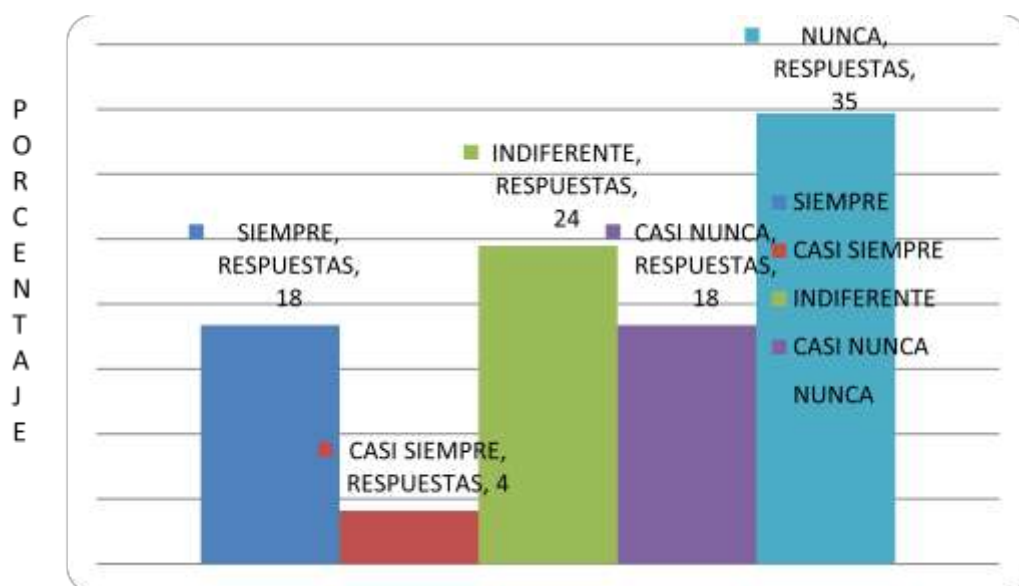


Figura 4. Frecuencia en las respuestas de la pregunta 5.

Donde es evidente que la mayoría de los encuestados consideran bien capacitado en docencia a su facilitador.

Los resultados presentados en tablas y figuras están interrelacionados conjuntiva y disyuntivamente con diferentes asociaciones y fueron empleados ventajosamente para ilustrar la información recabada, de acuerdo a las recomendaciones de Aguilar (2008); y demuestran que los alumnos al finalizar el curso están consientes de que el conocimiento de la química como ciencia exacta, proporciona ventajas dentro de su futuro desempeño laboral y que con la ayuda de cuadernillos de texto y ejercicios, así como de videos de apoyo adecuadamente dirigidos pueden comprender mejor los temas programados, además de que reconocen la buena capacidad del dominio en la enseñanza que tienen sus maestros de química básica.

Conclusiones

El objetivo de éste estudio de caso es establecer un punto de partida para la efectiva selección del material didáctico adaptado al enfoque por competencias unificando criterios entre los académicos en pro de la eficiencia terminal de los alumnos del curso de química básica con laboratorio

Se logró establecer un punto de partida para que, dentro de la academia de Química Básica, se seleccionen y diseñen instrumentos únicos así como material apoyo, considerando el enfoque institucional por competencias así como la preferencia de los alumnos para su

utilización durante los próximos semestres académicos. Aún cuando los facilitadores tienen libre cátedra, es conveniente se cuente con un mismo cuadernillo de textos y ejercicios.

Por otro lado, la integración de fragmentos de video en las presentaciones de clases podrían aumentar la percepción de la información importante y la motivación en el aprendizaje de los estudiantes, y como consecuencia, entender mejor y recordar los puntos clave de una clase, además de diseño de tutoriales que se encuentren disponibles en la plataforma SAETI 2, de los temas que por experiencia de los miembros de academia, son de mayor dificultad para el alumnado de primer semestre.

Todo esto con el afán de que se aproveche al máximo las capacidades tanto individuales como grupales de sus alumnos y maestros, contribuyendo a la disminución del fracaso universitario que en gran medida puede deberse a selección del material didáctico pues, excluir o reprobado es fácil pero reorientar para que se aprenda lo que antes no aprendió en niveles inferiores de su educación formativa exige ser innovador, evaluador, creativo pero sobre todo dentro de una academia con criterios uniformes en el enfoque de enseñanza institucional.

Referencias

- Aguilar V. J. (2008); *Guía didáctica de elaboración de textos*; CONPES 2da. Edición, SEP, México
- Artigas, N. (2005); *La importancia del material didáctico*; FERDI, 15va. Edición, Chile.
- Coll, S. C. (2007); *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*; 2da. Edición, Editorial Paidós Educador; Buenos Aires.
- Domínguez L. J. (2014); *Educación para la ciudadanía: Material didáctico*; Editorial Síntesis, México.
- Gutiérrez P. F. & Prieto C. D. (2006); *La mediación pedagógica. Apuntes para una educación a distancia alternativa*; Editorial Ciccus: Buenos Aires
- Ljubojevic M, Vaskovic V, Stankovic S, Vaskovic J (2015); *El uso de video complementario en la enseñanza multimedia como herramienta didáctica para incrementar la eficiencia del aprendizaje y la calidad de experiencia*. Journal of Universal Computer Science, 19(12), 1736-1760.

Méndez I.R., Namihira D. J., Moreno L. A., Sosa M. C. (1997); *El protocolo de investigación, Lineamientos para su elaboración y análisis*. Editorial Trillas, México

Pimienta P. J (2001); *Constructivismo: estrategias para aprender a aprender*; Instituto Superior pedagógico La Habana, Editorial Pearson Educación. Cuba.

Pozo, J.I., (2007): *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Madrid: Morata.

SEP, (2010), *Sistema Nacional de educación a distancia, SINED, Documento marco*; ANUIES.

Sevillano G.M (2006); *Didáctica en el siglo XXI: Ejes en el aprendizaje y enseñanza de calidad*. España: McGraw-Hill Interamericana.

Zapata O. A. (2005); *Las aventuras del pensamiento crítico: Herramientas para elaborar tesis e investigaciones socioeducativas*; Editorial PAX; México.

Zavala, M. (2003). *Las competencias del profesorado universitario*. Madrid: Narcea.

Capítulo XIX. Efecto del programa de actividad física sobre los indicadores de obesidad y riesgo cardiovascular en un grupo de mujeres sedentarias adultas

Pedro Magdaleno Castillo, Hebert David Quintero Portillo, Carlos Artemio Favela Ramírez y

José Humberto Reyes López

Departamento de Sociocultural

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. pedro.magdaleno@itson.edu.mx

Resumen

En la presente investigación, el factor principal es el efecto del programa de activación física en un grupo de 17 mujeres adultas sedentarias con un promedio de edad de 49 años, para la reducción de sobrepeso, obesidad y riesgos cardiovasculares y aumentar sus capacidades físicas un grupo de mujeres invitadas que someterse al programa de acondicionamiento. La investigación de estudio fue de tipo longitudinal, cuantitativo y fue para darles a conocer las acciones preventivas, que conozcan su estado de salud, y que puedan ver así el estilo de vida que están llevando las mujeres que participaron y, decirles las consecuencias que pueden tener si siguen con su mismo estilo de vida. El programa se llevó a cabo con la aplicación de actividades físicas, en donde se evaluó el estado físico, con un test de aptitud física, mediciones antropométricas, en donde se evaluó talla, peso, cintura, porcentaje de grasa y la presión arterial.

Introducción

De acuerdo a Martínez (2007), la falta de actividad física y una inadecuada alimentación, podría atraer problemas en la sociedad como enfermedades de sobrepeso, obesidad y problemas cardiovasculares, por lo que en algunos países, como, Japón lanzaron una campaña contra la prevalencia de obesidad, en Chile se inició una campaña similar a estas, donde los resultados fueron publicadas en una revista costarricense de cardiología en el 2007, bajo el enfoque de un artículo de investigación sobre el efecto de la actividad física en la pérdida de peso y el mantenimiento del peso corporal.

En la etapa de la vida adulta están indicadas de preferencia las actividades aeróbicas de bajo impacto, como caminar, nadar, bailar, bicicleta. El entrenamiento de fuerza es fundamental y puede ser prescrito con algunos cuidados inclusive en individuos hipertensos o con problemas cardiovasculares. El entrenamiento contribuye para mejorar la fuerza muscular, para la manutención de la independencia funcional, mejora la velocidad de andar y el equilibrio, disminuye la depresión, aumenta la densidad ósea y evita las caídas.

Por otro lado, en sonora, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2009, el 19.9 por ciento de los adultos reportó el diagnóstico médico previo de hipertensión arterial, 27 por ciento en mujeres y 12 por ciento en hombres. Asimismo, estas prevalencias aumentaron considerablemente con la edad, llegando a 40 por ciento en adultos de 60 años o más.

Por lo anterior se presenta una investigación que se desarrolló en una comunidad de Navojoa, Sonora. La cual consiste en la implementación de un Programa de Actividad Física, con una duración de doce semanas, una frecuencia de tres sesiones semanales y duración de 60 minutos.

Objetivo

Conocer el efecto del programa de Actividad Física sobre los indicadores de obesidad y riesgo cardiovascular en un grupo de mujeres sedentarias adultas.

Objetivos específicos

1. Aplicar una batería de pruebas físicas para conocer la capacidad funcional con la que cuenta el grupo de estudio.
2. Identificar las características antropométricas (cintura, peso, talla, índice de masa corporal y porcentaje de grasa) de los participantes en el estudio.
3. Identificar los niveles de presión arterial de los participantes en el estudio.
4. Determinar la magnitud de las modificaciones que induce el programa de Activación Física en los indicadores antropométricos y cardiovasculares del grupo de estudio.

Fundamentación teórica

La actividad física y la salud

Cogérino (2000) define la salud en los siguientes términos: es la profunda armonía del individuo consigo mismo y con los demás, la capacidad de un individuo de ajustar de manera permanente sus reacciones y comportamientos a las condiciones del mundo externo, de acostumbrarse al esfuerzo, es decir, de superarse continuamente.

Los grandes avances en materia de investigación que se han producido a lo largo del siglo XX, corroboran los efectos fisiológicos beneficiosos de una práctica de actividad física

adecuada, regular y sistematizada (Bouchard y cols, 1990; Shephard, 1995; American College of Sports Medicine, 1998) citado por (Gálvez, 2004).

Sin embargo, la mayoría de las investigaciones sociológicas destacan unos índices muy bajos de participación en la práctica de actividad físico-deportiva que está siendo amortiguada por la emergencia de modelos de comportamiento social dirigidos al cuidado del cuerpo y la imagen física que, por otro lado, no están exentos de manipulación mercantilista. De hecho, en los últimos años se asistió a un fuerte desarrollo de la promoción y el marketing comercial en busca de recoger las demandas de la población en lo que a práctica de ejercicio se refiere (Fonseca y Paula-Brito, 2000).

Por tanto, se hace necesario programar adecuadamente el ejercicio físico para la salud, reconociendo sus valores educativos, sociales y sanitarios, aprendiendo como adoptar un estilo de vida sano y manteniendo un compromiso con la vida activa (Casimiro, 2001).

Beneficios de hacer ejercicio

Se presentaran algunos de los beneficios de hacer ejercicio y mantenerte activo, espero que sea el primer paso para que inicien un programa regular de ejercicio (Goldberg, 2010).

Los siguientes 7 puntos, son algunos de los benefició que Goldberg en el 2010 público para las personas que van a comenzar con la realización del ejercicio físico:

1. Reduce el riesgo de muerte prematura, de desarrollar o morir de enfermedad cardiovascular (del corazón), de presión arterial alta, reduce el colesterol, y el riesgo de desarrollar cáncer del colon o de la mama.
2. Muy importante es disminuir el riesgo de desarrollar diabetes (azúcar alta), el ejercicio te ayuda a reducir tu peso y grasa corporal. Aumenta los niveles del colesterol bueno (HDL) y disminuye los triglicéridos. De manera importante mejora la tolerancia a la glucosa y disminuye la resistencia a la insulina.
3. En el área emocional, reduce la depresión y ansiedad, mejora la sensación de bienestar general y mejora el desempeño en el trabajo y actividades sociales.
4. Tanto el ejercicio aeróbico (correr, bicicleta, nadar) como el de resistencia (pesas) que aumenta la fuerza muscular, tienen beneficios probados. Entre ellos: mejora la función cardiovascular y respiratoria, aumenta el consumo máximo de oxígeno, mejora el suministro de sangre a los músculos, disminuye el pulso y la presión arterial.

5. Mantiene a tus músculos sanos. Tu flexibilidad, tu fuerza muscular, y la de tus tendones y ligamentos todos mejoran.
6. Mantiene a tus huesos sanos. Es muy importante para prevenir la osteoporosis (densidad baja de los huesos), previene la osteoartritis y el frecuente dolor de espalda baja es menor en la gente que hace ejercicio de manera regular.
7. Si a veces te sientes tenso después de un día de trabajo complicado, una caminata o ir al gimnasio te puede ayudar a sentirte mejor. Se han encontrado químicos en el cerebro que te hacen sentir mejor y más contento después de hacer ejercicio. Esto mejora tu estado de ánimo, tu autoestima y tu confianza, inclusive puede prevenir la depresión.

Situación actual en México

A partir de los resultados de la actividad Física y sedentarismo de la ENSANUT 2012, se estima que el 58.6% de los niños y adolescentes de 10 a 14 años no refieren haber realizado alguna actividad física organizada. De acuerdo a la clasificación de OMS, en México 22.7% de los adolescentes entre 15 y 18 años son inactivos, 18.3% son moderadamente activos y 59% son activos. Por otro lado se estimó que en adultos Mexicanos de 20 a 69 años de edad, la prevalencia de inactividad física aumento significativamente 47.3% en los últimos seis años.

En la actualidad la “actividad física” se ha convertido en uno de los temas de mayor interés, especialmente si se tiene en cuenta la prevalencia de enfermedades no transmisibles que invaden a la humanidad. La OMS calcula que para el año 2020 las enfermedades no transmisibles serán la causa de más del 70% de la carga mundial de morbilidad, por este motivo, ha invitado a los gobiernos a promover y reforzar programas de actividad física para erradicar el sedentarismo como parte de la salud pública y política social, y como un medio práctico para lograr numerosos beneficios sanitarios, ya sea de forma directa o indirecta (CODESON, 2003).

Acciones motrices

En general las actividades físicas están reflejadas en las siguientes acciones motrices:

- Movimientos corporales que forman parte de la vida cotidiana de cada persona, relacionados además con el desempeño laboral, como caminar, cargar objetos, subir escaleras, conducir, realizar oficios caseros, otros.
- Actividades recreativas

- Los ejercicios físicos sistemáticos
- El entrenamiento deportivo (Deporte)

En consecuencia, los ejercicios físicos son primordiales para garantizar en las personas una vida más saludable, se encuentran inmersos en las diferentes actividades físicas recomendadas para la salud, las cuales se clasifican en ligeras, moderadas y vigorosas (CODESON, 2003).

Tipos de actividad física

Actividades Físicas Ligeras. El metabolismo energético más utilizado en estas actividades es el de los ácidos grasos. La intensidad de trabajo es baja con un rango del ritmo cardíaco del 50% al 60% de la FC máx. Se recomienda realizarlas con una frecuencia mínima de 3 sesiones a la semana, y una duración aproximada de 45 a 60 minutos que incluyen la fase inicial de preparación y calentamiento, la fase central o principal y la fase final o de vuelta a la calma (CODESON, 2003).

Actividad Física Moderada. Las actividades físicas moderadas se recomiendan para el mantenimiento físico de cualquier persona que tenga un mínimo de condición física, es decir, posean una capacidad básica que les permite resistir a estímulos de esfuerzo prolongados, soportan o vencen resistencias moderadas y cuentan con un buen índice de recuperación (CODESON, 2003).

Abarcan del 60% al 70% de la FCmáx, permitiendo con estas intensidades recoger los efectos positivos del ejercicio aeróbico, manteniendo un equilibrio entre el consumo y el aporte de oxígeno (CODESON, 2003).

Actividad Física Vigorosa. Las actividades físicas vigorosas son recomendadas sólo para personas que cuentan con una buena condición física. Estas actividades aportan los mayores beneficios al sistema cardiorrespiratorio. Poseen las mismas características que las actividades físicas moderadas, pero con mayor intensidad, por lo consiguiente en estas actividades la degradación de hidratos de carbono es mayor. Se realizan del 70% al 80% de la Fcmáx, si deseamos aumentar la capacidad aeróbica, éstas son las principales intensidades, por sus características se producen rápidas adaptaciones y mejoras de la velocidad en los esfuerzos de tipo cíclico (carrera suave o de baja intensidad, natación, ciclismo, etc.). Los

trabajos de fuerza en estas actividades poseen una orientación hipertrófica y son de considerable exigencia, esto requiere modificar y regular aspectos nutricionales acompañados con trabajos de recuperación activos y pasivos. Se utilizan intensidades de carga entre el 70% y el 80% de la máxima repetición, destinando un tiempo de 10 a 15 segundos por serie, con velocidad lenta e intervalos de recuperación de 30 segundos a 3 minutos y una frecuencia de 3 a 6 sesiones por semana (CODESON, 2003).

La programación del ejercicio. El ejercicio es, sin lugar a duda, una de las formas más importantes para la salud y una condición física; sin embargo, para lograr un buen efecto es importante llevar un seguimiento progresivo y sistemático Wilmore y Costill (2004). Es conveniente que determinadas personas antes de comenzar un programa de ejercicio físico, se sometan a un examen médico (Medina, 2003).

La duración de la sesión de ejercicio físico, se puede comenzar con 15 o 20 minutos u de 40 a 90 minutos, dependiendo del nivel de condición física de cada persona, o del tiempo disponible. Debemos de tener en cuenta que aquí estamos hablando de la salud y no del alto rendimiento (Medina, 2003).

Un ejemplo de una sesión para principiantes (Medina, 2003):

Calentamiento (10 minutos)

Ejercicio Aeróbico (20 – 30 minutos)

Enfriamiento o vuelta a la calma (10 minutos)

Da un total de 40 – 50 minutos

Metodología

La investigación que se realizó fue un estudio de tipo longitudinal, cuantitativo, y se implementó a 17 mujeres sedentarias en edad adultas, con sobre peso y alteraciones en la tensión arterial con un promedio de edad de 49 años.

Se utilizará el método antropométrico de peso, talla y cintura de acuerdo a los lineamientos de la Sociedad Internacional para el Desarrollo de la Cineantropometría (ISAK por sus siglas en ingles), establecidos en el Manual de Estandarización Antropométrica que

toma en cuenta los protocolos propuestos por Ross W., Carter JEL., y otros reconocidos antropometristas internacionales ISAK (2001),

Se aplicó un test de pruebas físicas los cuales fueron abdominales para fuerza abdominal, carrera de 50 m. para evaluar velocidad, carrera de mil metros para la resistencia aerobia y flexibilidad con el protocolo según Martínez, (2002).

El programa de actividad física se llevó a cabo durante 12 semanas, de tres días a la semana, con una duración de 60 minutos cada sesión, en las cuales se dividieron las sesiones de clases en tres fases, la primera fase fue la de adaptación, la segunda fue de desarrollo y la tercera fase fue de mantenimiento.

Fase de adaptación

Se inició con cuatro semanas, en esta fase se realizaron actividades en donde las personas pudieran integrarse al programa sin ningún problema o inconveniente, se utilizaron ejercicios tales como el caminar, relajación, pruebas físicas, tomando en cuenta la intensidad de cada persona, controlado con un pulsometro que determina las pulsaciones en la que deben de estar las personas.

Fase de desarrollo

En la fase de desarrollo se tuvo una duración de cuatro semanas, en esta fase del programa las personas ya se le podían exigir más a alcanzar las pulsaciones en las que deberían de trabajar, ya sea al 50 o 60 por ciento de la frecuencia máxima, en la cual ya se incluían ejercicios de spinning, trabajando solamente terreno plano, baile, siempre cuidando que no rebasaran los niveles de intensidad.

Fase de mantenimiento

La última fase de mantenimiento duró cuatro semanas, es esta fase el propósito es de que las personas mantenga el nivel de su frecuencia cardiaca, que realicen los ejercicios sin complicaciones, y evaluarle el estado de salud físico adquirido con la aplicación de pruebas físicas.

Resultados y discusión*Comparación y análisis de los resultados de las evaluaciones antropométricas y clínica*

A continuación se muestra en la Tabla 1 los datos del pre y post intervención en las evaluaciones antropométricas y clínica.

Tabla 1. Información descriptiva de los sujetos en el primer y segundo estudio.

Parámetros	Pre	Post
	Media ± Desvest	media ± Desvest
Peso	74.86±11.21	63.64±7.77
IMC	29.35±4.30	24.84±3.11
Cintura	96.79±10.22	88.78±7.59
Porcentaje de grasa	42±1.58	26.89±3.93
Tensión sistólica.	133.1±9.47	113.86±19.60
Tensión diastólica.	94.1±7.95	69.71±13.00

Comparación y análisis de los resultados de la evaluación de las pruebas de aptitud física

En lo que respecta a las pruebas de aptitud física aplicadas en el pre y pos intervención a las personas se arrojan los siguientes resultados (Tabla 2):

Tabla 2. Información descriptiva de la primera y segunda intervención.

Variables	Inicial	Final
	Media ± Desvest	Media ± Desvest
Abdominales	9.43±6.63	10±9.504
Resist1000m	9.19±1.68	9.37±1.95
Velocidad50m	14.80±3.02	14.57±6.94
Flexibilidad	-4.14±8.84	3.29±5.55

Dado los resultados mostrados anteriormente del programa de actividad física, se puede observar que en cuanto al peso y el índice de masa corporal IMC se redujo un 15% del promedio total, el índice cintura se logró una reducción del 8% del promedio total, no es alto pero de acuerdo al perímetro de cintura estando de riesgo muy alto pararon riesgo elevado.

En cuanto a la presión arterial se refiere, la tensión sistólica se redujo un 14% estando en los valores normales la tensión diastólica bajo un 26%. En general estando en valores altos terminaron valores normales.

Con lo que respecta a las pruebas físicas las pruebas de abdominales (fuerza), resistencia, velocidad no se presentaron cambios significativos de aumento, pero con respecto a la flexibilidad si presento una mejora significativa de estar a -4.14 parar a +3.29.

Conclusiones

Dado los resultados mostrados anteriormente damos con conclusión que el programa de actividad física influyo favorablemente en los indicadores de riesgo como fue el índice de cintura y normalidad de la presión arterial. Y en cuanto a las pruebas físicas con respecto a las edades de las participantes la flexibilidad se mejoró.

Referencias

- Casimiro, A. J. (2001). Efectos fisiológicos del ejercicio físico. En actas del II Congreso Internacional de educación física y diversidad. Murcia: Consejería de educación y Universidades.
- CODESON (2003). Actividad física beneficios para la salud. Buenos Aires. Revista digital.
- Cogérino, G. (2000). Relación entre actividad física y salud: concepciones entre los profesionales de educación física y deportiva y obstáculos identificados. En M.J. Madini y J. Dafflon-Arvanitou (Eds), actividad física y salud. Barcelona: Masson.
- Goldberg, J. (2010). 10 beneficios de hacer ejercicio. Revista digital Vida y Salud. En línea: <http://www.vidaysalud.com/daily/ejercicio/10-beneficios-de-hacer-ejercicio/>
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012). Resultados de actividades Físicas y sedentarismo en personas de 10 a 69 años. En línea: <http://ensanut.insp.mx>
- Fonseca, A. y Paula-Brito, A. (2000). Variables motivadoras discriminantes de la intención de practicar actividad física o deporte. Primer Congreso Hispano-Portugués de Psicología. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Gálvez, A. (2004). Actividad física habitual de los adolescentes de la región de Murcia. Análisis de los motivos de práctica y abandono de la actividad físico-deportiva. Tesis de Doctorado. España. Universidad de Murcia.
- International Society for the Advancement of Kinanthropometry. ISAK. (2001). International Standards for Anthropometric Assessment. ISAK. Underdale, South Australia.

Martínez-Ortiz José A. Catedrático (2007). Programa de Maestría Académica en Ciencias del Movimiento Humano Universidad de Costa Rica. Recuperado de <http://www.acc.co.cr/revista/?p=14>

Medina, E. (2003). Actividad física y salud integral. Barcelona, España. Editorial Paidotribo. Primera edición.

Martínez López Emilio J. (2002). Pruebas de aptitud física. Barcelona, España. Editorial paidotribo.

Organización mundial de la salud (OMS). 2009. recuperado de <http://www.who.int/es/>

Wilmore y Costill (2004). Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. Barcelona. Editorial Paidotribo. 5ta. Edición.

Capítulo XX. Prevalencia de obesidad y otros factores de riesgo de diabetes tipo 2 en adultos de la etnia Yaqui de la Loma de Guamúchil

Araceli Serna Gutiérrez, Irma Alejandra del Consuelo Díaz Meza, Hebert David Quintero Portillo, Eddy Jacob Tolano Fierros y Alejandra Isabel Castro Robles
Departamento de Sociocultural
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. araceli.serna@itson.edu.mx

Resumen

La diabetes tipo 2 (DT2) es una de las mayores causas de enfermedad y muerte en el mundo y la obesidad su principal factor de riesgo. Una gran cantidad de indígenas padecen DT2 y no se les diagnostica. Los yaquis forman un grupo étnico que habita en el estado de Sonora, México. El objetivo fue evaluar la prevalencia de obesidad y otros factores de riesgo de diabetes tipo 2 en adultos de la etnia yaqui de la Loma de Guamúchil. La investigación es de tipo epidemiológica y transversal. Participaron 28 mujeres y 7 hombres de la etnia Yaqui de la localidad Loma de Guamúchil mayores de 20 años. Se aplicó un cuestionario de factores de riesgo, se realizaron mediciones antropométricas y se evaluó la glucosa capilar. El valor promedio de IMC en mujeres fue del 31.11 Kg/m² y para hombres 29.12Kg/m², la circunferencia de la cintura y la glucosa capilar en ayunas tuvieron valores de 94.02cm, 98.58cm y 97.79mg/dl, 79mg/ dl para mujeres y hombres, respectivamente. Más del cincuenta por ciento de los evaluados presentan riesgo de DT2 ya que presentan antecedentes heredofamiliares, sobrepeso y obesidad, obesidad central, no practican ejercicio físico y tienen un alto consumo de refrescos. Más del 15 por ciento están catalogados como casos probables de DT2 por sus niveles de glucosa capilar en ayuno. Es necesario se realicen trabajos de investigación sobre determinantes y programas de prevención DT2 y obesidad en poblaciones indígenas.

Introducción

La DT2 es en la actualidad una de las principales causas de enfermedad y muerte en la mayor parte del mundo (Organización Mundial de la Salud, 2015). En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2012 indicó que la prevalencia de diabetes por diagnóstico previo en adultos mayores de 20 años fue de 9.2 por ciento, con un porcentaje mayor en mujeres (9.7 por ciento) que en hombres (8.6 por ciento), es decir, 6.4 millones de adultos con diabetes (Gutiérrez et. al, 2012). Estos valores podría ser el doble de acuerdo a la evidencia previa sobre el porcentaje de diabéticos que no conocen su condición, lo cual podría ser el caso de comunidades de indígenas. En el estado de Sonora la prevalencia por diagnóstico médico fue del 7.7 por ciento, siendo de igual manera que a nivel nacional mayor en mujeres (8.2 por ciento) que en hombres (7.1 por ciento) (Instituto Nacional de Salud Pública, 2013).

Además de ser una de las principales causa de muerte la diabetes tipo 2 también es causa común de discapacidad, muerte prematura, afectación de la calidad de vida del paciente por motivos tales como variaciones en el estilo de vida derivados del esquema terapéutico: horarios, dieta, medicamentos, complicaciones vasculares, amputaciones, deficiencia visual, deterioro cognitivo, disfunción eréctil, trastornos afectivos y depresión, así como gastos excesivos para su control, entre otros (Gutiérrez et al. 2012; Arredondo, De Icaza, 2011; Hernández & Gutiérrez, 2012; Negrin & Pablos, 2006). El costo anual de atención es de aproximadamente 707 dólares por persona por año (Córdova et. al., 2008; Gutiérrez et al. 2012; Arredondo, De Icaza, 2011; Hernández & Gutiérrez, 2012)

La Federación Internacional de Diabetes (FID, 2014) indicó que cada cuatro de cinco personas con diabetes viven en países clasificados como de ingresos medios y bajos. Según la FID la diabetes mellitus afecta con mayor intensidad a los grupos de población de escasos recursos así como a las minorías étnicas y pueblos indígenas (FID, 2014; Córdova, et. al., 2008)

Nicolaisen (2006) menciona que los servicios de salud necesarios para las comunidades indígenas suelen ser escasos y que como resultado una gran cantidad de personas indígenas padecen diabetes de modo desproporcionado. Sin embargo, indica que no hay cifras precisas disponibles sobre la prevalencia de diabetes en dichas comunidades. Muchos indígenas podrían padecer diabetes tipo 2 y no se les diagnóstica ni reciben tratamiento sufriendo todas las alteraciones de esta enfermedad llegando hasta la muerte. Debido a lo anterior es de gran importancia el estudio de la prevalencia y los factores de riesgo que desarrollan la diabetes tipo 2 en poblaciones de indígenas.

Estudios realizados en indígenas de diferentes países de América han mostrado cambios evidentes en la prevalencia de diabetes mellitus y sus factores de riesgo así como de otras enfermedades crónico degenerativas relacionadas (Esparza et al., 2015; Carrasco et al., 2004; Bravo et al., 2001; Cardona, Rivera & Llanes, 2011; Fazio, Toloza, Pignatta, Letjman & Ciancaglini, 2011; Cardona, 2011 Brito et al., 2013; Rodríguez et al., 2008; Schulz et al., 2006; Alvarado, Milian & Valles, 2001; Guerrero, Rodríguez & Sandoval 1997). Un estudio en los Pimas de Arizona en Estados Unidos, indicó que dicha población presentó altos valores de obesidad y una prevalencia de DT2 del 34.2 por ciento en hombres y 40.8 por ciento en mujeres (Shulz et al., 2006).

Entre los principales factores de riesgo para el desarrollo de la diabetes tipo 2 se encuentran la obesidad así como la dieta (alta ingestión de grasas saturadas y carbohidratos simples, alto consumo de alimentos de alto índice glucémico bajos en fibra), el alto consumo de refrescos (Rivera et al., 2008) el sedentarismo (Federación Internacional de Diabetes, 2011), la baja capacidad física (; Sui et al., 2008; Sawada, Lee, Muto, Matzuki & Blair 2004; Ortega et al., 2005), intolerancia a la glucosa, antecedentes familiares (Lifshits, 2008) y la aculturización (Rodríguez et al., 2008, Palacios, Haro y Robles, 2008).

Con relación a la dieta algunas poblaciones indígenas están sufriendo cambios en su forma de alimentación, se ha aumentado el consumo de grasa saturada, azúcares simples y alimentos industrializados tales como refrescos embotellados, entre otros (González, 2009; Sandoval, Domínguez, Cabrera, 2009; Pérez et al., 2012). Un estudio realizado en comunidades Mayas, Mucuyché y Xanláh, de Yucatán, México, mostró que las comunidades indígenas están incorporando alimentos industrializados a su dieta habitual, dichos alimentos se relacionan con el padecimiento de obesidad y DT2 (Pérez et al., 2012)

En cuanto al sedentarismo en comunidades indígenas, estudios revelan que el gasto energético de dichas poblaciones ha disminuido y que presentan estilos de vida sedentarios (Schulz et al., 2006; Esparza et al., 2000; Molina & Campos, 1991).

Los Yaquis forman un grupo étnico que habita la región centro-sur del estado de Sonora. El censo de población y vivienda del año 2010 indicó que el número de hablantes de la lengua yaqui fue de 16,508. Este grupo indígena se sitúan en ocho pueblos: Cócorit (Loma de Guamúchil), Bácum (Loma de Bácum), Tórim, Vícam, Pótam, Huírivis, Ráhum y Belem ubicados entre Ciudad Obregón y Guaymas. Existen algunas investigaciones en esta etnia que indican que existe un alto porcentaje de sobrepeso y obesidad y un aumento en el consumo de alimentos industrializados, lo cual se relaciona con factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2. (Brito et. al., 2007; Rodríguez et. al., 2007; Merino, 2007; Canizales, 2007 y Molina & Campos, 1991). Una de las comunidades Yaquis que podrían presentar un mayor riesgo de diabetes es la población que habita en el poblado Loma de Guamúchil, esto debido a que por su cercanía al área urbana podrían presentar un mayor grado de aculturación (Rodríguez et al., 2008, Palacios, Haro y Robles, 2008).

Si bien existen algunas investigaciones e información valiosas realizadas en poblaciones de indígenas yaquis sobre la problemática de enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2 la información sigue siendo escasa. Así mismo, debido a los insuficientes servicios de salud en estas poblaciones muchos podrían estar padeciendo esta enfermedad sin saberlo y sin estar recibiendo la atención adecuada. La trascendencia de la investigación radica en analizar los factores de riesgo específicos de esta comunidad que se asocian a la diabetes tipo 2 y que sentarán las bases para el desarrollo de programas de prevención y tratamiento adecuado.

Objetivo

Evaluar la prevalencia de obesidad y otros factores de riesgo de diabetes tipo 2 (Antecedentes familiares, no realizar ejercicio, circunferencia de la cintura y glucemia capilar) en adultos de la Etnia Yaqui de la Loma de Guamúchil.

Fundamentación teórica

La Asociación Americana de Diabetes (ADA) define a la diabetes como un grupo de enfermedades metabólicas que se caracterizan por hiperglucemia como consecuencia del defecto en la secreción de insulina, acción de la insulina, o ambos que pueden coexistir en el mismo paciente (ADA, 2014). La diabetes puede clasificarse en cuatro categorías: diabetes tipo 1 (DT1), diabetes tipo 2 (DT2), diabetes gestacional (DG) y otros tipos de diabetes específicos (ADA, 20014).

La Norma Oficial Mexicana (NOM) 015-SSA2 (2010) señala que en la DT2 se presenta resistencia a la insulina y en forma concomitante una deficiente en su producción, puede ser absoluta o relativa. Los pacientes suelen ser mayores de 30 años cuando se hace el diagnóstico, son obesos y presentan relativamente pocos síntomas clásicos.

El diagnóstico para la presencia de DT2 se corrobora por medio del laboratorio: una glucemia plasmática en ayuno ≥ 126 mg/dl; una glucemia plasmática casual ≥ 200 mg/dl; o bien una glucemia ≥ 200 mg/dl a las dos horas después de una carga oral de 75 g de glucosa anhidra disuelta (ADA, 2014). Un caso probable de diabetes se refiere a cuando una persona presenta en el examen de detección, una glucemia capilar en ayuno > 100 mg/dl, o una glucemia capilar casual > 140 mg/dl. Un individuo en riesgo de padecer DT2 es aquel que presenta uno o varios factores para llegar a desarrollar diabetes (NOM-015-SSA2, 2010).

Entre los principales factores de riesgo para el desarrollo de la diabetes tipo 2 se encuentran la obesidad, la dieta (alta ingestión de grasas saturadas y carbohidratos simples, alto consumo de alimentos de alto índice glucémico bajos en fibra), el alto consumo de refrescos (Rivera et al., 2010) el sedentarismo (Federación Internacional de Diabetes, 2011), la baja capacidad física (Grontved et al., 2014; Sui et al., 2008; Sawad, Lee, Muto, Matzuki & Blair 2004; Ortega et al., 2005), intolerancia a la glucosa, antecedentes familiares (Lifshits, 2008) y la aculturación (Rodríguez et al., 2008, Palacios, Haro y Robles, 2008).

Metodología

Tipo de estudio. Epidemiológico, transversal.

Población. Adultos, mayores de 20 años, de la etnia yaqui de la Loma de Guamúchil.

Muestra. Previo al estudio se realizaron sesiones informativas en el centro comunitario de la Loma de Guamúchil donde se explicaba la problemática actual de la diabetes tipo 2 y se les invitaba a participar en el estudio. Se trabajó con aquellos sujetos que aceptaron participar y que firmaron un consentimiento informado. La muestra estuvo integrada por 35 sujetos, 28 mujeres y 7 hombres de la Etnia Yaqui que viven en la Loma de Guamúchil.

Instrumento de factores de riesgo. Se aplicó y adaptó un cuestionario de la Secretaria de Salud (2010) para evaluar los factores de riesgo (2010). Del cuestionario se tomaron los siguientes datos personales tales como el nombre, domicilio, sexo, edad, si hablan en lengua yaqui. El instrumento incluía pregunta sobre antecedentes heredofamiliares, frecuencia de la práctica de ejercicio físico, así mismo se agregaron preguntas sobre el consumo de refresco.

Mediciones antropométricas. Se realizaron mediciones de peso, talla, cintura y pliegues cutáneos según metodología de la Sociedad Internacional para el Desarrollo de la Antropometría (ISAK, 2001). Con lo cual se determinó el índice de masa corporal (IMC) y el porcentaje de grasa (Gibson, 1990).

Glucosa plasmática en ayuno. Se evaluó con un sensor bioquímico accutrend plus

Análisis estadístico. Se realizó estadística descriptiva utilizando SPSS

Resultados y discusión

Se evaluaron 35 adultos de la etnia yaqui de la Loma de Guamúchil, la tabla 1 muestra las características de los participantes. El valor promedio de IMC en mujeres (31.11 Kg/m^2) las cataloga en un estado promedio de obesidad y de sobrepeso en hombres (29.12 Kg/m^2) y por lo tanto con riesgo de padecer diabetes tipo 2. Con relación a la circunferencia de la cintura el valor promedio tanto para hombres como para mujeres también los clasifica con riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 (Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2, 2010). El porcentaje de grasa corporal obtenido refleja una alta adiposidad tanto para mujeres como para hombres, dichos valores se encuentran por encima de los estándares de la Asociación Americana de Dietética. El IMC y porcentaje de grasa obtenidos tanto en las mujeres como en los hombres de este estudio son similares a los indicados en el estudio de factores de riesgos cardiovasculares de Rodríguez et al. (2008) realizado en indígenas yaquis del estado de Sonora. Así mismo, el valor promedio de IMC para hombres y mujeres (30 Kg/m^2) coincide con el reportado por Brito et al. (2007) en su investigación de factores de riesgo cardiovasculares realizada en yaquis de los pueblos de Vicam, Bacum y Potam, sin embargo el valor obtenido para la circunferencia de la cintura es menor en las mujeres del presente estudio.

En cuanto al porcentaje de adultos evaluados que presentaron riesgo de padecer diabetes tipo 2, los resultados pueden observarse en la tabla 2. Más del 50 por ciento de las evaluadas y 71.4 de los evaluados indicó que alguno de sus padres padece o había padecido diabetes por lo que presentan riesgos por antecedentes familiares. En cuanto a la práctica de ejercicio físico el 67 por ciento de las mujeres y 57.1 por ciento de los hombres no lo realiza, lo que concuerda con otros estudios realizados en poblaciones indígenas los cuales informaron que algunas poblaciones indígenas tienen estilos de vida sedentarios (Merino, 2007; Schulz et al., 2006, Esparza et.al., 2000; Valencia et.al., 1999, Molina & Campos, 1991). Con relación a la obesidad y el sobrepeso el 58 por ciento de las evaluadas padece obesidad mientras que el 28 por ciento sobrepeso, es decir un valor de prevalencia combinada del 86 por ciento, lo que es mayor al porcentaje presentado en el estado de Sonora (73%) (Instituto Nacional de Salud Pública, 2013), con relación a los hombres la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad fue del 71.5%, el estudio de Rodríguez (2008) en indígenas yaquis reveló una prevalencia de obesidad menor a la de este estudio (48.7%) al igual que el estudio de Brito (2007) (49%). El alto porcentaje de obesidad y sobrepeso tanto en hombres como en las mujeres evaluadas las pone en riesgo de padecer diabetes tipo 2. Con

respecto a la circunferencia de la cintura el 82 por ciento de las mujeres y el 71.4 por ciento de los evaluados presenta riesgo de padecer diabetes tipo 2. En cuanto a los valores de glucosa capilar en ayuno el 17.4 y 14.3 por ciento de las mujeres y de los hombres, respectivamente, presentaron valores por arriba de los 100mg/dl lo que los cataloga como caso probable de desarrollar diabetes tipo 2 (Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2, 2010)

Con relación al consumo de refresco (Figura1), el 40% de los adultos evaluados lo consume diariamente y el 34.3 % de 1 a 4 veces por semana. Este alto consumo de refresco representa riesgo de padecer diabetes tipo 2 al 74.3% de los evaluados. Los resultados de la presente investigación coinciden con lo reportado por Merino (2007), quien indica que el nivel de ingreso de esta población les permite adquirir productos baratos y de mala calidad que son ricos en carbohidratos.

Tabla 1. Características de adultos de la etnia Yaqui, Loma de Guamúchil.

	Mujeres n=28	Hombres n=7
Edad	38.86 ± 10.14	54 ± 15.54
Peso (Kg)	77.73 ± 13.71	80.5 ± 12.79
Talla (cm)	158.01 ± 4.52	166.38 ± 5.2
IMC(Kg/m ²)	31.11 ± 5.25	29.12 ± 4.81
Cintura (cm)	94.02 ± 12.11	98.58 ± 11.48
Porcentaje de Grasa	35.87 ± 6	28.05 ± 5.11
Glucemia Capilar en Ayuno (mg/dl)	97.79 ± 66.032	79 ± 17.39

Tabla 2. Porcentaje de participantes que presentan factores de riesgo para diabetes tipo 2 y glucemia capilar en ayuno mayor a 100mg/dl.

Factor de riesgo	Mujeres n=28 Porcentaje (%)	Hombres n=7 Porcentaje (%)
Antecedentes heredofamiliares	56	71.4
No realiza ejercicio físico	67	57.1
Sobrepeso	28	42.9
Obesidad	40.3	14.3
Obesidad tipo 2	17.9	14.3
Circunferencia de la cintura	82	71.4
Porcentaje de grasa	96	71.4
Glucemia capilar en ayuno mayor a 100mg/dl	17.4	14.3

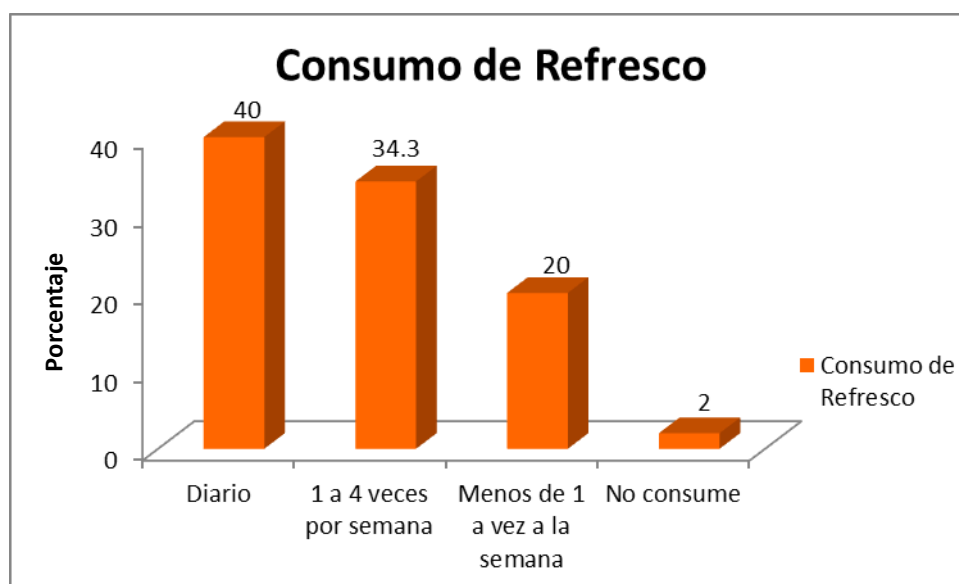


Figura1. Consumo de refresco en adultos de la etnia yaqui evaluados.

Conclusiones

Este estudio concluye que más del cincuenta por ciento de los evaluados perteneciente a la etnia yaqui de la Loma de Guamúchil presentan riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 debido a que presentan antecedentes heredofamiliares, obesidad y sobrepeso, obesidad central, no practican ejercicio físico y tienen un alto consumo de refrescos. Así mismo más del 15% están catalogados como casos probables de diabetes tipo 2 por sus niveles de glucosa capilar en ayuno.

Debido a resultados antes indicados es necesario se realicen otros trabajos de investigación que estudien determinantes de obesidad y de diabetes tipo 2 en poblaciones indígenas sugiriendo en primer término las comunidades yaquis en su totalidad (8 pueblos), así como el desarrollo de programas que ayuden a disminuir factores de riesgo para dichas patologías.

Referencias

- Alvarado C., Milian F. y Valles V. (2001) Prevalencia de diabetes mellitus e hiperlipidemias en indígenas otomíes. *Salud Pública de México*, 43 (5): 459-463.
- Alvarado O., Sauzo M. y Valles S. (2001) Prevalencia de diabetes mellitus e hiperlipidemias en indígenas otomíes. *Salud Pública de México* 43 (5): 459-463.
- American Diabetes Association. (2014). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 37 (Supplement 1), S81-S90.

- Arredondo A., De Icaza E. (2011). Costos de la Diabetes en América Latina: Evidencias del Caso Mexicano. *Value in Health*, s85-s88.
- Bäckhed, F., Ding, H., Wang, T., Hooper, L., Young Ko, G., Nagy, A., Semenkovich, C., Gordon J. (2004) The gut microbiota as an environmental factor that regulates rat storage. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 101(44): 15718-15723
- Bravo F., Carrasco E., Santos J., Calvillán M., Larenas G., Alvala C. (2001) Prevalence of type 2 diabetes and obesity in rural Mapuche population from Chile. *Nutrition* 17:236-238.
- Brito N., Córcega A., Marín M., Bognanno J., Alcázar C., Pérez K. (2013). Frecuencia de síndrome metabólico en indígenas de la etnia Warao de Barrancas del Orinoco, estado Monagas. Venezuela. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo* (11) 3: 128-140.
- Brito O., Domínguez A., Ugalde V., Cortez A., Villanueva R., Rodríguez M., Guerrero F. (2007) Distribution of Abdominal Adiposity and Cardiovascular Risk Factors in Yaquis Indians from Sonora, México. *Metabolic Syndrome and Related Disorders* 5 (4):355-359.
- Cardona J., Rivera Y., Llanes O. (2011) Prevalencia de diabetes mellitus y dislipidemias en indígenas del resguardo Cañamomo-Lomaprieta, Colombia. *Investigaciones Andina* 24 (14): 414-426.
- Cardonas (2011). Prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en indígenas de Riosucio-Caldas, 2010-2011. *Medicina U.P.B.* 31 (2): 113-116.
- Carrasco E., Pérez F., Bárbara A., Albala C., Santos J., Larenas G., Montalvo D.(2004). Prevalencia de diabetes tipo 2 y obesidad en dos poblaciones aborígenes de Chile en un ambiente urbano. *Revista Médica Chilena*, 132: 1189-1197.
- Castro H., Escobedo J. (1997). La prevalencia de la diabetes mellitus no dependiente de insulina y factores de riesgo asociados, en población mazateca del estado de Oaxaca. *Gaceta Médica de México*, 133(6): 527-534.
- Córdova J., Lee G., Hernández A., Aguilar C., Barriguete J., Kuri P., Lara A., Álvarez C., Molina V., Barquera S., Rosas P., González A. (2008) Plan de prevención y tratamiento de las enfermedades crónicas: Sobrepeso, riesgo cardiovascular y diabetes mellitus 2007-2012 y sistemas de indicadores de diabetes en México. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, (16) 3: 104-107.
- Devaraj, S., Hearajata P. & Versalovic J (2013). La microbiota intestinal humana y el metabolismo corporal: implicaciones con la obesidad y la diabetes. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 42(2): 421-434
- Duncan, S., Lopley, G., Holtrop, G., Ince, J., Johnstone, A., Louis, P., Flint, H.(2008) Human colonic microbiota associated with diet obesity and weight loss. *International Journal of Obesity*, 32: 1720-1724.

- Fazio L., Toloza C., Pignatta A., Letjman R., Ciancaglini M. (2011). Estudio Urku Miski: Prevalencia de diabetes mellitus y síndrome metabólico en Antogasta de la Sierra, población Camarqueña a 3440 metros de altura sobre el nivel del mar. *Revista Sociedad Argentina de Diabetes*: 69-78.
- Esparza J., Fox C., Harper I., Bennett P, Schulz L., Valencia M., Ravussin E. (2000) Daily energy expenditure in Mexican and USA Pima Indians: low physical activity as a possible cause of obesity. *International Journal of Obesity* 24:55-59.
- Esparza J., Valencia M., Urquidez R., Chaudhari L., Hanson R., Knowler W. (2015) Environmentally driven increases in type 2 diabetes and obesity in Pimas Indians and non-Pimas in México over a 15 year period: The Maycoa Project. *Diabetes Care* 2015;38 (11):2075-2082.
- Federación Internacional de Diabetes (2011). Plan Mundial Contra la Diabetes 2011-2021. Recuperado de:
http://www.facmed.unam.mx/sms/seam2k1/2008/may_01_ponencia.html
- Federación Internacional de Diabetes (2014). La Diabetes en países de ingresos altos, medios, bajos. Recuperado de: <http://www.idf.org/diabetesatlas/5e/es/diabetes-en-paises-de-ingresos-altos-medios-bajos?language=es>
- González (2009). Influencia de los cambios en el estilo de vida el desarrollo de la obesidad, el ejemplo de los indios Pimas y otros. Recuperado de:
<http://boletinpsd2.blogspot.mx/2009/06/influencia-de-los-cambios-de-los.html>
- Gotteland, M. (2013) Ther role of intestinal microbiota in the developmente of obesity and type-2 diabetes. *Revista Chilena de Endocrinología y Diabetes*, 6(4):155-162.
- Guarner (2007) Papel de la flora intestinal en la salud y en la enfermedad. *Nutrición Hospitalaria*, 22(Supl. 2): 14-19.
- Guerrero J., Rodríguez M., Sandoval F. (1997) Low prevalence of non-insulin-dependient diabetes mellitus in indigenous communities of Durango, México. *Arch Med Res*, 287: 137-140.
- Guerrero J., Rodríguez M., Sandoval F. (1997) Prevalencia de Diabetes Mellitus no insulino dependiente en la población rural de Durango, México. *Revista Panamericana de Salud Pública* 2 (6) 386-391.
- Gutiérrez, J.P., Rivera, J., Shamah Levy, T., Villapalndo, S., Franco, A., Cuevas Nasu, L., Romero, M., Hernandez, M. Encuesta nacional de salud y nutrición (2012). Recuperado de
<http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>
- Hernández M., Gutiérrez P. (2012) Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Evidencia para la política pública en Salud. Recuperado de:
<http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/DiabetesMellitus.pdf>

- Instituto Nacional Salud Pública. Encuesta nacional de salud y nutrición 2012 resultados por entidad federativa, Sonora (2013). Recuperado de:
<http://www.insp.mx/images/stories/ENSANUT/norte/Sonora-OCT.pdf>
- Larsen N., Vogensen F., van den Berg F., Nielsen D., Andreasen A., Pedersen B., Al-Soud W., Sørensen S., Hansen L., Jakobsen M. (2010) Gut microbiota in human adults with type 2 diabetes differs from non-diabetics adults. *PLoS One*, 5 (2): 1-10
- Larsen, N., Vogensen, F., van den Berg, F., Nielsen, D., Andreasen A. (2010). Gut microbiota in human adults with type 2 diabetes differs from non-diabetic adults. *PLoS One*, 5(2): 1-10
- Ley, R., Bäckhed, F., Turnabaugh, P., Lozupone, C., Knight, R., Gordon, J. (2005). Obesity alters gut microbial ecology. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 12(31):11070-11075
- Lifshits (2008) La diabetes. Seminario sobre medicina y salud. Recuperado de:
http://www.facmed.unam.mx/sms/seam2k1/2008/may_01_ponencia.html.
- Matsuki T., Watanabe K., Fujimoto J., Takada T., Tanaka R. (2004). Use of 16S rRNA gene-targeted group-specific primers for Real-Time PCR analysis of predominant bacteria in human feces. *Applied and environmental microbiology*, 70(12): 7220-7228.
- Merino E. (2007) Obesidad entre los yaquis de Sonora, México. Los retos de una cultura frente a la economía del mundo. *Estudios de Antropología Biológica*, XIII: 901-021.
- Million, M., Lagier, J., Yahav, D. & Paul, M. (2013). Gut bacterial microbiota and obesity. *Clinical Microbiology and Infection*, 19: 305-313.
- Negrin D., Pablos P. (2006) La calidad de vida se resiente en los pacientes diabéticos. *Economía de la salud* (7) 2: 79-82.
- Nicolaisen (2006). Ignorados y en peligro: pueblos indígenas. *Diabetes Voice* (51)2: 34-36.
- Norma Oficial Mexicana 015-SSA2 (2010). Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus. Recuperado de:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5168074&fecha=23/11/2010
- Organización Mundial de la Salud (2006). Definition and diagnosis of diabetes mellitus and intermediate hyperglycaemia. Recuperado de:
http://www.idf.org/webdata/docs/WHO_IDF_definition_diagnosis_of_diabetes.pdf
- Organización Mundial de la Salud (2015). Recuperado de:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es/>
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico .Recuperado de:
<http://www.oecdemexico.org.mx/Sonora/Cocorit/>
- Ortega, FB., Ruiz, JR., Castillo, MJ., Moreno, LA., González-Gross, M., Warnberg, J., Gutiérrez, A. & Grupo AVENA (2005). Bajo nivel de forma física en los adolescentes

- españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura. *Epidemiología y prevención*. 58(2), 898-909
- Palacios M., Haro J. y Robles A. (2008). La salud desde la nutrición y alimentación en los pueblos indígenas del noroeste de México. Síntesis de Literatura. En Martínez R., Ramírez R., Rojo G. (Eds). Estudios Sociales. México: Universidad Autónoma Indígena de México.
- Pérez O., Nazar A., Salvatierra B., Pérez E., Rodríguez L., Castillo M., Mariaca R. (2012). Frecuencia de consumo de alimentos industrializados modernos en la dieta habitual de comunidades de Yucatán, México. *Estudios Sociales* 20 (39): 156-184.
- Rivera, J. A., Muñoz, O., Rosas, M., Aguilar, C. A., Popkin, B, & Willett, W. C. (2008). Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana. *Salud pública de México*, 50(2), 173-195.
- Rodríguez M., Guerrero F., Brito O., Racón R., Pérez R., Sánchez M., Gonzáles M., Martínez E., Simental L., Madero A., Revilla C., Flores S., Islas S., Cruz M., Wacher N., Sánchez J. (2008) Cardiovascular risk factors and acculturation in Yaquis and Tepehuanos indians from México. *Achieves of Medical Research* 39: 352-357.
- Sandoval S., Domínguez S. y Cabrera A. (2009) De golosos y tragones están llenos los panteones: cultura y riesgo alimentario en Sonora. *Estudios Sociales*, 7: 149-180
- Sanz, Y., Santacruz, A., Dalmau, J. (2009) Influencia de la microbiota intestinal en la obesidad y las alteraciones del metabolismo. *Acta Pediátrica Española*, 67 (9): 437-442
- Sawada, S., Lee, I.M., Muto, T., Matzuki, K. & Blair, S.N. (2004). Cardio respiratory Fitness and the incidence of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 26 (10) 2918-2922
- Schulz L., Bennett P., Ravussin E., Kidd J., Kidd K., Esparza J., Valencia M. (2006) Effects of traditional and western environments on prevalence of type 2 diabetes in pima indians in México and the U.S. *Diabetes Care* 29 (8): 1866-1871.
- Schwartz, A., Taras, D., Schäfer, K., Beijer, S., Bos, N., Donus, C., Hardt P. (2010) Microbiota and SCFA in Lean and Overweight Healthy Subjects. *Obesity*, 18(1): 190-195.
- Secretaría De Educación Pública y Comisión Nacional del Deporte (2013). Manual para evaluadores de capacidad funcional.
- Shamah T., Villalpando S. y Rivera J. (2006.) Manual de procedimientos para proyectos de nutrición. Recuperado de:
http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/proy_nutricion.pdf
- Sociedad Internacional para el Avance de la Kiantropometría (2001). Estándares Internacionales par la Valoración Antropométrica. 133 pp

- Sui X., Hooker S., Lee M., Church T., Colabianichi N., Lee C. y Blair. (2008) A prospective Study of cardiorespiratory fitness and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care*, 31(3) 550-555
- Turnnbaugh, P. y Jeffrey, G. (2009). The core gut microbiome, energy balance and obesity. *J Physiol*, 587 (17): 4153-4158.
- Wu, X., Ma, C., Han, L., Nawaz, M., Gao, F., Zhang, X., Yu, P., Li, L., Zhou, A., Wang, J., Moore, J., Millar, B., Xu, J. (2010). Molecular characterisation of the fecal microbiota in patients with type II diabetes. *Curr Microbiol*, 61: 69-78.
- Zhang, H., DiBaise, J., Zuccolo, A., Kudrna, D., Braidotti, M., Yu, Y., Parameswaran, P., Crowell, M., Wing, R., Bruece, E. y Krajmalnik, R. (2009) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106(7): 2365-2370
- Zhang, X., Shen, D., Fang, Z., Jie, Z., Qiu, X., Zhang, C., Chen, Y., Ji, L. (2013). Human gut microbiota changes reveal the progression of glucose intolerance. *PLoS One*, 8(8): 1-11.

Capítulo XXI. Evaluación de la técnica de envión mediante indicadores cinemáticos en levantadores de peso universitarios

Lorenia López Araujo, Ivan de Jesús Toledo Domínguez, Alejandra Isabel Castro Robles,
Carlos Artemio Favela Ramírez y José Fernando Lozoya Villegas

Departamento de Sociocultural
Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. lorenia.lopez@itson.edu.mx

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la técnica de envión mediante indicadores cinemáticos en levantadores de peso universitarios para la identificación del movimiento y posible corrección de la técnica y por ende prevenir lesiones, todo esto a partir de una lista de chequeo que se formó a partir de varios autores, la cual fue validada por expertos en el área de la halterofilia. Se seleccionó a un deportista del equipo de halterofilia del Instituto Tecnológico de Sonora del género masculino, se realizó la toma de video para realizar el análisis cinemático en el programa Kinovea v8.15 donde primero se elaboró una lista de chequeo con las características de cada fase, se dividió el movimiento de clean en 5 fases y el jerk en 4 fases, se obtuvieron las variables de trayectoria tanto del sujeto como de la barra, la velocidad y tiempos de duración en cada fase del movimiento, la colocación de la barra respecto al cuerpo en cada fase, así como también ángulos de piernas, codos, caderas, todo esto siguiendo la lista de chequeo. Al hacer la comparación del sujeto con el modelo ideal se observó que tiene una técnica muy buena excepto en la fase 3 segunda fase del jalón/tirón.

Introducción

En el deporte es fundamental que el entrenador deportivo dirija de manera adecuada la preparación física del deportista, su fin es el logro máximo del rendimiento posible de un atleta. Este máximo rendimiento se alcanza solamente si se trabaja armoniosamente la preparación física, psicológica y técnico- táctica, ya que si el atleta cuenta con un alto desarrollo de la fuerza, pero un pobre gesto técnico, no desplegará todo su potencial o viceversa. El entrenador debe ser capaz de proveerle al atleta los estímulos necesarios que busquen desarrollar todas estos aspectos de la preparación, así como evaluarlas y retroalimentarlas durante las distintas etapas del programa de entrenamiento.

Los objetivos en el perfeccionamiento técnico son los siguientes: creación de las imágenes necesarias sobre la técnica deportiva, asimilación de habilidades y hábitos imprescindibles, perfeccionamiento de la técnica deportiva cambiando sus parámetros dinámicos y cinemáticos, y también mediante la asimilación de nuevos elementos y procedimientos; trabajo sobre la variedad de la técnica deportiva para que esté adecuada a las condiciones de la actividad competitiva y posibilidades funcionales de los deportistas, y

garantía de la estabilidad de las características principales de la técnica ante la acción de los factores perturbadores. (Platonov, 2001). Es en éste donde se fundamenta este análisis biomecánico.

Campos (2001), describe que se parte desde una concepción de la técnica deportiva que se entiende como un elemento dinámico capaz de cambiar y transformarse de forma permanente, es posible entender mejor la necesidad de una búsqueda continua de soluciones y para ello se emplea el análisis cuantitativo biomecánico, el cual requiere de un instrumental y materiales especializados para el registro de datos con el fin de aplicar un análisis estadístico que conlleva a un estudio cinemático de los gestos deportivos a través de métodos descriptivos sin tener en cuenta las causas que lo producen.

La biomecánica es una ciencia que se está colocando como base para resultados deportivos en todo el mundo, tiene por objeto el estudio de estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos. Esta área del conocimiento se apoya en diversas ciencias como la mecánica, ingeniería, anatomía, fisiología y otras disciplinas, para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas derivados de las diversas condiciones a las que puede verse sometido. A pesar de que el análisis del movimiento inició en 1950, la información sobre este es limitada debido a su complejidad, sin embargo a continuación se hace referencia a estudios que demuestran la eficacia de su utilización.

Pilotos (2012) en Pinar del Río se realizó una investigación titulada Análisis biocinemático de la ejecución técnica del lanzamiento rápido en los lanzadores de béisbol de la categoría 15-16 años de la EIDE 'Ormani Arenado' la cual tenía como objetivo analizar el comportamiento de las características biocinemáticas de la ejecución técnica del lanzamiento rápido en los lanzadores de la categoría 15-16 años de la EIDE "Ormani Arenado" de Pinar del Río utilizando el software HU-M-AN. Esta investigación fue de tipo descriptiva, el análisis cinemático de las acciones motoras, relacionadas con la ejecución de la técnica del lanzamiento rápido, se basa fundamentalmente en el registro de las características cinemáticas de los movimientos en la ejecución técnica objeto de estudio. En la realización de la investigación se utilizan métodos y procedimientos tanto empíricos, como teóricos y biomecánicos de registro, los cuales están en correspondencia con los objetivos planteados, que permitieron el registro videográfico de las ejecuciones para el análisis del movimiento

humano, con el propósito de analizar las características biocinemáticas de la ejecución técnica del lanzamiento rápido.

Como conclusión se obtuvo que las características biocinemáticas seleccionadas permitieran reducir el área de análisis para el estudio detallado de la ejecución de la técnica del lanzamiento rápido en los lanzadores de béisbol de la categoría 15-16 años de la EIDE “Ormani Arenado” de Pinar del Río. Además con la comparación de las características biocinemáticas determinadas y las descritas por los autores consultados, permitió precisar que estos lanzadores no cumplen con los propósitos mecánicos de cada una de las fases analizadas. Y con la aplicación del software HU-M-AN permitió la identificación de los errores técnicos que se ponen de manifiesto en la ejecución técnica del lanzamiento rápido en los lanzadores investigados.

Murcia (s.f.) realizó un análisis cinemático en nadadores: entrenamiento vs competición, la muestra estaba compuesta por 4 nadadores (21 a 27 años) con un nivel de rendimiento que les permita nadar en competencias nacionales, cada uno era especialista en una distancia diferente (1500 libre, 200 libre, 100 espalda y 50 metros libres). Este análisis pretende cuantificar el porcentaje de entrenamiento realizado a lo largo de un ciclo de entrenamiento en condiciones cinemáticas similares a las empleadas en la competición. Para ello se ha obtenido el volumen total de metros realizados y el volumen de metros realizados en cada uno de los diferentes sistemas de entrenamiento, así como la velocidad de nado (V), la frecuencia de ciclo (FC), la longitud de ciclo (LC) y el índice de ciclo (IC) utilizado en cada uno.

Los resultados obtenidos ofrecen un porcentaje de metros nadados con valores entre $\pm 5\%$ con una FC, LC, V e IC similar a la de competición de 1.90%, 1.49%, 2.77% y 12.03% respectivamente. Este porcentaje disminuye cuando las condiciones de nado permiten mantener valores $\pm 5\%$ en todas las variables cinemáticas estudiadas (.50%). Estos resultados describen un volumen porcentual bajo de metros realizados en condiciones cinemáticas similares a las de competición con relación al volumen de metros totales. Se observan diferencias entre la FC desarrollada en competición con la desarrollada durante el entrenamiento, en caso del nadador de 1500 metros con un rango entre 85.3% y el 138.5%, entre el 79.5% y el 138.5% para el nadador de 200 metros, entre el 82.2% y el 109% para el nadador de 100 metros y entre 62.8% y 103.1% para el nadador de 50 metros. Estos datos

indican una misma tendencia a que se nade con FC inferior a la de competencia. Se propone un entrenamiento donde el objetivo neuromuscular tenga una mayor importancia con relación a los otros objetivos del entrenamiento fundamentalmente metabólico, puede mejorar el control y la respuesta neuromuscular adecuada ante la competición.

Díaz, Medran, de la Chica & Grande (2008) llevaron a cabo un estudio cinemático del saque de banda, el cual puede ser mejorado por medio de la optimización del entrenamiento de la fuerza o bien por la mejora de la técnica de realización. Para ello describieron de forma precisa esta técnica mediante un análisis cinemático en 2D con video. El procedimiento comprendió analizar los saques desde la posición de parado y tras carrera realizada por nueve jugadores. Tras el análisis de las acciones, fue posible caracterizar que desde la posición de parado se realiza un flexión de $42.60 \pm 4.49^\circ$, una extensión de hombro de $16.51 \pm 18.34^\circ$ y una extensión de codo de $80.17 \pm 9.38^\circ$ la h_0 fue de 2.32 ± 0.09 m, la V_0 media del balón fue de 14.16 ± 1.55 m(s)⁻¹ y el α_0 medio fue de $27.77 \pm 7.53^\circ$. El alcance medio de este tipo de saque fue de 22.40 ± 4.80 m. calculándose un ángulo óptimo de $42.20 \pm 0.51^\circ$. Mientras que el saque tras carrera el valor de h_0 fue de 2.22 ± 0.15 m, la V_0 media del balón fue de 15.61 ± 1.63 m (s)⁻¹ y el α_0 medio fue de $34.87 \pm 6.24^\circ$. La flexión de tronco utilizada fue de $35.75 \pm 12.93^\circ$, se registró una extensión del hombro de $24.80 \pm 15.38^\circ$ y una extensión de codo de $74.97 \pm 9.51^\circ$. El alcance de este tipo de saque fue de 25.90 ± 5.19 m. El ángulo óptimo alcanzó un valor medio de $42.61 \pm 0.41^\circ$. Como conclusión se tiene que no se encuentran diferencias significativas entre el α_0 ($p < 0.05$) y la duración de la fase 2 del momento ($p < 0.05$).

El saque con carrera previa presenta un menor rango de movimiento del tronco frente al realizado desde la posición de parado. Pese a estas leves diferencias los dos tipos de saques son muy similares y un adecuado trabajo de musculación sobre los planes musculares que intervienen en el movimiento pudiera derivar en una mejora del rendimiento de esta acción de juego.

Colina y Montenegro, (2010); en su investigación: Biomecánica de la salida y el paso de carrera, en los 200 mts planos. Atleta de selección Nacional. En el cual su objetivo era analizar de forma descriptiva algunas variables cinemáticas que se manifiestan en la salida, el primer paso de la fase de aceleración y el paso de carrera (150 mts) en los 200 mts planos, ejecutado por un atleta de la selección Nacional de Venezuela. Se puede concluir que el

cumplimiento de uno de los objetivos de las carreras de 200 mts, como es menor tiempo, maximizando la velocidad horizontal se consiguió parcialmente desde la perspectiva técnica-biomecánica por las siguientes razones. Salida; tiempo total de pérdida de contacto con los bloques, fue poco favorable, principalmente, el tiempo de pérdida de contacto con el bloque posterior.

Después de revisar literatura relacionada a la biomecánica deportiva y su importancia dentro de la preparación técnica del deportista, es necesario llevar a cabo más estudios que demuestren los beneficios de llevar a cabo este tipo de análisis ya que todavía hay entrenadores que trabajan empíricamente sin el apoyo de la tecnología. Este estudio tiene como objetivo evaluar la técnica de envión mediante indicadores cinemáticos en levantadores de peso universitarios para la identificación del movimiento y posible corrección de la técnica y por ende la prevención de lesiones.

Fundamentación teórica

La biomecánica

La biomecánica es la ciencia que estudia el movimiento del ser humano desde el punto de vista de la mecánica su objetivo principal en el deporte es analizar el gesto técnico deportivo y sus detalles más específicos, descubrir las posibles fallas existentes en la ejecución del gesto y permitir una mejora del desempeño atlético a través de la corrección y/o adaptación de la técnica deportiva para lograr una técnica más eficaz (Graziano, 2008).

Los métodos de investigación de la biomecánica son la *observación*: la principal herramienta con la que se ha contado hasta la instrumentación actualmente empleada en el área de las ciencias de la actividad física y el deporte, y concretamente en la biomecánica deportiva, ha sido la observación y experiencia de los profesionales, que gracias a la apreciación de errores han sido capaces de aportar soluciones a sus deportistas. (Amadio *et. al.*, 1999).

Y *medición*: medir es un concepto que implica un proceso de tipo descriptivo, que tiene fin en sí mismo, y pretende ser objetivo e impersonal. Se trata de un concepto restringido que define rasgos del movimiento en términos numéricos (Amadio *et. al.*, 1999).

Análisis cinemático del movimiento

Describen el movimiento, sin tener en cuenta las causas que lo producen o afectan. Al respecto, las variables frecuentemente analizadas están relacionadas con el tipo de desplazamientos, velocidades y aceleraciones. (Graziano 2008). Lo anterior se utiliza para determinar el grado de eficacia en la ejecución de una técnica deportiva y por ende, identificar fallos en la técnica en caso de que se presente uno.

Halterofilia

La halterofilia es un deporte olímpico, también conocido como levantamiento de pesas o weightlifting, en el que el objetivo principal es levantar una barra desde el suelo hasta encima de la cabeza. Los atletas que lo practican se llaman halterófilos (Benítez, 2014)

Generalmente el entrenamiento de halterofilia requiere tratar la fuerza mental y física además de la técnica y la velocidad. Principalmente se necesita entrenar la fuerza funcional del cuerpo, por eso algunos deportistas de otras disciplinas como atletismo o fútbol americano, utilizan movimientos de halterofilia para aumentar la fuerza explosiva. La halterofilia se compone de dos movimientos conocidos como arrancada o “snatch” y dos tiempos o “clean and jerk”:

Arrancada o “snatch”: este ejercicio es más rápido pero se levanta un peso generalmente inferior y consiste en tres partes principalmente: pull o tiro, movimiento en el que se sube la barra lo más alto posible, quick drop, momento en el que se extienden los brazos y posición de sentadilla, momento en el que el atleta se para con la barra en la cabeza.

Dos tiempos o “clean and jerk”: en este caso el movimiento es más lento que en la arrancada debido a que el atleta debe realizar una pausa con la barra en los hombros. En cuanto al peso, se suele levantar bastante más peso, debido a que, en la segunda fase del levantamiento, el impulso que utilizamos con ayuda de las piernas ayuda a levantar la barra sobre la cabeza. en este caso se distingue por una parte el movimiento clean en tres partes: pull o tiro, subiendo la barra lo más alto posible, en este caso al pesar más serán los hombros, seguidamente hacemos lo que se llama drop, metiéndonos debajo de la barra, haciendo que la barra descansa en nuestros hombros y seguidamente la sentadilla. Después de hacer la parte del clean, se realiza la parte jerk que también consiste en tres partes: dip, drive y split, sentadilla o catch (cualquiera de las tres variaciones sirve) (Benítez, 2014).



Figura 1. Fases del clean.



Figura 2. Fases del jerk.

Metodología

Para el análisis cinemático se seleccionó a un deportista del equipo selectivo de halterofilia del Instituto Tecnológico de Sonora del sexo masculino con una edad de 21 años, un peso de 90 kg, una talla de 185 cm y un índice de masa corporal de 20.14 kg/cm². Se le

marcaron las articulaciones del cuerpo y se indicó una referencia para el cálculo en el programa. Se realizó la toma de video con iPhone 6s plus de 240 cuadros por segundo en 3D. El video se analizó en el programa Kinovea v8.15, donde primero se elaboró una lista de chequeo consultando varios autores con las características de cada fase, se dividió el movimiento de clean en 5 fases y el jerk en 4 fases, se obtuvieron las variables de trayectoria tanto del sujeto como de la barra, la velocidad y tiempos de duración en cada fase del movimiento, la colocación de la barra respecto al cuerpo en cada fase, así como también ángulos de piernas, codos, cadera, todo esto siguiendo la lista de chequeo.

Resultados y discusiones

En la primera fase del clean, la posición inicial, el sujeto tiene los hombros ligeramente adelantados a la barra, la espalda esta recta y relajada y la barra está alineada en la punta del dedo gordo del pie, no hay movimiento alguno cumpliendo con la 1era ley de Newton. En la segunda fase, primera fase del jalón/tirón el sujeto sube la barra y entra ligeramente dentro de la vertical y esta sube despegada del cuerpo 2 cm.

En la tercera fase, segunda fase del jalón/tirón el sujeto tiene las rodillas ligeramente hacia atrás y después hacia al frente al pasar la barra, comienza la elevación de los codos y los antebrazos están paralelos a la vertical. En la cuarta fase desliz o cargada, el sujeto recibe la barra sobre el hombro y clavícula, los codos se mantienen formando un ángulo de 90°, los talones están haciendo completo contacto con la superficie y el cuerpo está extendido completamente al terminar el jalón.

En la quinta y última fase del clean el sujeto se pone de pie con el apoyo completo en los talones, el tronco se mantiene lo más recto posible y los codos están paralelos al suelo para que no se caiga el peso.

En la primera fase del jerk, semiflexión de piernas, el sujeto se encuentra con la espalda recta y ligeramente hacia el frente, la barra está pegada al hombro y clavícula. En la segunda fase hiperextensión de las piernas, el cuerpo esta recto y la barra sube en línea recta y ligeramente hacia atrás. En la fase 3 desliz en tijera la pierna de enfrente está a 90°, la pierna de atrás está ligeramente flexionada, el talón ligeramente hacia afuera y los brazos extendidos ligeramente atrás de la oreja.



Figura 3. Análisis del clean.

En la última fase del jerk, recuperación-fijación, el sujeto regresa la pierna de enfrente primero que la de atrás, las piernas están a la anchura de los hombros y se cumple la Tercera Ley de Newton donde el sujeto aplica una fuerza a la superficie y el sujeto la recibe de igual magnitud y dirección pero de sentido opuesto y por consiguiente mantiene el peso.

De manera general el sujeto obtuvo una velocidad máxima del clean de 1.85 m/s, 86 cm en la máxima altura, 77 cm a la altura del desliz y 53.87cm cuando entra en la recuperación.

En la fase de jerk el sujeto obtuvo una velocidad máxima de 1.64 m/s, 42.62 cm en la máxima altura, 24.12 cm a la altura del desliz y 39.12 cm cuando entra en la recuperación.

En cuanto a los tiempos en la fase de clean el sujeto obtuvo un tiempo en el primer jalón de .53 segundos, en el segundo jalón .34 segundo, en la fase de desliz .62 segundos, en la fase de recuperación 3 segundos y el tiempo de la acción motora fue de 9.55 segundos.

En el jerk, en la primera fase el sujeto tuvo un tiempo de .43 segundos, en la segunda .25 segundos, en la tercera fase .39 segundos y en la última fase fue de 1.66 segundos.

Comparando el análisis cinemático del sujeto con la que dice la técnica establecida enlistada en la tabla 1 lista de chequeo, el sujeto tiene muy buena técnica, pero en la tercera fase al momento de realizar el segundo jalón tiene una deficiencia, el sujeto no tiene los

antebrazos paralelos a la vertical, esto ocasiona que imprima más fuerza en otras partes del cuerpo para poder subir la barra a los hombros

Tabla 1. Lista de chequeo.

Fases Clean	Si	No
1. Posición inicial <ul style="list-style-type: none"> ● Hombros ligeramente adelantados de la barra ● Espalda recta y relajada ● Barra alineada en la punta del dedo gordo del pie 	x	
2. Primera fase del jalón/tirón <ul style="list-style-type: none"> ● La barra sube y entra ligeramente dentro de la vertical ● La barra sube despegada del cuerpo de 1 a 2 cm 	x	
3. Segunda fase del jalón/tirón <ul style="list-style-type: none"> ● Rodillas ligeramente hacia atrás y despues hacia al frente al pasar la barra ● La barra sube despegada del cuerpo de 1 a 2 cm ● Comienza la elevación de los codos ● Antebrazos paralelos a la vertical 		x
4. Desliz o cargada <ul style="list-style-type: none"> ● Recibe la barra sobre el hombro y clavícula ● Codos se mantienen formando un ángulo de 90° ● Talones haciendo completo contacto con el piso ● Cuerpo extendido completamente al terminar el jalón 	x	
5. Recuperación-fijación <ul style="list-style-type: none"> ● Ponerse de pie con el apoyo completo en los talones ● El tronco se mantiene lo mas recto posible ● Codos paralelos al suelo para que no caiga el peso 	x	
Fases del Jerk		
1. Semiflexión de piernas <ul style="list-style-type: none"> ● Espalda recta y ligeramente hacia enfrente ● Barra pegada al hombro y clavícula 	x	
2. Hiperextensión de las piernas <ul style="list-style-type: none"> ● Cuerpo recto y que la barra suba en línea recta y ligeramente hacia atrás 	x	
3. Desliz en tijera <ul style="list-style-type: none"> ● Pierna de enfrente a 90° ● Pierna trasera ligeramente flexionada ● Talón ligeramente hacia afuera ● Brazos extendidos ligeramente atrás de la oreja 	x	
4. Recuperación-fijación <ul style="list-style-type: none"> ● Regresa la pierna de enfrente primero que la trasera ● Piernas a la altura de los hombros ● Mantiene el peso 	x	

Conclusiones

Doria de la Terga (2003) dice que la ejecución de una acción motora o gesto deportivo siguiendo una técnica ideal se puede alcanzar por medio de un proceso de entrenamiento en el que se enseña a automatizar dicho gesto, ejecutándolo de la manera más parecida posible al modelo ideal, pero el entrenador no debe trabajar empíricamente, debe trabajar con tecnología que le permita una mejor apreciación del gesto deportivo acercándose al modelo ideal.

Durante este proceso se desarrollan también las cualidades físicas necesarias para ejecutarlo correctamente. El aumento del nivel de entrenamiento de los deportistas y el perfeccionamiento de la metodología de la preparación deportiva, siempre facilitarán la evolución de la técnica. (Donskoi, 1988).

Es por eso que siempre será imprescindible la búsqueda de una técnica óptima, para los diferentes grupos de deportistas, en cada etapa de su evolución. La práctica deportiva exige que la preparación técnica y la táctica se presenten como una unidad de preparación. (Doria de la Terga 2003).

Referencias

- Amadio, A., Costa, P., Sacco, Serrão, A., Mochizuki, L. y Duarte, M. (1999) *Introdução à Biomecânica para análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição. Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Paulo, v. 03, (02), p. 41-54.
- Benítez J., (2014). *Todo sobre la halterofilia: en qué consiste, cómo se entrena y compete*. <http://www.vitonica.com/musculacion/todo-sobre-la-halterofilia-en-que-consiste-como-se-entrena-y-compite>
- Blazevich, A. (2011). *Biomecánica deportiva: Manual para mejora del rendimiento humano*. Edit. Paidotribo.
- Campos, J. y Ramón, V. (2001) *Teoría y planificación del entrenamiento deportivo*. Barcelona. Edit. Paidotribo.
- Colina, A. y Montenegro, J. (2010). *Biomecánica de la salida y el paso de carrera, en los 200 mts planos. Atleta de selección Nacional*.
- Díaz, R., Medran, R., de la Chica, A. & Grande, A. (2008) *Optimización del saque de banda en fútbol: perspectiva biomecánica. Revista Rendimiento en el Deporte*. 8 (14), 95-100.
- Donskoi, D. (1988) *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Edit. Cuba, Pueblo y Educación.
- Donskoi, D. y Zatsiorski, V. (1990) *Biomecánica de los ejercicios físico*. Edit. Cuba. Pueblo y Educación.
- Doria de la Terga, E. (2003). *El empleo del análisis biomecánico en la práctica deportiva; su estrecha y lógica relación con la técnica deportiva. Primera parte*

Graziano, A. (2008) *Biomecânica: fundamentos e aplicações na Educação Física Escolar*.
Edit. Porto: EDUCA

Pilotos M. (2012). *Análisis biocinémático de la ejecución técnica del lanzamiento rápido en los lanzadores de béisbol de la categoría 15-16 años de la EIDE 'Ormani Arenado' de Pinar del Río*. *efdeportes* , 1-1. Recuperado de:
<http://www.efdeportes.com/efd165/analisis-biocinematico-del-lanzamiento-en-beisbol.htm>

Platonov, V. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*, Edit. Paidotribo.

Capítulo XXII. Relación entre la potencia máxima, fuerza máxima, saltos verticales y horizontales con el rendimiento en las carreras de 40 y 100 metros en atletas universitarios

Carlos Artemio Favela Ramírez , Lorenia López Araujo , Iván de Jesús Toledo Domínguez , Pedro Magdaleno Castillo y Francisco Amavizca Murrieta
Departamento Sociocultural, Departamento de Deporte y Salud
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. carlos.favela@itson.edu.mx

Resumen

El propósito de este estudio fue investigar la relación entre la velocidad de carrera y diversos test de fuerza y potencia. Se evaluó la velocidad de carrera en 40m y 100m, la fuerza máxima y potencia máxima en un test progresivo en el ejercicio de media sentadilla, salto de longitud y multisaltos horizontales (triple salto con pierna derecha e izquierda y decasalto) y saltos verticales (CMJ, SJ, Abalakov y Drop Jump). Se obtuvieron correlaciones significativas en la carrera de 100 m y 1 RM ($r=-0.900$, $p<0.05$), entre la carrera de 40 metros volados, el decasalto y el salto triple con la pierna derecha ($r=-0.829$, $p<0.05$) ($r=-0.880$, $p<0.05$) respectivamente y la carrera de 40 metros con salida baja con el salto triple con la pierna derecha ($r=-0.924$, $p<0.01$).

Introducción

El entrenamiento de la fuerza en el deporte de hoy en día debe de estar orientado hacia una alta especificidad del movimiento técnico que se desea mejorar, así como en la capacidad de generarla en el menor tiempo posible. Es por esto que la mejora de la potencia específica es determinante para el éxito del rendimiento deportivo.

En el sprint, es fundamental que el atleta realice los movimientos con la mayor potencia posible aplicando fuerza con la máxima velocidad (fuerza explosiva) para posteriormente acelerar sus segmentos corporales progresivamente.

Diversos estudios (Harris, Cronin, Hopkins y Hansen, 2008; Harris et al., 2010) han analizado las relaciones entre test de potencia y fuerza muscular con la velocidad de los sprint, presentando resultados variables. Esto se puede deber al nivel de los sujetos, a la metodología de valoración o a la distancia del sprint con el que fueron relacionados.

Balsalobre, Del Campo, Tejero y Alonso (2012) investigaron sobre la relación existente entre mediciones de fuerza y potencia y la velocidad en sprint en distancia de 30 metros en atletas cuatrocientistas de alto rendimiento. Este estudio hace tres aportaciones: la

primera, describe la fuerza de extremidades inferiores de este colectivo y su capacidad de aceleración en 30 metros; la segunda, informa de la relación de covariación entre, por una parte, la variable potencia y, por otra, la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la capacidad de aceleración, encontrándose correlaciones significativas con valores entre 0,60 y 0,81; y la tercera, se demuestra que la potencia máxima de estos deportistas se encuentra entre el 50 % y el 70 % de su repetición máxima en media sentadilla..

En un trabajo realizado por Tejada y Suárez (2013) se analizó la altura del salto vertical, la velocidad de carrera y su correlación, en jugadores de “ultimate frisbee” de la selección Colombia. Para ello se aplicó el protocolo de Bosco, empleando una plataforma de contacto y el programa AXON JUMP®; para medir la velocidad se empleó el test de desplazamiento en carrera a 30 y 60 metros. La velocidad promedio del grupo fue de 7,2 m/s ($\pm 0,3$) en hombres y 6,4m/s ($\pm 0,4$) en mujeres y la altura promedio del salto fue de 54,3 cm ($\pm 3,6$) y 40,7 cm ($\pm 4,4$), respectivamente; estas variables mostraron una correlación directa, significativa sólo en las mujeres.

Uno de los mayores problemas que se presentan en el proceso de entrenamiento de un velocista surge al momento de controlarlo, es por eso que para los entrenadores es de gran interés contar con una batería de pruebas de las capacidades de fuerza y de velocidad para definir el estado de forma, así como del efecto de la carga de entrenamiento que está recibiendo el atleta para realizar ajustes a la planificación.

El objetivo de esta investigación es determinar el grado de correlación existente entre la potencia y fuerza máxima en media sentadilla, saltos verticales y horizontales con la velocidad en las carreras de 40 y 100 metros en velocistas.

Fundamentación teórica

Las pruebas de velocidad o Sprint se definen como aquellas carreras de hasta 400m y distancias inferiores, siendo considerados los 100 metros como una de las pruebas de pista de “cinta azul”: en cualesquiera Juegos Olímpicos o Campeonatos del Mundo el vencedor de los 100 metros recibe el título de “ser humano más rápido del mundo” (Rodríguez y Núñez, 2010).

Las carreras de velocidad son eventos que exigen, a la vez, rapidez de resistencia, así como un buen nivel de desarrollo de la fuerza, como capacidades físicas básicas y un nivel de

desarrollo de las capacidades complejas, tales como: la resistencia a la velocidad, la resistencia de la fuerza y la rapidez de reacción, entre otras; incluso en las distancias más cortas las cualidades congénitas (alto nivel de actividad neuromuscular) no son más que un factor que influye en el resultado (Isidoria, Martín, Castro y Villa, 2008).

La potencia mecánica producida en una determinada acción muscular es una función entre fuerza y velocidad de movimiento (Izquierdo y González-Badillo, 2006). La máxima potencia no se alcanza con cargas ligeras ni con cargas muy pesadas, sino con cargas intermedias en donde existe un equilibrio entre producción de fuerza y producción de velocidad. Esto pone de manifiesto la necesidad de utilizar algún método que permita encontrar la mejor relación entre fuerza y velocidad con el objeto de planificar cargas adecuadas para el entrenamiento.

Desde un punto de vista energético, la fuerza y la velocidad son dos cualidades interdependientes, y cuando se hace referencia al desplazamiento del cuerpo en la carrera, la velocidad depende totalmente de la fuerza. Solo si el deportista es fuerte, puede generar la potencia necesaria para el lanzamiento inicial del cuerpo y posteriormente mantener la inercia adquirida (Pascua, 2010).

La única forma de “construir un buen velocista” es dotándole previamente de las fuerzas necesarias para realizar correctamente cada fase de la carrera. Asimismo, es preciso que las emplee dentro del patrón biomecánico exacto para conseguir una buena eficiencia mecánica en cada zancada. También es de suma importancia que asimile la mejor técnica de carrera posible (más difícil cuanto mayor es la velocidad). Sin la fuerza óptima para cada fase de la carrera, el atleta no puede manifestar todas sus potencialidades; por ello, la velocidad no se puede definir como una cualidad independiente y pura. Por el contrario, depende de varios factores, aunque el más importante es la fuerza en todas sus manifestaciones (máxima, explosiva, elástica y refleja) (Pascua, 2010).

Metodología

La muestra está conformada por un total de 5 atletas todos varones, con edades comprendidas entre 18 y los 21 años. Los atletas son deportistas pertenecientes al equipo universitario de atletismo del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y compiten a nivel

estatal y nacional. Todos fueron seleccionados mediante muestreo no aleatorio intencional y los mismos colaboraron de forma voluntaria.

La investigación es de tipo transversal correlacional. Las variables son las siguientes:

1. Fuerza máxima en miembros inferiores, valorada a través de un test de 1RM en media sentadilla con pesos crecientes y medida en Kilogramos (Kg).
2. Potencia máxima en miembros inferiores, valorada a través de un test de 1RM en media sentadilla con pesos crecientes y medida en Vatios (W).
3. Fuerza explosiva de miembros inferiores, valorada a través del salto vertical sin contra movimiento (Squat Jump o SJ) y medida en altura del salto (cm).
4. Fuerza explosiva elástica de miembros inferiores, valorada a través del salto vertical con contra movimiento (Counter movement jump o CMJ) y medida en altura del salto (cm).
5. Fuerza explosiva elástica reactiva de miembros inferiores, valorada a través del salto vertical con caída (Drop jump o DJ) y medida en altura del salto (cm).
6. Fuerza explosiva elástica de miembros inferiores con ayuda de brazos, valorada a través del salto vertical Abalakov o ABK y medida en altura del salto (cm).
7. Fuerza explosiva en miembros inferiores, valorada a través del salto horizontal sin impulso o salto de longitud y medida en distancia del salto en metros (m).
8. Fuerza explosiva en miembros inferiores, valorada a través del multisalto horizontal decasalto y medido en distancia de los saltos en metros (m).
9. Fuerza explosiva en miembros inferiores, valorada a través del multisalto horizontal triple salto con pierna derecha e izquierda y medido en distancia de los saltos en metros (m).
10. Velocidad de carrera, valorada a través del tiempo en los 40 metros lanzados, desde tacos y en 100 metros, medida en segundos de carrera (s).

Instrumentos. Para la medición de la fuerza máxima se utilizó una barra olímpica y discos de diversos pesos. La potencia máxima se obtuvo mediante un medidor de posicionamiento lineal dinamómetro inercial T-Force System Ergotech. Para la medición de los saltos verticales se utilizó la alfombra de contacto Axon Jump. En la carrera de velocidad se utilizaron células fotoeléctricas de la marca Microgate Timing and Sport.

Los datos fueron recabados durante un micro ciclo de evaluación correspondiente a la etapa general del macro ciclo de entrenamiento. Las evaluaciones se agruparon de la siguiente manera, el primer grupo fue carreras de velocidad y saltos horizontales, el segundo las pruebas de fuerza máxima y potencia máxima y por último los saltos verticales. Entre cada grupo de evaluación se tuvo un tiempo de 24 horas de recuperación.

En todas las evaluaciones hubo un calentamiento general de 20 minutos de duración, seguido de un calentamiento específico de acuerdo a la prueba a evaluar.

Test 1 RM y potencia máxima en media sentadilla. Se utilizó el dispositivo T- Force sujeto a la barra olímpica, para controlar el desplazamiento y calcular la velocidad, la fuerza y la potencia mecánica alcanzada en cada repetición. El test progresivo comprende la ejecución de 8 ± 2 series de 2 a 3 repeticiones, efectuadas con la mayor velocidad posible y alternadas con pausas de 1 a 5 minutos, que se incrementan según aumentan el peso movilizado (Naclerio, 2011).

Para evaluar las manifestaciones de la fuerza se utilizaron los saltos propuestos por Naclerio (2011) sobre la plataforma de contactos AXON JUMP.

Squat Jump (SJ) o test de salto sin contra movimiento. Se realiza partiendo de una posición de semiflexión, con un ángulo de 90° en la articulación de las rodillas, que se mantiene durante 4 segundos. Desde esta posición, la persona salta verticalmente intentando alcanzar la mayor altura posible, sin realizar ningún tipo de contra movimiento. En este ejercicio se considera adecuada una variación angular de $\pm 2^\circ$ sobre los 90° sugerido en la articulación de las rodillas. Protocolo resumido:

- Posición inicial: flexionar las rodillas 90° ; las manos, caderas y tronco se sitúan verticalmente. Se deben evitar los impulsos añadidos de las extremidades superiores y el tronco.
- Ejecución: mantener durante 4" la posición flexionada (eliminar energía elástica) y realizar un salto a la máxima velocidad posible sin pararse tras el descenso. Mantener las manos a las caderas.
- Observar: la posición de salida y llegada a la plataforma debe ser similar (Grande, 2011).

Salto en contramovimiento (CMJ). En el Counter Movement Jump (CMJ), el sujeto parte de la posición de pie, con las manos sujetas a las caderas, donde permanecen desde la posición inicial hasta el final del salto. Se trata de realizar un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas, formando durante la bajada un ángulo de 90° con las rodillas, e inmediatamente realizar un salto vertical máximo. Se ha de observar el salto con los mismos criterios de validación que el SJ. Objetivo: Fuerza explosiva, reclutamiento UM, %FT, reutilización energía elástica, coordinación intra e intermuscular. Modalidad: Trabajo concéntrico, precedido por una actividad excéntrica. Relación: Abalakov, Salto largo sin impulso, Cybex 4,2 rad/seg. (Bosco, Luthanen, & Komi, 1983). Protocolo resumido:

- Posición inicial: de pie con manos a la cintura y el tronco vertical.
- Ejecución: desde esta posición, se realiza una rápida flexo-extensión de rodillas para efectuar un salto vertical lo más alto posible manteniendo las manos en las caderas y el tronco vertical (evitar impulsos o movimientos del tronco).
- Observar: controlar el descenso hasta 90° (rodillas) y la posición similar de salida y llegada a la plataforma (Grande, 2011).

Drop Jump (DJ) o salto con caída previa. Consiste en realizar un salto inmediatamente después de caer desde una altura determinada. La altura de caída varía según las características y la capacidad de cada deportista para tolerar las cargas aplicadas durante la fase de amortiguación y poder invertir velozmente el sentido del movimiento para realizar un salto vertical en contra de la gravedad mediante una acción de estiramiento-acortamiento (Grande, 2011). Protocolo resumido:

- Posición inicial: de pie sobre una altura de 20, 40, 60, 80, 100 cm, cada altura se realiza de manera progresiva.
- Ejecución: dar un paso hacia delante dejándose caer, aterrizar y realizar un salto vertical con la mayor fuerza posible.
- Observar: controlar el grado de flexión de las rodillas y caderas, la posición de las manos a las caderas y el movimiento del tronco hacia arriba.

Abalakov. Proviene del antiguo test de Abalakov que se realizaba de la siguiente manera: el ejecutante de pie frente a una pared; brazos al costado del cuerpo, planta de los pies totalmente apoyadas en el piso, la punta de los pies deben tocar la pared, la punta de los dedos de la mano impregnados con tiza o humedecidas con agua. Evaluador de pie sobre una silla ubicada al lado del ejecutante. El ejecutante extiende ambos brazos hacia arriba y marca

en la pared con la punta de los dedos mayores. Luego manteniendo los dos brazos en alto se separa aproximadamente 30 cm. de la pared ubicándose de perfil a la misma; toma impulso por medio de una semiflexión de piernas, pudiendo bajar brazos salta buscando la máxima altura y con el dedo medio de la mano más próxima a la pared toca la misma lo más alto posible. Tres tentativas y se registra la mejor. En la actualidad el test de Abalakov se realiza sobre la plataforma de salto permitiendo al deportista el uso de los brazos de tal manera que toma impulso por medio de una semiflexión de piernas (las piernas deben llegar a doblarse 90° en la articulación de la rodilla), seguida de la extensión. Pudiendo ayudarse de los brazos durante la realización del salto. Durante la acción de flexión el tronco debe permanecer lo más recto posible con el fin de evitar cualquier influencia del mismo en el resultado de la prestación de los movimiento inferiores (Garrido y González, 2004).

Salto de longitud sin impulso. Desde la posición preparatoria, con los brazos extendidos al lado del cuerpo, estos realizan un movimiento ininterrumpido hasta encima de la cabeza al tiempo que se observa una ligera flexión del cuerpo en las articulaciones de la cadera y la rodilla así como una inclinación del tronco atrás. Esta posición de preparación con los brazos extendidos encima de la cabeza no puede demorar mucho tiempo; es decir, la pausa de transición de la flexión del tronco para el comienzo del movimiento pendular con los brazos es mínima.

Seguidamente, con un movimiento hacia abajo de los brazos y la flexión del tronco al frente comienza la primera fase del despegue (excéntrica) también con la flexión de las piernas en la articulación de la rodilla. Esta flexión ocurre mediante la aplicación de la elasticidad muscular y el reflejo de estiramiento (Ozolin & Boronkin, 1979); en este instante precisamente comienza la fase de despegue. La importancia del trabajo pendular con los brazos extendidos aumenta la efectividad del despegue sobre todo cuando realizan el movimiento hacia abajo, a través de la presión en el suelo de las dos piernas.

Salto triple sin carrera de impulso a una pierna. En pie, con una separación entre los pies igual a la anchura de los hombros, a 3 o 6 metros de una fosa de arena (la distancia depende de la propia capacidad). Salir empujando con los dos pies simultáneamente y extenderlos a través de las caderas cayendo sobre un pie y continuar con el mismo hasta completar tres y caer con ambos pies en la fosa, se toma la distancia al talón.

Decasalto. Consiste en la realización de 10 saltos alternados tratando de lograr la mayor distancia posible, terminando en la fosa de saltos.

Pruebas de velocidad. Se realizaron las pruebas de 40 metros volados, 40 metros con arrancada y 100 metros planos, todas ellas con cronometraje electrónico.

Análisis estadístico. Se realizó el análisis estadístico en el programa SPSS 15.0, se obtuvieron las características de los sujetos con respecto a las variables de estudio mediante la estadística descriptiva, para la relación entre las variables se utilizó la correlación no paramétrica Rho de Spearman debido al tamaño de la muestra, este coeficiente es una prueba de hipótesis y que al mismo tiempo cuantifica la relación entre dos variables y varía entre 0 y 1.00, pudiendo ser positivo o negativo.

Resultados y discusión

Tabla 1. Características de los sujetos de estudio.

	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo
PESO	61.0600	7.30534	50.30	70.50
ALTURA	169.5380	7.05328	158.00	176.30
Potencia Squat Jump	2984.8400	503.88721	2238.83	3542.37
Potencia_CMJ	3158.6340	640.50506	2175.75	3853.80
Potencia_Abalakov	3370.8820	616.08558	2576.22	4145.26
Potencia Drop Jump	564.2993	112.63852	434.25	685.38
Salto sin impulso	2.4186	.26092	2.15	2.85
Derecha triple salto	7.1250	.64012	6.60	8.15
Izquierda triple salto	7.1917	.61026	6.35	8.00
Decasalto	26.1000	2.50440	23.40	29.60
40m volados	4.9638	.23579	4.68	5.34
40m arrancada	5.6663	.22847	5.37	6.04
100m	12.0860	.86376	11.37	13.57
1 RM	148.33	29.269	100	190
Potencia máxima	722.67	167.241	482	911

Los sujetos son todos del sexo masculino, con peso de entre 50 kg y 70 kg, y una altura de entre 158 cm a 176 cm. En la Tabla 1 se muestra una descripción media de las variables del estudio. Los sujetos colaboraron de forma voluntaria.

Tabla 2. Correlaciones de pruebas de salto vertical y carreras de velocidad.

			Correlaciones						
			Potencia Squat Jump	Potencia_CM J	Potencia_Ab alakov	Potencia Drop Jump	40m volados	40m arrancada	100m
Rho de Spearman	Potencia Squat Jump	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)			.900*	-.100	-.600	-.821	-.600
					.037	.873	.285	.089	.285
	Potencia_CM J	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)			.900*	-.100	-.600	-.821	-.600
					.037	.873	.285	.089	.285
Potencia_Ab alakov	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	.900*	.900*		-.300	-.300	-.564	-.300	
		.037	.037		.624	.624	.322	.624	
Potencia Drop Jump	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	-.100	-.100	-.300		-.500	.051	-.500	
		.873	.873	.624		.391	.935	.391	

El análisis de los resultados demostró que no hubo una correlación significativa entre SJ y los 40m volados ($r = -.600$, $p = .285$). Lo mismo ocurrió entre el SJ y los 40m arrancada ($r = -.821$, $p = .089$). Tampoco hubo correlación significativa entre el SJ y los 100m ($r = -.600$, $p = .285$), CMJ y 40m volados ($r = -.600$, $p = .285$), CMJ y 40m arrancada ($r = -.821$, $p = .089$), CMJ y 100m ($r = -.600$, $p = .285$), Abalakov y 40m volados ($r = -.300$, $p = .624$), Abalakov y 40m arrancada ($r = -.564$, $p = .322$), Abalakov y 100m ($r = -.300$, $p = .624$), Drop Jump y 40m volados ($r = -.500$, $p = .391$), Drop Jump y 40m arrancada ($r = .051$, $p = .935$), Drop Jump y 100m ($r = -.500$, $p = .391$). El análisis de resultados indicó que existe una correlación significativa positiva entre el SJ y Abalakov ($r = .900$, $p = .037$), así como del CMJ y Abalakov ($r = .900$, $p = .037$).

Los atletas presentaron grandes deficiencias en el salto de Drop Jump desde las diferentes alturas, lo que nos indica un bajo nivel en el stiffness muscular que representa la capacidad neuromuscular de desarrollar elevados valores de tensión durante el ciclo estiramiento-acortamiento, indispensable para lograr cortos tiempos de contacto durante la fase de apoyo en la carrera.

Tabla 3. Correlaciones de las carreras de velocidad, la repetición máxima y potencia máxima en media sentadilla.

			Correlaciones				
			40m volados	40m arrancada	100m	1 RM	Potencia máxima
Rho de Spearman	40m volados	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	1.000	.934**	1.000**	-.696	-.371
				.001	.125	.468	
	40m arrancada	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	.934**	1.000	.821	-.515	-.406
		.001		.089	.296	.425	
100m	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	1.000**	.821	1.000	-.900*	-.400	
			.089		.037	.505	

El análisis de los resultados demostró que no hubo una correlación significativa entre los 40m volados y 1 RM ($r = -.696$, $p = .125$). Lo mismo ocurrió entre los 40m volados y la potencia máxima ($r = -.371$, $p = .468$). Estos resultados nos indican que el trabajo de fuerza máxima ha generado ganancias de fuerza a través de la vía neuronal ya que según Rosa y Saorin (2014) los rendimientos en fuerza rápida, tan necesarios en la prueba de los 100 metros pueden conseguirse sin cambios estructurales, pero nunca sin adecuaciones nerviosas.

Tampoco hubo correlación significativa entre los 40m arrancada y 1RM ($r = -.515$, $p = .296$), 40m arrancada y potencia máxima ($r = -.406$, $p = .425$), 100m y potencia máxima ($r = -.400$, $p = .505$). El análisis de resultados indicó que existe una correlación significativa negativa en los 100m y 1RM ($r = -.900$, $p = .037$).

Debido a la etapa en la que se encontraban los atletas, probablemente no se presentaron correlaciones significativas con la potencia en media sentadilla y los saltos verticales, ya que los métodos de preparación que se utilizan no son especiales, por lo tanto no están enfocados en mejorar el rendimiento específico donde se aplica la fuerza estrechamente relacionada con otra capacidad motriz (Naclerio, 2011).

Tabla 4. Correlaciones de pruebas de velocidad y saltos horizontales.

			Correlaciones						
			40m volados	40m arrancada	100m	Salto sin impulso	Derecha triple salto	Izquierda triple salto	Decasalto
Rho de Spearman	40m volados	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	1.000	.934** .001	1.000**	-.679 .094	-.880 .021	-.600 .208	-.829 .042
	40m arrancada	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	.934** .001	1.000	.821 .089	-.667 .102	-.924** .008	-.667 .148	-.754 .084
	100m	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	1.000**	.821 .089	1.000	-.600 .400	-.738 .262	-.500 .667	-.800 .200

El análisis de los resultados demostró que no hubo una correlación significativa entre los 40 m volados y el salto sin impulso ($r = -.679$, $p = .094$). Lo mismo ocurrió entre los 40 m volados y la izquierda del triple salto ($r = -.600$, $p = .208$), 40 m arrancada y salto sin impulso ($r = -.667$, $p = .102$), 40 m arrancada e izquierda del salto triple ($r = -.667$, $p = .148$), 40 m arrancada y decasalto ($r = -.754$, $p = .084$), 100 m y salto sin impulso ($r = -.600$, $p = .400$), 100 m y derecha del salto triple ($r = -.738$, $p = .262$), 100 m e izquierda del salto triple ($r = -.500$, $p = .667$),

100 m y decasalto ($r=-.800$, $p=.200$). El análisis de resultados indicó que existe una correlación significativa entre los 40 m volados y la derecha del triple salto ($r=-.880$, $p=.021$), 40m volados y decasalto ($r=-.829$, $p=.042$), 40 m arrancada y la derecha de triple salto ($r=-.924$, $p=.008$).

Como podemos observar en la Tabla 4, los atletas presentan una correlación únicamente con la pierna derecha en el salto triple, lo que nos indica que es la pierna dominante de los atletas y podría existir un déficit de fuerza en relación a la pierna izquierda, lo que pudiera llevar a lesiones en el futuro.

Conclusiones

Con base a los resultados del presente estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Las pruebas que presentaron mayor correlación con las carreras de velocidad fueron los saltos horizontales, debido a la alta especificidad de las mismas con el gesto competitivo y las pruebas que no presentaron correlación fueron las pruebas de carácter más general.

La pierna derecha en el salto triple presentó mayor correlación con el rendimiento en las carreras de velocidad, lo que indica un desequilibrio muscular entre los miembros inferiores, por lo que se recomienda un trabajo de fuerza muscular correctivo, invirtiendo la lateralidad, una buena preparación física general y potencial la musculatura antagonista.

La prueba que presentó mayor correlación fue el test de 1RM con la carrera de 100 metros, debido a que esta habitualmente, tiene una acción positiva sobre la capacidad de aceleración y sobre la velocidad máxima.

Por último se recomienda realizar este estudio con una muestra mayor y en otro momento de la temporada para comparar los resultados de esta investigación.

Referencias

Balsalobre, C., Del Campo, J., Tejero, C. & Alonso, D. (2012). Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en atletas cuatrocentistas de alto rendimiento. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 63-69.

- Grande, I. F. (2011). El ciclo estiramiento-acortamiento como capacidad muscular entrenable. En F. Naclerio, *Entrenamiento Deportivo fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes* (pág. 592). Barcelona: Médica Panamericana.
- Harris, N., Cronin, J., Hopkins, W., & Hansen, K. (2008). Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 691-698.
- Harris, N., Cronin, J., Hopkins, W., & Hansen, K. (2010). Interrelationships between machine squat-jump strength, force, power and 10 m sprint times in trained sportsmen. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 37-42.
- Isidoria, C., Martín, E., Castro, R. & Villa, O. (1 de Enero de 2008). *Efdeportes*. Obtenido de Efdeportes: <http://www.efdeportes.com/efd116/frecuencia-y-longitud-de-los-pasos-durante-la-carrera-de-velocidad.htm>
- Izquierdo, M. & González Badillo, J. (2006). Influencia del Volumen y la Intensidad en el Entrenamiento de la Fuerza y Potencia . *Public Ce Standard*, 745.
- Maglischo, E. W. (2009). *Natación, técnica, entrenamiento y competición*. Badalona: Paidotribo.
- Naclerio, F. (2011). *Entrenamiento Deportivo, Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Barcelona: Médica Panamericana.
- Ozolin, N. & Boronkin, V. I. (1979). *Atletismo*. Moscú: Ed. Cultura Física y Deportes.
- Pascua, M. (2010). Entrenamiento de la velocidad de carrera. En F. Naclerio, *Entrenamiento Deportivo: Fundamentos y Aplicaciones en Diferentes Deportes* (pág. 592). Barcelona: Médica panamericana.
- Rodriguez, M. & Nuñez, A. (1 de Septiembre de 2010). *Consideraciones teórico prácticas sobre los atletas de velocidad*. Obtenido de Efdeportes: <http://www.efdeportes.com/efd148/consideraciones-sobre-los-atletas-de-velocidad.htm>
- Rosa, A. & Saorin, G. (Febrero de 2014). *www.efdeportes.com*. Recuperado el 16 de Febrero de 2016, de <http://www.efdeportes.com/efd189/parametros-fisiologicos-de-los-100-metros.htm>
- Tejada, C. & Suárez, G. (2013). Correlación entre la potencia en miembros inferiores (altura de despegue del salto) medida con protocolo de Bosco y la velocidad frecuencial (medida con el test de 30 y 60 metros planos) de la selección Colombia femenina y masculina de ultimate frisbee. *Revista de educación física*, 147-162.

Capítulo XXIII. Propuestas para la igualdad de género en el Instituto Tecnológico de Sonora. Resultados del Cuerpo Académico

Ana Cecilia Leyva Pacheco¹, Fítzia Guadalupe Roldán Ramírez², Luz Alicia Galván Parra² y Grace Marlene Borboa Rojas¹

¹Departamento de Sociocultural, ²Departamento de Psicología
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. fitzia-coa@hotmail.com

Introducción

Se proporcionan algunos elementos conceptuales y metodológicos que contribuyen a visibilizar, comprender y proponer estrategias institucionales para disminuir las brechas de desigualdad e inequidad de género, dado el impacto social y educativo. Se incide en la importancia de que en el ITSON se promueva la perspectiva de género, dado el marco normativo internacional y legislación nacional respecto a la igualdad de género, no discriminación, acceso a una vida libre de violencia hacia las mujeres.

El sexo es el origen de la diferencia, pero no de la desigualdad, ya que ésta se reproduce por las concepciones estereotipadas de lo que significa ser hombre o mujer. Esa diferencia sexual no debe ser desigual para acceder a recursos en igualdad de condiciones y oportunidades de desarrollo, desde el ámbito de la ciencia, tecnología, humanidades, política, entre otros. Asimismo, para la toma de decisiones de la vida social, económica, política y cultural.

El concepto de igualdad de la Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación contra la mujer (CEDAW) no implica la necesidad de igualar a las mujeres con los hombres, sino de establecer una igualdad en el reconocimiento, goce y ejercicio de los derechos humanos de ambos.

Por lo anterior, el presente ensayo tiene como objetivo proponer acciones encaminadas hacia la igualdad de género que se pueden llevar a cabo en el ITSON.

Desarrollo

El género, es una categoría que permite dar cuenta de la construcción social que ha transformado las diferencias entre los sexos en desigualdades sociales, económicas y políticas. El concepto de género no sólo designa lo que en cada sociedad se atribuye a cada uno de los

sexos sino que denuncia esta conversión cultural de la diferencia en desigualdad (Cobo, 1995 citado en UNESCO, 2001).

La igualdad de género como derecho humano, parte del postulado de que tanto las mujeres como los hombres tienen libertad para desarrollar sus conocimientos, habilidades, aptitudes y capacidades personales, sin que ello sea limitado por estereotipos, roles de género rígidos o prejuicios. Vivir en igualdad de género, de trato y de oportunidades significa que se ha considerado los comportamientos, aspiraciones y necesidades específicas de las mujeres como de los hombres, que se han valorado y favorecido según sus diferencias. No significa que hombres y mujeres tengan que convertirse en un ente similar, sino que sus derechos responsabilidades y oportunidades, no dependen del hecho de haber nacido hombre o mujer (Programa Universitario de Estudios de Género, 2010).

La igualdad de género en el campo de la educación es fundamental, considerando que ésta compromete el conjunto de las áreas educativas, las relaciones de aprendizaje, las relaciones institucionales, la práctica pedagógica, la gestión y el currículo; por lo tanto, su abordaje debe ser necesariamente holístico (UNESCO, 2001).

La perspectiva de género es una forma de análisis que se utiliza para mostrar que las diferencias entre mujeres y hombres están en su determinación biológica, pero también en las diferencias culturales que suelen asignarse a los seres humanos, las cuales han generado desigualdades de trato, acceso y oportunidades. Dicha perspectiva ayuda a comprender más la vida de las mujeres como de los hombres, así como las relaciones que se dan entre ellos (INMUJERES, 2007, 2008 citado en Leñero, 2011). Para Lamas (s/f), a través de los lentes de género se reconoce que una cosa es la diferencia sexual y otra son las atribuciones, ideas, representaciones y prescripciones sociales que se construyen tomando como referencia la diferencia sexual. Trabajar con perspectiva de género implica considerar al conjunto de características culturales, políticas, jurídicas y económicas asignadas de manera diferente respecto al sexo, con el fin de analizar la estructuración de las relaciones entre hombres y mujeres en un contexto determinado.

Antecedentes de la transversalización de género

Como antecedentes básicos de la lucha por la igualdad de género se destaca el Consejo internacional de las mujeres (1888, Washington), la Alianza Internacional para el sufragio de

las mujeres (1904, Berlín), la Liga internacional de las mujeres por la paz y libertad (1915, La Haya), la Comisión de la Condición jurídica y social (1947, Nueva York), Primera Conferencia Internacional de la Mujer (1975, México). Los anteriores movimientos de mujeres y diferentes teorías de género han permeado la necesidad de transversalidad, ésta vista como una forma de reorganización y de mejora, para construir nuevas relaciones de igualdad entre sexos, así como para visibilizar las desventajas históricas de las mujeres para gozar una ciudadanía plena.

La incorporación transversal de la perspectiva de género en todos los programas sociales quedó establecida como estrategia global hacia la equidad en la Plataforma de Acción que se adoptó en la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Mujer en Beijing en 1995; con dicha perspectiva se pretendía avanzar en igualdad de género y con miras de altura para transformar instituciones sociales, leyes, normas culturales y prácticas comunitarias discriminatorias, como por ejemplo, aquellas que limitan el acceso de las mujeres a los derechos sobre la propiedad o restringen su acceso a los espacios públicos.

En octubre del 2002, el Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES) y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), celebraron un Acuerdo de colaboración que formalizó el compromiso interinstitucional de promover la incorporación de la perspectiva de género en las políticas, planes, programas y proyectos de las instituciones de educación superior del país. Mediante encuentros regionales con las Instituciones de Educación Superior afiliadas a la ANUIES, se lograron mecanismos de intercambio y cooperación, incluyendo para difundir información e impulsar los estudios e investigaciones en la materia y creación de redes académicas.

En las universidades, son muchas y complejas las causas de las iniquidades de género, que están vinculadas a diversos factores estructurales y de contexto (García, 2004). Es fundamental identificar dichas causas, documentarlas y generar mecanismos que combatan su continuidad a través de estrategias y compromisos hacia una cultura de igualdad y de equidad de género.

Palomar (2005), señala que en todos los planos de la vida de las universidades existen desigualdades numéricas en la ocupación de puestos de toma de decisiones, en donde suelen

encontrarse siempre más varones que mujeres (García, 2004; Bustos, 2003), pasando por la ausencia de la perspectiva de género en la formación docente (Fioretti, Tejero y Díaz, 2002), las relaciones de poder entre los sexos dentro del mundo académico (Concheiro, 2003; Lagunas, Negri y Palermo, 2002; Hierro, 2003), las formas de violencia sexual en las universidades (Moreno, 2003; Bedolla, 2003; Cooper, 2003), las diferencias presupuestales según el género en las universidades (Cooper, 2003), además de los estereotipos de género en materiales educativos y otras prácticas que las refuerzan.

La UNAM a través del Programa Universitario de Equidad de Género (PUEG), la Comisión de equidad y género de la Cámara de Diputados y el INM promovió la I Reunión Nacional de Universidades Públicas: Caminos para la equidad de género en Instituciones de Educación Superior (realizada en el 2009 en Ciudad Universitaria) en la que participaron representantes de 33 universidades e instituciones públicas de educación superior de todo el país. Como resultado, se logró el consenso y la publicación de la Declaratoria Nacional para la Equidad de Género en las Instituciones de Educación Superior, la cual tuvo la finalidad de impulsar acuerdos entre las universidades para implementar procesos de institucionalización y transversalización de la equidad de género. Lo anterior en el marco de los principios y normativas nacionales e internacionales respecto a derechos humanos y particularmente para promover la igualdad de oportunidades e impulsar un cambio en la cultura de dichas entidades educativas.

La Red Nacional de Instituciones de Educación Superior (RENIES): Caminos hacia la equidad, propuso impulsar las siguiente líneas de acción a nivel de legislación, igualdad de oportunidades, conciliación de la vida profesional y la vida familiar, estadísticas y diagnósticos desagregados por género, lenguaje incluyente, sensibilización a la comunidad, estudios de género en educación superior y combate a la violencia de género en el ámbito laboral y educativo. En las universidades se observan algunos avances, principalmente en estudios de género y sensibilización de la comunidad en temas de violencia, hostigamiento, acoso sexual, prejuicios de género y otras modalidades de violencia.

La transversalización de la perspectiva de género significa que toda acción, programa o política trascienda para que tengan representación las mujeres y hombres en la toma de decisiones, para la movilización de saberes, prácticas sociales colaborativas, equitativas,

incluyentes, no sexistas, orientadas a una ciudadanía plena. Asumir dicha perspectiva en los entornos sociales permite la posibilidad de detectar, mostrar, entender u plantear soluciones a tales desigualdades.

Acciones con perspectiva de género en ITSON

En el ITSON se ha venido formando a estudiantes, personal académico y administrativo en perspectiva de género a través de talleres, coloquios, diplomados; se han realizado investigaciones sobre la “Equidad de género: la mujer en una IES del NO del país”, “Prevención de violencia de género mediante la implementación de un protocolo en ITSON”, “Actitudes de los estudiantes hacia la igualdad y diversidad”, “La inclusión de la perspectiva de género en una IES del NO del país, bases para su institucionalización”; lo anterior con recursos de PIFI, PROFAPI, CONACYT y PRODEP respectivamente. Asimismo, se ha formalizado ante la SEP el Cuerpo Académico Equidad de Género, Diversidad y Orientación Educativa.

En el Plan Institucional de Desarrollo del ITSON (Rectoría, 2015), se establece la equidad como un objetivo transversal. Lo más reciente, la aprobación de la Secretaría de Equidad en los Estatutos del SUTTITSON. Asimismo, está latente una iniciativa de Creación del Centro de Estudios de Género.

Herramientas para la transversalización de la perspectiva de género

Conocer la realidad implica determinar cuáles son esos problemas, cuáles son aquellos que nos interesan prioritariamente, establecer qué queremos hacer (conceptos) y cómo lo vamos a hacer (método de análisis), tomando en cuenta los factores sociales y culturales, para la obtención de los datos de esa realidad y para su interpretación sobre lo que se vive entre las mujeres y hombres.

A nivel universitario ¿cuáles son los problemas que están teniendo las mujeres y hombres?, ¿qué problemas existen por razones de género?, ¿cómo se expresan y cómo se solucionan dichos problemas?, ¿se vive desigualdad o violencia debido al género?, ¿la viven de la misma forma?, ¿cómo la perciben?, ¿qué piensan de la violencia dichos actores?, ¿hay matices de la violencia entre géneros?, ¿cuáles son las causas?, ¿han visto episodios de violencia?, ¿pueden describir como la experimentan?, ¿cómo se atiende la violencia en dicho

contexto?, ¿quién ayuda?, ¿qué se puede hacer?, ¿qué se requiere hacer?, ¿a quién recurrir?, ¿cómo se mide o interpreta?

Las políticas más eficaces han sido aquellas que reflejan las necesidades de quienes han experimentado los problemas en carne propia, ya que proporciona perspectivas necesarias para mejorar la comprensión sobre esa realidad, como de estrategias creativas para utilizar los recursos de manera innovadora.

Propuestas para la igualdad de género en el ITSON

Se requiere de la voluntad política y de la articulación de esfuerzos para visibilizar los problemas y de posibles soluciones con un enfoque de género. Al respecto, se proponen para avanzar en igualdad de género las siguientes acciones básicas:

1. Que se promueva la armonización de la normatividad universitaria respecto al marco internacional y nacional.
2. Que se establezcan políticas o medidas para la igualdad y la equidad de género, para asegurar que existan las condiciones de trabajo, de trato y de oportunidades de desarrollo del personal, que a su vez les permita mejorar.
3. Que se dé certeza de igualdad de trato y condiciones de trabajo favorables para que todo el personal académico pueda acceder y participar en comisiones, dictaminaciones, consejos editoriales, ratificar PRODEP, permanecer en el SNI entre otras actividades de impacto en el tabulador, reconocimientos y estímulos al desempeño. De igual forma, que el personal administrativo y manual pueda participar de los reconocimientos y estímulos al desempeño y mejora en el tabulador.
4. Vigilar que toda comisión o comité esté conformado con paridad de género.
5. Impulsar acciones para la conciliación familia-trabajo.
6. Llevar registro y seguimiento de quejas, acoso, hostigamiento, violencia, desigualdad de trato y de exclusiones.
7. Recibir propuestas de innovación para la igualdad y equidad de género.
8. Capacitar y difundir buenas prácticas de igualdad y de equidad entre la comunidad universitaria.
9. Establecer redes de trabajo para el fomento a la cultura de igualdad y equidad de género.

Conclusiones

La legislación internacional y nacional favorece el diseño de políticas para el fomento y asimilación de las nuevas formas de distribución de las relaciones de poder y de los recursos para la igualdad y equidad de género en las IES.

La igualdad de género garantiza iguales condiciones, trato y oportunidades a las mujeres y hombres para su desarrollo, la equidad se centra en las diferencias, aspiraciones, necesidades específicas, características o situaciones de vida para ejercer en la práctica el acceso a todos los recursos. Entender la igualdad incluye la eliminación de todos los prejuicios, costumbres o tradiciones que se basan en la idea de la superioridad del sexo masculino. Por lo tanto, se tendrán que rediseñar políticas, leyes e instituciones para generar un estándar más inclusivo de la diversidad humana.

Transversalizar la perspectiva de género implica todo, desde la convicción de la autoridad de que las mujeres como los hombres pueden generar conocimiento e innovaciones, que tienen necesidades de estudio y trabajo diferente, que requieren espacios de convivencia, de políticas incluyentes, condiciones de trabajo igualitarias y acceso a recursos para el desarrollo, entre otras acciones como las ya señaladas.

Por lo tanto, hay que intervenir en diversos frentes, con una visión global, convicción y un plan para lograr la igualdad y equidad de género en el ITSON. La transversalidad significa que en todas las decisiones y actividades de áreas, programas y servicios institucionalizados se fomentan valores y actitudes de no discriminación y no violencia, se asignan recursos, se cuenta con procesos claros y transparentes, entre otros aspectos de una cultura con perspectiva de género.

Sin duda, siempre hay algo que construir e innovar en la comunidad universitaria, así como un espacio para hacerlo. Se necesita dialogar, formar equipos de trabajo, conjuntar esfuerzos para sensibilizar, capacitar, implementar medidas y protocolos de actuación que incidan en cambios estructurales y culturales que beneficien a la población universitaria, que se naturalice la igualdad de género, promoviendo y respetando los derechos humanos como principio de justicia social, propio de una sociedad con alto nivel de bienestar social.

Referencias

- Bedolla, P. (2003). El hostigamiento sexual, los y las universitarias, en Bustos, Olga y Blánquez, Norma (comps.). *Qué dicen las académicas de la UNAM*. México: PUEG.
- Bustos, O. (2003). *Los retos de la equidad de género en la educación superior en México y la inserción de mujeres en el mercado laboral*. Arbor Ciencia, pensamiento y cultura, 184. Recuperado de: <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/>
- Cooper, J. (2003) La investigación del hostigamiento sexual y la violencia laboral en la UNAM, en Bustos, Olga y Blánquez, Norma (comps.). *Qué dicen las académicas de la UNAM*. México: PUEG.
- Concheiro, E. (2003). Las académicas y la vida colegiada: hacia un nuevo poder universitario, en Bustos, Olga y Blánquez Norma. *Qué dicen las académicas acerca de la UNAM*, México: Colegio de Académicas Universitarias y Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fioretti, S., Tejero, G y Díaz, P. (2002) . *El género: ¿un enfoque ausente en la formación docente?* Revista La Aljaba. Segunda época, Vol. 7, 171-186. Recuperado de: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/aljaba/n07a08fioretti.pdf>
- García, P. (2004). Género, educación y política pública. *La Ventana. Revista: Estudios de género*, núm. 21, 70-89.
- Hierro, G. (2003). Género y empoderamiento, ética y feminismo, en Bustos Romero, Olga y Blánquez, Norma. *Qué dicen las académicas acerca de la UNAM*, México: Colegio de Académicas Universitarias y Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lagunas, C; Negri, G; y Alicia, P. (2002). Acerca de la relación socio- profesional de mujeres y varones en la Universidad Nacional de Luján, en *La Aljaba*, segunda época, año/vol. vii, Santa Rosa, Argentina, Universidad Nacional de Luján. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=27800705>
- Lamas, M. (s/f). *Democratización con equidad en la universidad: Reflexiones en torno a la equidad de género en la UNAM*. México: PUEG-UNAM-UNIFEN.
- Leñero, M. (2011). *Equidad de género y prevención de la violencia en secundaria*. México: SEP/PUEG.
- Moreno, H. (2003). Sexismo, discriminación y hostigamiento sexual en el aula: ¿Cómo detectarlos, cómo combatirlos?, en Bustos, Olga y Blánquez, Norma (comps.). *Qué dicen las académicas de la UNAM*. México: PUEG.

Palomar, C. (2005). La política de género en la educación superior. Revista de estudios de género. *La Ventana*, no. 21. Recuperado de: <http://www.148.202.18.157/sitios/>

PUEG-UNAM (2010). *El programa universitario de estudios de género. Su quehacer cotidiano*. Recuperado de: <http://mediacampus.cuaed.unam.mx/node/1251>

Rectoría (2015). *Plan de Desarrollo Institucional 2007-2015*. Recuperado de: www.itson.mx/.../Proceso%20Planeacion%20Institucional/PDI-marzo-2008-v2_1.pdf

UNAF (2013). Guía para profesionales. LA MGF en España. Prevención e intervención. España: Unión Europea, Gobierno de España, Ministerio de Empleo y Seguridad Social.

UNESCO (2001). *Igualdad de género en la educación básica de América Latina y el Caribe*. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001310/131040s.pdf>

Resumen. Trabajo colaborativo entre dos cuerpos académicos en el diseño de un prototipo de biorreactor modular de inmersión temporal automatizado para el cultivo *in vitro* de plantas

LorenaTineo García¹, Manuel Herrera Sarellano², Ismael Murillo Verduzco², Rafael Alfonso Figueroa Díaz², Marco Antonio Gutiérrez Coronado¹ y Luciano Castro Espinoza¹

¹Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, ²Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Instituto Tecnológico de Sonora Ciudad Obregón, Sonora, México. lorena.tineo@itson.edu.mx

Introducción. En múltiples ocasiones la complejidad de una problemática se nutre de diferentes variables que no pueden ser abordados con una sola perspectiva de solución. Al ser un problema multifactorial se analizan una diversidad de conocimientos de distintas áreas de estudio que en su conjunto conducen a una solución más completa y se acerca en aproximaciones sucesivas a resolver la problemática presentada. Esta combinación se presentó en el trabajo colaborativo de dos cuerpos académicos: 1) área de recursos naturales y 2) área de ingeniería y tecnología. Al unir esfuerzos se logró una solución innovadora al materializar en un prototipo de biorreactor automatizado, la posibilidad de sincronizar y diversificar el movimiento de las secciones del biorreactor entre sí y con ello potencializar el ritmo de micropropagación de las plantas. Actualmente el empleo de técnicas *in vitro* para la propagación masiva de plantas es una potencial herramienta aplicada en el área de la biotecnología agrícola para la obtención de diversos cultivos vegetales [1]. La utilización de estos sistemas de biorreactores en medios líquidos se justifica porque es una técnica innovadora que puede ser aplicada en biofábricas de plantas elites, para incrementar los coeficientes de multiplicación en comparación con las formas convencionales de propagación *in vitro* [2]. El objetivo de este proyecto fue diseñar un prototipo de biorreactor de inmersión automatizado con sus contenedores para la multiplicación masiva de plantas y con ello satisfacer la demanda de diversas especies.

Metodología. En el diseño de biorreactor se tomaron en cuenta varios aspectos: 1) desde el punto de vista biotecnológico: se precisó la capacidad de carga de del biorreactor en cuanto a la cantidad de material vegetal a cultivar con el requisito de una alta capacidad de producción; se definieron las características de los contenedores del material vegetal en función de la transparencia de los materiales de construcción para facilitar el paso de la luz y la revisión ocular de los cultivos para su seguimiento así como la colocación de una pared divisoria dentro del contenedor para separar las plántulas en cultivo y el medio nutritivo líquido. 2) desde la perspectiva de diseño ingenieril se tomó en cuenta la facilidad de carga y descarga de los materiales biológicos, así como el tipo de materiales de la estructura de soporte, alineación y balance de cargas en movimiento en el diseño de la unidad de animación con base al requerimiento para el crecimiento de las plántulas [3, 4 y 5].

Resultados y discusión. Se diseñó un aparato vertical dividido en tres secciones independientes (figura 1), contando con un dispositivo mecánico de

salida en cada una de ellas con potencia de operación eléctrica, donde la posición alcanzada esta acoplada a dicho dispositivo mecánico de salida con movimiento basculante en forma ascendente y descendente, dando animación a estas secciones en forma separada con un número igual de actuadores eléctricos para dar autonomía de desplazamiento, brindando así la posibilidad de poder sincronizar o diversificar el movimiento de estas secciones entre sí y con ello el ritmo de crecimiento de plantas "*in vitro*" en la misma unidad. Cuenta con un mecanismo reductor de la velocidad del actuador eléctrico que transforma el movimiento de circular a lineal con interruptores de final de carrera y un control electrónico para mantener la velocidad de movimiento constante. La unidad de animación puede ser programada para actuar mediante un microcontrolador que permite la interacción del usuario, estableciendo los tiempos del ciclo de activación y desactivación de cada sección de forma independiente.



Figura 1. Biorreactor automatizado para el cultivo *in vitro* de plantas.

Conclusiones. Se diseñó el biorreactor con un sistema operativo totalmente autónomo, movido por electricidad. El trabajo colaborativo permite considerar los cambios pertinentes en la flexibilidad del diseño, así como conjuntar el profesionalismo, conocimiento, y sinergia para lograr soluciones innovadoras; convirtiendo a la problemática presentada en un reto.

Referencias

- [1] Tineo, G. L., 2009, Notas del curso de Biotecnología VI. Itson, Cd. Obregón, Son. México.
- [2] Robert *et. al.*, 2006. A new temporary immersion bioreactor system for micropropagation. © Humana Press Inc., Totowa, NJ.

- [3] Cross, Nigel, 1999. Métodos de Diseño, Limusa Wiley Noriega Editorial, México.
- [4] Norton, Robert L., 2008. Diseño de maquinaria, Editorial McGraw-Hill, México.
- [5] Microcontrolador PIC16F628A®. Data sheet, 2009. Microchip Technology, Inc.

“*Avances de Investigación Colegiada en la Universidad*” se terminó de editar en noviembre de 2016 en el Instituto Tecnológico de Sonora, en Ciudad Obregón, Sonora, México; y puesto en línea en la página: www.itson.mx/publicaciones



ITSON
Educar para
Trascender